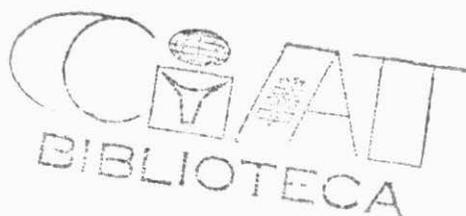


FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCTIVIDAD DE FRIJOL EN COLOMBIA

Norha Ruíz de Londoño
Per Pinstrup-Andersen
John H. Sanders
Mario A. Infante



Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia, S.A.

Los autores agradecen a los doctores Gilberto Bastidas, Reinhardt Howeler, Alfredo León, Gustavo Nores, Eugenia de Rubinstein, Pedro A. Sánchez y al Equipo de Frijol del CIAT, por sus valiosos comentarios y colaboración.

Personal que colaboró en las diferentes etapas de ejecución del presente estudio:

Recolección de información en las fincas: Ingenieros Agrónomos Martín Prager, Hernán Giraldo y John Gutiérrez

Codificación y manejo de la información: María Eugenia de Estrada y Walter Calderón

Procesamiento de los datos: Ings. Jorge Augusto Porras y Gerardo Hurtado

Edición: Ing. Agr. Mario Gutiérrez J.

Publicación: Dr. Walter Correa

Levantamiento de texto y corrección de pruebas: Olga Vivas

Diseño de la carátula: Nora de Navarrete

Diagramación: Carlos Rojas

Este artículo fue aprobado por el Comité de Publicaciones en diciembre, 1977.

ENGLISH SUMMARY

The four bean production regions surveyed in 1974-1975 produce 87 percent of Colombia's beans (Table 1). Outside of the Valle most of these beans were produced for domestic consumption in associated cropping by small farmers. Input use varied substantially between regions but beans were a cash crop in all regions with approximately 98 percent being sold.

There were a collection of disease and insect pests limiting yield increases (Figures 2 and 3, Tables 11 and 12). In the large farmer, export region the principal constraints were rust, bacterial blight, Empoasca, and angular leaf spot. Certified seed, increased input levels and higher densities had much less effect on yields than these primary pest problems. Rust resistance alone would have increased yields by almost 1.2 million dollars in the Valle in this one production season.

In the small farmer, cooler regions pests were again the principal constraints to yield increase. Only Empoasca and angular leaf spot appeared in both types of regions. There were a larger number of disease problems but each pest had a lower incidence hence a small effect on yields in these more geographically disperse regions. The slope of the farmer's field and bean density had relatively little effect on yields. Multiple cropping had the largest effect on yield reduction of 217 kg/ha but this effect was relatively small compared to the increased value of total production with the addition of corn yields.

In summary in both types of production system, highly commercial and small farmer, the most important constraints to bean yield increases in Colombia were disease and insect pests.

FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCTIVIDAD DE FRÍJOL EN COLOMBIA

Norha Ruiz de Londoño*
Per Pinstrup-Andersen**
John H. Sanders***
Mario A. Infante****

En Colombia los rendimientos de fríjol a nivel de finca fluctuaron entre 250 a 1980 kg/ha en 1974 y 1975. Es necesario evaluar sistemáticamente aquellos factores que están influenciando los rendimientos a nivel de finca con el fin de identificar prioridades en investigación y extensión. En este artículo se evalúan estas diferencias en rendimiento, a nivel de finca, para varios de los principales sistemas de producción de fríjol.

* Investigador Asistente, Economía de Fríjol, CIAT.

** Senior Research Fellow, Economic Institute — The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.

*** Economista del Programa de Fríjol, CIAT.

**** Especialista en Economía, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA, San Salvador, El Salvador.

Producción de frijol en Colombia

Se seleccionaron¹ en Colombia cuatro de las regiones más importantes en la producción de frijol, las cuales en 1976 participaban con el 86 por ciento del área dedicada a este cultivo (Cuadro 1). Entre 1973 y 1976 el área nacional en frijol se incrementó en un 18 por ciento. Para este mismo período, las cuatro regiones estudiadas muestran un incremento del área en frijol del 76 por ciento. La concentración cada vez mayor de la producción de frijol en Huila y Antioquia (65 por ciento de la producción en 1976), parece obedecer a una zonificación espontánea de la producción.

Antioquia y Nariño, localizados en las cordilleras central y occidental, presentan una topografía que oscila entre ondulada a muy quebrada, en contraste con la topografía plana del Valle del Cauca, la cual se extiende a lo largo de la cuenca del río Cauca, entre las dos mencionadas cordilleras. Huila presenta una región plana — tradicionalmente dedicada a la explotación ganadera y a los cultivos de arroz, algodón y ajonjolí — y una gran zona montañosa en la cual se localiza la mayor parte de las explotaciones de frijol de esta región.

El Valle del Cauca es una de las regiones agrícolas más tecnificadas del país con grandes áreas dedicadas a cultivos de consumo industrial y de exportación. Hasta 1968, en la región se cultivaba una extensa área de frijol rojo (principalmente la variedad Calima) en fincas relativamente pequeñas y con pocos insumos (Torres et al., 1969, p.42 y Ruiz de Londoño, 1969, pp. 72 y 97). El área dedicada a este cultivo venía decreciendo, debido principalmente a problemas fitosanitarios, inestabilidad de precios y altos costos de vigilancia. En 1968 se in-

1/ Se estudiaron los cultivos de frijol durante una cosecha en 177 fincas de las cuatro regiones. A cada finca se le practicó un promedio de cuatro visitas. Se recogió información sobre las condiciones agrobiológicas del cultivo, costos, insumos y labores, así como también acerca de los objetivos del agricultor y su acceso a recursos financieros y servicios. Información detallada de la metodología utilizada puede verse en: Ruiz de Londoño, N., et al., "Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Frijol (Phaseolus vulgaris) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso. pps. 1 - 30 y en el "Instructivo del Cuestionario para el Estudio Agroeconómico de Frijol", CIAT, Cali, Colombia. 1975 (mimeografiado).

Cuadro 1. Area y producción de frijol en cuatro regiones colombianas, 1973 y 1976.

	Area				Producción			
	1973		1976		1973		1976	
	Ha	%	Ha	%	Ton	%	Ton	%
Huila	17200	21	31700	32	9800	21	22253	35
Antioquia	21000	25	35000	36	10600	23	19000	30
Nariño	6500	8	12000	12	3400	7	7394	11
Valle	3333	4	5964	6	5894	13	7056	11
Total	48033	58	84664	86	29694	64	55703	87
Colombia	83000	100	98196	100	46000	100	64100	100

Fuente: Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA). Producción, Mercadeo, Precios, Almacenamiento, Tratamiento y Comercio Exterior de Productos Agropecuarios, 1959-1969, Bogotá, Colombia, 1970 y Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC), Indicadores Socioeconómicos Valle del Cauca, 1977. Cali, Colombia.

rodujo el cultivo de caraota con destino al mercado externo, cuyo precio prede-terminado y garantía de compra, inducen a varios agricultores de la región (no necesariamente frijoleros) a cultivar este grano. Las caraotas desplazan grandes áreas antes dedicadas a sorgo, maíz, algodón y soya. Así, de 900 hectáreas cultivadas en el primer semestre de 1968, se llegó a 23.000 en 1975 (Cuadro 2). Posteriormente, problemas de incumplimiento de contratos y control de exportaciones ilegales, redujeron drásticamente el área cultivada con caraota en el Valle. En 1976, se sembraron menos de 2.000 hectáreas de frijol caraota.

Las características de los diferentes sistemas de producción de frijol estudiados, se resumen en el Cuadro 3. En el Valle, el frijol negro se produce por grandes agricultores en el sistema de monocultivo. En Huila y Nariño pequeños agricultores producen predominantemente frijol rojo arbustivo, acompañado con maíz. En Antioquia, pequeños agricultores producen frijol de enredadera, de co-

Cuadro 2. Area cultivada en frijol en el Valle del Cauca, 1959-1977.

Año	Frijol Común (ha)	Frijol Caraota (ha)	Porcentaje del Area en Caraota
1959	10800		
1960	8320		
1961	8100		
1962	7500		
1963	2945		
1964	5670		
1965	9280		
1966	2744		
1967	8080		
1968	9335	3100 ^a	24.9
1969	3100	2350	43.1
1970	2470	4070	62.2
1971	3260	6080	65.1
1972	6200	6100	49.5
1973	1100	2233	67.0
1974	1500	16700	91.7
1975	3900 ^b	23007 ^b	85.5
1976	3002 ^b	1742 ^b	36.7
1977	3150 ^b	2400 ^b	43.2

a/ COAGRO #2, 1975, p.10 (Organismo de divulgación de la Cooperativa Agropecuaria de Ginebra).

b/ Cifras suministradas por el Dr. Gilberto Bastidas, Coordinador Nacional del Programa de Leguminosas del ICA, las cuales fueron estimadas en base al área financiada por el Fondo Financiero Agrario, a la cantidad de semilla vendida por los expendios autorizados corregida por un índice de uso de semilla mejorada y al área con asistencia técnica, registrada en el ICA. En el caso del caraota, el dato de área con crédito es especialmente valedero, en razón a que la casi totalidad de los agricultores de este tipo de frijol recibieron financiación.

lor crema moteado con rojo, en relevo² con maíz o con estacas de madera o cañas de maíz³. En este artículo se describen y analizan las características más im-

- 2/ El relevo se hace sembrando el frijol después de que el maíz fructifica, cuando los granos de la mazorca se encuentran en estado de leche.
- 3/ Otros sistemas de cultivo, tales como frijol-arracacha, frijol-arveja-papa, frijol-papa, se observaron en Antioquia, pero son de menor importancia. En estos sistemas, el frijol usado es arbustivo o de enredadera con estacas. Estos sistemas no tienen la importancia económica de maíz en relevo con frijol voluble.

Cuadro 3. Características de los productores de fríjol en cuatro regiones colombianas, 1974-1975.

Características de las fincas	Regiones			
	Valle	Huila	Nariño	Antioquia
Area total ^a (has)	91.7	29.5	9.2	4.4
Area en cultivo (has)	40.5	6.8	3.1	1.7
Area en fríjol (has)	22.6	4.1	1.8	1.5
Sistemas de producción de fríjol ^b	Monocultivo	30% monocultivo (principalmente áreas planas) 70% fríjol-maíz	fríjol-maíz	fríjol-maíz
Clase de fríjol	Negro-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-enredadera
Rendimientos de fríjol en monocultivo (kg/ha)	906	805	-	-
Rendimientos de fríjol equivalente (kg/ha/cosecha) ^c	906	834	732	723
Rendimiento de fríjol equivalente (kg/ha/año) ^d	1812	1668 ^e	1464	723 ^f

a/ Area total disponible del agricultor.

b/ Cuando hay más de un sistema para fríjol los porcentajes se refieren al número de agricultores en cada categoría.

c/ Fríjol equivalente se calcula, utilizando la relación precio de otros productos agrícolas relativo a precio de fríjol como sigue:

$$R_F + \frac{P_M R_M}{P_F} = R_{F.M}$$

donde: R_F , R_M y $R_{F.M}$ son los rendimientos de fríjol, maíz y fríjol equivalente respectivamente.

P_M y P_F son los precios de maíz y fríjol.

d/ El período vegetativo del fríjol, en el Valle del Cauca, es de tres meses y un nuevo cultivo se puede iniciar seguidamente. Normalmente, se obtienen dos cosechas al año. En Nariño se obtienen dos cosechas de fríjol y dos de maíz en el año. También en Huila en el 52 por ciento de las fincas se pueden obtener dos cosechas de los dos cultivos. En el 48 por ciento restante, se siembra fríjol-maíz en el primer semestre, y fríjol solo en el segundo semestre. En Antioquia se obtiene una cosecha de fríjol y una de maíz en el año.

e/ Rendimiento anual de fríjol equivalente para las fincas donde se obtienen dos cosechas de fríjol y dos de maíz al año.

f/ También cultivan fríjol arbustivo con papa o con arracacha y/o arveja. En este sistema el cultivo principal es la papa o la arracacha, no el fríjol y por ello no es considerado aquí.

Fuente: Adaptado de CIAT, Informe Anual, 1976, p.A-74 y N. Ruiz de Londoño, et al., "Estudio Agroecológico de los Procesos de Producción de Fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso. Cuadro Anexo No. 16.

portantes de los sistemas de producción de frijol encontrados en las cuatro regiones estudiadas.

Factores que afectan el rendimiento

Los Cuadros 4 a 8 indican las diferencias en el uso de insumos, área, mercado, ingresos netos y distribución de costos entre los sistemas. Se observan diferencias muy marcadas entre el uso de productos químicos agrícolas, semilla mejorada y mecanización de cultivos entre los sistemas de Valle y las otras regiones. Los agricultores en el Valle producen casi exclusivamente para el mercado externo y tienen costos de producción por hectárea más altos que en Huila y Nariño. Pero, las diferencias en rendimientos, en términos de frijol equivalente⁴, son muy pequeñas entre los dos sistemas. Sin embargo, es de anotar que los rendimientos potenciales por unidad de tiempo son más altos en el Valle⁵. Con frijol caraota, a precios internos de mercado⁶ y sin los mercados de exportación para este frijol, el ingreso neto en el Valle hubiera sido negativo (Cuadro 8).

Antioquia representa otro sistema con características tecnológicas diferentes. A pesar de ser una región de pequeños agricultores, el uso de insumos químicos es superior a las otras regiones donde se siembra frijol-maíz. El sistema de relevo con papa-maíz-frijol y maíz-frijol, se caracteriza por un alto y frecuente uso de abonos, pesticidas y fungicidas. En abono, por ejemplo, las dosis fluctuaron entre 1.5 y 2 ton/ha de gallinaza, a más de 200 a 300 kg/ha de abo-

4/ El frijol equivalente está definido en el pie de página del Cuadro 3.

5/ Con disponibilidad de riego y dado el corto período vegetativo de las variedades usadas en el Valle, se pueden obtener hasta tres cosechas de caraota al año. El 17 por ciento de los agricultores entrevistados en el Valle obtuvieron tres cosechas de frijol en el mismo lote, durante el año agrícola marzo 1974-1975. En estas circunstancias, el rendimiento promedio sería de 2718 kg/ha/año. Se esperan más problemas con insectos y enfermedades cuando se obtienen tres cosechas de frijol por año. Ver el pie de página 16.

6/ El precio promedio de frijol caraota, recibido por los agricultores entrevistados, fue de \$16.59/kg en el primer semestre agrícola de 1975. Posteriormente, en el primer semestre agrícola de 1976, bajó a \$12/kg a raíz de la suspensión de exportaciones (COAGRO, información personal 21-I-78).

Cuadro 4. Características tecnológicas de los sistemas de producción de fríjol, en cuatro regiones colombianas, 1974-1975.

	Fríjol Solo Valle	Fríjol-Maíz Huila-Nariño	Fríjol-Maíz Antioquia
Usan: (% de Agricultores)			
Insecticida	87	8	33
Fungicida	100	3	42
Semilla Mejorada	52	2	0
Abono	84	8	100
Herbicida	32	0	0
Aplican riego	25	0	0
Preparan con maquinaria	100	22	0
Reciben:			
Crédito	87	47	50
Asistencia técnica	70	12	8
Mano de obra utilizada			
(No. jornales/ha/cosecha)	29	110	193
(No. jornales/ha/año) ^a	58	220	193
Tipo de mano de obra utilizada:			
Propia (% total mano de obra)	1	45	96
Alquilada (% total mano de obra)	99	55	4
Rendimientos promedios:			
Fríjol (kg/ha)	906	599	533
Maíz (kg/ha)	-	711	1473
Fríjol equivalente (kg/ha/cosecha)	906	806 ^b	723 ^c
Fríjol equivalente (kg/ha/año)	1812	1612 ^d	723

- a/ Asumiendo igual número de jornales en las dos cosechas para Valle y Huila-Nariño, se estima el requerimiento anual de mano de obra/ha. Ver en el pie de página "d" del Cuadro 3 la descripción del "período vegetativo" del sistema de producción de cada región.
- b/ El estimativo de fríjol equivalente fue calculado con precios de fríjol a \$13.70/kg y de maíz a \$4.0/kg. El fríjol es principalmente Calima.
- c/ El estimativo de fríjol equivalente fue calculado con precios de fríjol a \$27/kg y de maíz a \$3.5/kg. El fríjol es Cargamanto, que tiene un precio alto en el mercado porque es considerado por el consumidor como un fríjol de "buena calidad". El tamaño es grande y el color es crema moteado con rojo.
- d/ Este estimativo anual es para Nariño y las fincas de Huila que efectúan dos cosechas de fríjol y dos de maíz al año.

Fuente: Extractado de Ruiz de Londoño, N., *et al.*, "Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso.

no compuesto, y con alguna frecuencia, aplicación de correctivos por problemas de acidez del suelo. Un 25 por ciento del costo de producción, correspondió

Cuadro 5. Características de las fincas productoras de fríjol, en cuatro regiones colombianas, 1974-1975.

	Fríjol Solo Valle	Fríjol-Maíz Huila-Nariño	Fríjol-Maíz Antioquia
Area			
Area de la finca (ha)	49	7.1	3.3
Area disponible (ha) ^a	92	8.6	4.1
Area en fríjol (ha)	23	1.6	1.6
Area en cultivos (ha)	42	3.0	1.7
Porcentaje promedio del área de la finca en fríjol (%) ^b	72	52	70
Porcentaje promedio del área de cultivos en la finca en fríjol (%) ^c	76	68	85
Topografía de la finca (% de fincas)			
Plana	100	15	17
Ondulada		15	50
Quebrada		70	33

a/ Area disponible es el área total de las fincas que posee o explota el agricultor.

b/ El porcentaje promedio del área de la finca en fríjol es igual a:

$$\frac{\sum \left(\frac{AF}{A} \cdot 100 \right)}{N} \quad \text{donde: } \begin{array}{l} AF = \text{Area en fríjol en cada finca} \\ A = \text{Area de la finca} \\ N = \text{Número de fincas} \end{array}$$

Este porcentaje no está ponderado por el área de cada finca, es simplemente un promedio aritmético de porcentajes. Igual observación se aplica al número c.

c/ El porcentaje promedio del área de cultivos de la finca en fríjol es igual a:

$$\frac{\sum \left(\frac{AF}{AC} \cdot 100 \right)}{N} \quad \text{donde: } \begin{array}{l} AF = \text{Area en fríjol en cada finca} \\ AC = \text{Area en cultivos en cada finca} \\ N = \text{Número de fincas} \end{array}$$

Fuente: Extractado de Ruiz de Londoño, N., et al., "Estudio Agroecológico de los Procesos de Producción de Fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso.

a abono⁷. Los rendimientos de fríjol son sorprendentemente bajos si se tiene en cuenta el nivel de productos químicos usados en Antioquia (Cuadro 4).

7/ Ruiz de Londoño, N., et al., op. cit., pág. 166.

Cuadro 8. Indicadores económicos para los sistemas de producción de frijol en cuatro regiones colombianas, 1974-1975.

	Fríjol Solo Valle	Fríjol-Maíz Huila-Nariño	Fríjol-Maíz Antioquia
Rendimiento frijol (kg/ha)	906	599	533
Rendimiento frijol equivalente (kg/ha/cosecha)	906	806	723
Precio frijol (\$/kg) ^a	16.6 ^f	13.7	27.0
Valor producción (\$/ha)	15030	11074	19521
Costos variables (\$/ha) ^b	8407	6931	10805
Intereses (16% anual) ^c	504	415	1729
Total costos variables (\$/ha)	8911	7346	12534
Costos fijos arriendo ^d	2080	1841	3600
Total costos por hectárea	10991	9187	16134
Margen bruto (\$/ha)	6119	3728	6987
Margen neto (\$/ha/cosecha)	4039	1887	3387
Margen neto (\$/ha/año) ^e	8078	3774	3387
Costo por kg de frijol	12.13 ^f	11.40	22.3

- a/ Precios promedios recibidos por el agricultor.
- b/ A la mano de obra familiar se le asignó un costo de oportunidad igual al salario por día para el trabajador agrícola en la región.
- c/ Entre los otros costos variables se incluyen intereses para 4.5 meses en Valle y Huila-Nariño y en Antioquia para doce meses.
- d/ El arriendo se estimó en base a la tarifa promedio regional. En el Valle y Huila-Nariño el estimativo es para seis meses y en Antioquia para 12 meses.
- e/ Normalmente en Valle, Nariño y parte de Huila, se efectúan dos cosechas en el año. Asumiendo costos y beneficios iguales para las dos cosechas, se estima el margen neto anual por hectárea por año, con el fin de hacerlo comparable al de Antioquia donde el período vegetativo del sistema es de un año.
- f/ Durante el primer semestre agrícola de 1976, el precio de frijol caraota se redujo a \$12/kg. Este precio de venta es inferior al costo de producción calculado aquí.

Fuente: Ruiz de Londoño, N. *et al.*, "Estudio Agroecológico de los Procesos de Producción de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso.

cultores son propietarios frente a 62 por ciento en Huila-Nariño⁸ — y con la proximidad a la zona industrial de Medellín, la cual presumiblemente absorbe buena parte de la mano de obra disponible en las áreas rurales aledañas⁹.

En las cuatro regiones un alto porcentaje del área en cultivos de la finca, está dedicada a frijol, pero en Antioquia se observa una mayor especialización de

8/ Ruiz de Londoño, N., *et al.*, *op. cit.*, Cuadro Anexo 3.

9/ El 77 por ciento de los agricultores de Antioquia expresaron su dificultad de conseguir mano de obra para las labores agrícolas. Ruiz de Londoño, N., *et al.*, *op. cit.*, Cuadro Anexo 58.



Cuadro 9. Enfermedades más importantes en el cultivo de fríjol en cuatro regiones colombianas, 1974-1975.

Enfermedades	Fríjol Solo		Fríjol-Maíz				Fríjol-Maíz	
	Valle		Nariño		Huila		Antioquia	
	1a. V ^a	2a. V ^a						
----- Porcentaje de fincas -----								
Roya (<u>Uromyces phaseoli</u>)	94	94	26	16	68	70	42	75
Mancha gris (<u>Cercospora vandervysti</u>)	0	0	63	53	45	55	83	92
Mancha harinosa (<u>Ramularia phaseolorum</u>)	0	0	10	47	12	74	92	67
Mildeo polvoso (<u>Erysiphe polygoni</u>)	0	0	0	0	8	26	67	92
Antracnosis (<u>Colletotrichum lindemutianum</u>)	0	0	37	42	50	54	92	100
Pudrición radicular ^b	39	13	37	5	8	0	0	0
Mancha angular (<u>Isariopsis griseola</u>)	74	100	32	79	27	76	100	100
Añubio bacterial (<u>Xanthomonas phaseoli</u>)	55	84	53	79	38	76	0	8
Virus ^c	10	19	21	11	26	3	0	0
Mancha de la hoja ^d	0	0	16	5	19	8	0	8

a/ Las observaciones de campo se realizaron durante la primera y segunda visita (V) a los cultivos, las cuales corresponden respectivamente a las etapas germinación-floración y floración-fructificación.

b/ Rhizoctonia y/o Sclerotium.

c/ No se identificó el tipo de virus. Puede ser Mosaico Común o Mosaico Rugoso.

d/ Alternaria y/o Ascochitta.

Fuente: Ruiz de Londoño, N., et al., "Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso, p.124.

talidad de las fincas en Antioquia. Parece que la ineficiencia de los controles sanitarios sea debida a ataques tempranos de enfermedades transmitidas por la semilla y al uso de productos químicos no apropiados para combatir la antracnosis.

¿Cuál es la importancia relativa de la diferencia en el uso de insumos, sistemas de producción, incidencia de insectos y enfermedades en la determinación de los rendimientos en estas regiones¹⁴? Las Figuras 2 y 3 muestran los rendimientos promedios en cada área y el efecto de remover¹⁵ cada uno de los

14/ Antioquia no entra en este análisis por falta de observaciones suficientes para hacer un análisis de regresión.

15/ Ver en el Apéndice A la metodología empleada para hacer estos estimativos.

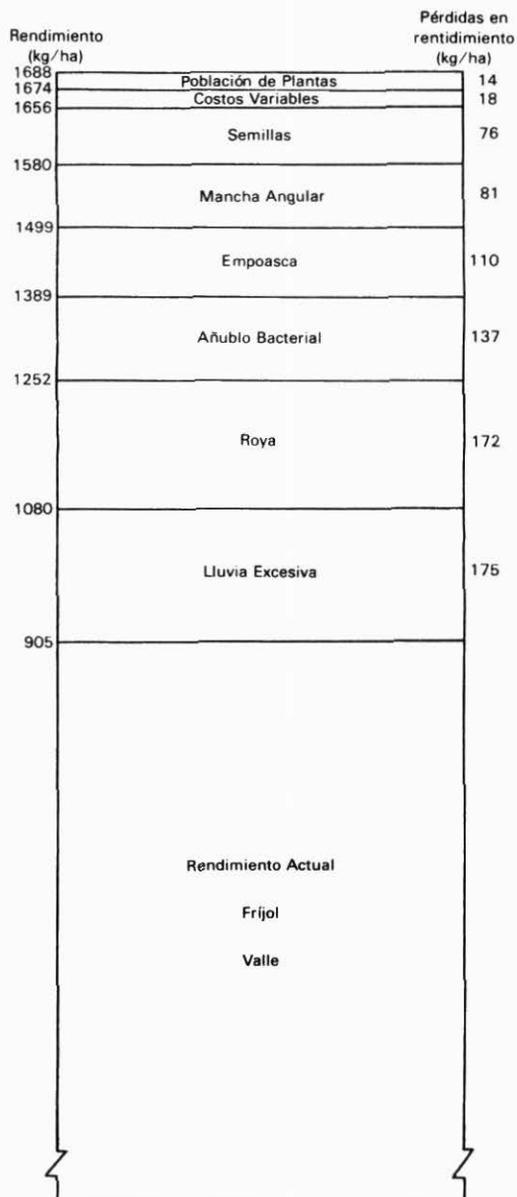


Figura 2. Pérdidas estimadas en rendimientos de frijol en el Valle del Cauca, 1974

Fuente: Pinstrup-Andersen, P., N. Ruiz de Londoño, M. Infante. "A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops" PANS 22(3). September 1976, p. B-64.

mientos en 500 kg/ha. Si los agricultores del Valle hubieran dispuesto de variedades resistentes a algunas de las enfermedades, el efecto sobre los rendimientos hubiera sido substancial¹⁶.

En las regiones de Huila y Nariño, el factor más importante que influyó en los rendimientos de frijol, fue la presencia de maíz en el lote (Figura 3). Al cambiar el cultivo múltiple por el monocultivo, se podrían incrementar los rendimientos de frijol en 217 kg/ha. Debido a problemas sanitarios (dos insectos chupadores y cinco enfermedades), las pérdidas en rendimiento estimadas son del orden de 230 kg/ha. Esta reducción no es muy grande debido al bajo nivel de incidencia de algunas enfermedades, lo cual será discutido posteriormente.

Los Cuadros 11 y 12 muestran los estimativos de los efectos debidos a cada factor. Es evidente que, de haberse presentado un ataque generalizado de las enfermedades, el impacto en la producción hubiera sido desastroso. Por ejemplo, en el Valle, el añublo bacterial y la mancha angular se encontraron afectando solamente el 12 y 15 por ciento del área, respectivamente; sin embargo, una infección generalizada de uno cualquiera de estos dos factores, hubiera sido devastadora. Se encontró que el 56 por ciento del área en frijol en el Valle estuvo afectada por roya¹⁷. Se estima que para esta área afectada, las

16/ La totalidad de los agricultores del Valle usaron fungicidas y 87 por ciento usaron insecticidas (Cuadro 4). No obstante, la incidencia de plagas y enfermedades fue bastante alta. El Dr. Gilberto Bastidas anota que siembras extemporáneas y sucesivas, incidieron en los problemas sanitarios y de disponibilidad adecuada de agua. En el informe del Ministerio de Agricultura, se encuentran consignados estos comentarios: "En cuanto a los rendimientos, éstos fueron en general bajos, debido principalmente a dificultades climatológicas, ya que la caraota se sembró en diferentes épocas correspondiendo las mejores cosechas a los lotes sembrados oportunamente". "En aquellas siembras fuera de época, se ha incrementado la incidencia de roya, no obstante, haber sido efectivo el control químico. También se ha observado alto porcentaje de insectos chupadores". (Ministerio de Agricultura, 1976, p.10).

17/ La intensidad del ataque, medida como porcentaje de cada planta afectada por roya, fue en promedio del 22 por ciento. En el Apéndice A, Cuadro A-3, se presenta información sobre la intensidad observada para algunas de las enfermedades encontradas.

pérdidas en rendimientos son del orden de 307 kg/ha, los cual lleva a una pérdida de 2130 ton/semestre entre los productores del Valle. Esta cifra prácticamente se hubiera duplicado de haberse extendido la infección a toda el área cultivada con fríjol en el Valle.

Por otra parte, las fincas atacadas por Empoasca representan un 35 por ciento del área en fríjol. En las fincas en las cuales no se obtuvo control de Empoasca hubo una reducción en rendimientos de 315 kg/ha. En algo menos del 60 por ciento del área en fríjol del Valle, se utilizó semilla certificada y en aquellas fincas donde no se utilizó, las cosechas sufrieron una reducción en el rendimiento de 186 kg/ha. El incremento en el uso de insumos y en la población de plantas muestra poco efecto sobre los rendimientos en el Valle, si se le compara con los efectos de Empoasca o de las enfermedades.

El Cuadro 11 muestra también los estimativos del valor total de las pérdidas debidas a cada factor. Asumiendo que la muestra es representativa de la región, se multiplica el promedio de las pérdidas en rendimiento de la muestra por el número total de hectáreas en fríjol en la región (12.380 hectáreas en el Valle, en el segundo semestre de 1974) obteniéndose así las pérdidas en producción. Esta cifra multiplicada por el precio del fríjol (US dólares 550/ton), da el valor total de las pérdidas.

La difusión en todas las fincas de una variedad resistente a la roya podría haber incrementado el valor de la producción en el Valle, en el segundo semestre de 1974, en cerca de 1.2 millones de dólares¹⁸. Si la tolerancia a Empoasca hubiera reducido a la mitad los efectos de este insecto sobre los rendimientos, entonces, el valor de la producción de fríjol se hubiera incrementado en unos US dólares 374.500. Si se difundiera semilla certificada en toda la región, ello significaría un aumento en el valor de la producción de US dólares 517.000.

En las regiones de Huila y Nariño, la reducción más seria en el valor de la cosecha se debió al cultivo múltiple. El precio de maíz fue bajo; sin embar-

18/ La variedad ICA-Tui (caraota) es muy susceptible a la roya.

1975, p. C52, 53), fue una sorpresa encontrar que los niveles de fósforo del suelo no mostraron efecto significante en los rendimientos. Este tema, dado su especial interés y complejidad, se discute detalladamente en el Apéndice B.

Conclusiones

Aún considerando únicamente un solo semestre, en las tres diferentes regiones, los beneficios de resistencia o tolerancia a cualquiera de las enfermedades o a Empoasca, hubieran sido sustanciales. En un corto plazo, algunos de estos beneficios pueden ser captados de otra forma. Los problemas de los virus, añublo bacterial y antracnosis, pueden ser sustancialmente reducidos con el uso de semilla limpia. Se puede obtener un control parcial de roya, antracnosis, mancha angular y Empoasca con aplicación de pesticidas. Sin embargo, es posible que sea necesario hacer aplicaciones frecuentes si se presentan lluvias fuertes o ataques graves.

No hubo diferencias significativas en los rendimientos de fríjol equivalente en las dos regiones. En el Valle, aún con variedades mejoradas y un alto uso de insumos, la falta de resistencia, especialmente a roya y a Empoasca fue crítica. Si el fríjol negro en el Valle hubiera tenido resistencia a roya, añublo bacterial y Empoasca, entonces, el rendimiento hubiera sido de 1324 kg/ha, sustancialmente más alto que el rendimiento de fríjol equivalente de Huila y Nariño.

En Huila-Nariño, el cambio a monocultivo hubiera incrementado los rendimientos en un 36 por ciento. Los lotes de fríjol en suelos pendientes mostraron solamente una pequeña reducción en los rendimientos. Hubo muchas enfermedades en las dos regiones (Huila y Nariño) pero los niveles de incidencia fueron bajos, excepto para virus, el cual afectó una tercera parte del área. Cualquiera de las enfermedades encontradas en Huila-Nariño puede tener un efecto devastador en los rendimientos, cuando la incidencia es alta.

Hay dos limitaciones metodológicas para el análisis. Primero, las observaciones de campo solamente incluyen un semestre de la producción. En el futuro, el clima será diferente y la incidencia de insectos y enfermedades será mayor o menor. Para tener un mejor conocimiento de los riesgos asociados con la

producción de frijol, se requiere establecer la probabilidad asociada con diferentes niveles de incidencia o infestación de cada enfermedad e insecto. Esto requeriría hacer observaciones durante varios semestres de la producción.

Segundo, los efectos de nuevas variedades con semilla limpia o variedades resistentes son probablemente multiplicativos, no aditivos. Por ejemplo, una planta con más tolerancia a Empoasca estará en condiciones fisiológicas mejores, en caso de presentarse ataques de otros insectos y/o enfermedades, mientras que una planta susceptible a una o más enfermedades estará más "débil" en caso de ser afectada por otras enfermedades o insectos. Los valores de tolerancia para los varios insectos y enfermedades podrían ser subestimados por esta razón.

APENDICE A

I. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACION DE PERDIDAS EN RENDIMIENTOS Y EN PRODUCCION

En base al análisis de la función de producción se estimó el impacto en los rendimientos de los factores que estuvieran incidiendo en ellos, tales como sistema de siembra, calidad de semilla, características físicas y químicas del suelo, plagas, enfermedades, malezas, topografía del lote, uso de fertilizantes y pesticidas. La función utilizada es de la siguiente forma:

$$Y = f(X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_N)$$

donde:

Y = Rendimiento de frijol

$X_1 \cdot \dots \cdot X_N$ = Factores que influyen en los rendimientos.

La información obtenida en el campo suministró diferentes medidas de la intensidad y/o incidencia de cada factor. Se ajustaron dos funciones lineales, una para frijol solo y otra para frijol-maíz. Las observaciones para frijol-maíz hacen referencia a dos regiones, Huila y Nariño. Aparte de las variables especificadas, las características de Huila y Nariño no son significativamente diferentes. Algunas variables, como densidad de siembra y gastos en insumos, se llevaron a términos cuadráticos para definir el óptimo en el uso de estos recursos.

Se probaron varios modelos, entre los cuales se seleccionan los dos mejores, en base a criterios estadísticos y de racionalidad de las variables explicatorias. Los coeficientes de regresión obtenidos se presentan en los Cuadros A-1 y A-2. Las variables seleccionadas se describen posteriormente. Una vez

Cuadro A-2. Coeficientes de regresión frijol-maíz (Huila-Nariño).

Variable	Coefficiente de regresión	Unidad	Nivel de significancia
X ₁ Lluvia	45.2	Dummy	0.74
X ₂ Plantas de frijol	2.9	miles/ha	0.80
X ₂ ² (plantas de frijol) ²	0.008	(miles/ha) ²	0.74
X ₃ Plantas de maíz	-12.10	miles/ha	0.99
X ₄ Costos variables	0.076	\$/ha	0.99
X ₅ Virus ^a	119.35	Dummy	0.99
X ₆ Trips	-1.9	% del lote	0.98
X ₇ Mancha angular	-42.19	% área foliar	0.99
X ₈ Mildeo polvoso	-6.9	% área foliar	0.99
X ₉ Antracnosis-vainas	-5.7	% vainas	0.99
X ₁₀ Pudrición radicular	-9.3	% del lote	0.99
X ₁₁ <u>Empoasca</u>	-0.1	miles/ha	0.99
X ₁₂ Pendiente del lote	75.9	Dummy	0.91
X ₁₃ Suelo no cultivado anteriormente	-65.9	Dummy	0.90

R ² = 0,60
\bar{Y} = 599 kg./ha.
Número de observaciones = 88

a/ Puede ser Mosaico Común o Mosaico Rugoso. No fue posible su identificación en el campo.

Cuadro A-3. Intensidad observada de las enfermedades más importantes en el cultivo del fríjol (Valle, Huila-Nariño). 1974-1975.

Enfermedad	Fríjol Solo Valle	Fríjol-Mafz Huila-Nariño
	--- % de cada planta afectado ^a ---	
Roya (1a. visita)	15	10
Roya (2a, visita)	22	17
Mancha angular (1a. visita)	10	11
Mancha angular (2a. visita)	27	21
Añublo bacterial (1a. visita)	10	13
Añublo bacterial (2a. visita)	16	23
Pudrición radicular (1a. visita)	100	100
Mildeo polvoso (1a. visita)	0	7
Mildeo polvoso (2a. visita)	5	21

a/ Para evaluar la intensidad de los ataques de patógenos se utilizaron dos criterios: a) el número de plantas afectadas y b) el grado de infección en cada planta. Al promedio de este último se le denominó "% de cada planta afectado".

Fuente: Estimado en base a Ruiz de Londoño, N. et al, "Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia", CIAT, Cali, Colombia. Estudio en proceso, Cuadros Anexos Nos. 38 y 39.

2. Pérdidas promedios en rendimientos para la muestra

Una vez conocidas las pérdidas en un lote totalmente afectado, éstas se multiplican por el porcentaje de área afectada en la muestra y se obtienen las pérdidas promedios en rendimiento. El área totalmente afectada se estima así:

$$\% \text{ de área totalmente afectada} = \frac{\sum \text{de área en fríjol afectada en cada finca}}{\sum \text{de área en fríjol de la muestra}} \cdot 100$$

El valor porcentual de las pérdidas en rendimiento, debidas a cada factor, se estima así:

$$\text{Pérdidas en } \frac{\text{Pérdidas debidas a cada factor}}{\text{Rendimientos promedios} + \text{Pérdida debida a cada factor}} \cdot 100$$

porcentaje

3. Pérdidas en producción

Asumiendo que la muestra es representativa de la región, se toma el promedio de las pérdidas debidas a cada factor y se multiplica por el área estimada en frijol para cada región. En el caso de Valle, el área en frijol fue de 12.380 hectáreas (segundo semestre, 1974). El área en frijol-maíz en Huila y Nariño fue de 23.000 hectáreas (primer semestre, 1975).

4. Pérdidas en valor

Conocidas las pérdidas en producción, debidas a cada factor, se multiplican por el precio de frijol, a nivel de productor, en la época a que hace referencia el estudio. El precio usado es el promedio de los precios recibidos por el agricultor en la cosecha estudiada. En esta forma, se estima el valor total de las pérdidas debidas a cada factor. El precio utilizado fue de US dólares 550/ton para frijol caraota y US dólares 458/ton para frijol rojo. Al utilizar los precios existentes en el momento de la encuesta, se está asumiendo que la cantidad adicional producida (debida a la corrección de factores que afectan los rendimientos) no va a tener impacto en los precios del mercado. Este supuesto es válido en el caso de frijol caraota, el cual se exporta y no es de esperar que la oferta adicional pueda afectar los precios del mercado. Para el caso de Huila y Nariño, el valor promedio de las pérdidas está sobreestimado por cuanto es de esperar que la oferta adicional conduzca a alguna reducción de precio. Se podría hacer un estimativo en este sentido, conociendo la elasticidad precio de la demanda para frijol, pero esto aún no se ha hecho.

- Asistencia técnica (simulada)
 - 1 = recibió asistencia técnica
 - 0 = no recibió asistencia técnica.
- Insectos que atacan las vainas (simulada)
 - 1 = ausencia de insectos
 - 0 = presencia de insectos.
- Lluvia (variable simulada)

probada para varias etapas del período vegetativo.

2. Variables en la función de producción fríjol-maíz (Huila-Nariño)

- Y = producción de fríjol por hectárea, dentro del sistema fríjol-maíz.
- X₁ = lluvia durante la floración-fructificación (variable simulada)
 - 1 = suficiente
 - 0 = excesiva o deficiente.
- X₂ = población de plantas de fríjol por hectárea, cuantificada en el momento de la primera visita, o sea, en la etapa anterior a la floración.
- X₃ = población de plantas de maíz por hectárea, cuantificada en el momento de la primera visita.
- X₄ = costos específicos de fríjol. No incluye semilla de maíz y fríjol ni siembra de maíz. Tampoco incluye cosecha y beneficio de los dos cultivos.
- X₅ = virus: ataque observado en la etapa de prefloración (variable simulada).
- X₆ = trips: porcentaje del lote afectado. Ataque observado en la etapa de prefloración.
- X₇ = mancha angular: porcentaje de área foliar afectada²¹ durante la floración-fructificación.

21/ Porcentaje de área foliar afectada = (% del lote afectado) multiplicado por (% de cada planta afectada).

APENDICE B

LA FERTILIDAD ORIGINAL DEL SUELO Y LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS

En otros estudios económicos, se ha evaluado el efecto del abono, de la fertilidad original del suelo y de sus interacciones con el rendimiento (De Janvry, 1972, pp.1-10; Albuquerque e Sanders, 1975, pp.181-195; Ryan and Perrin, 1974, pp. 337-343; Laird and Cady, 1969, p.35). En Huila y Nariño, la mayoría de los agricultores (92 por ciento), no usaron abono. Por ello el estudio solamente trata de evaluar el efecto de la fertilidad original del suelo en los rendimientos.

En cuanto al nitrógeno, cuyos requerimientos son altos para el frijol (Howler y Medina, 1976, p.5), es disponible del suelo a la planta por el proceso de mineralización de la materia orgánica. La cantidad de nitrógeno del suelo disponible a la planta varía constantemente, haciendo muy difícil la cuantificación de este elemento.

"With few exceptions nitrogen soil tests are not reliable enough to predict nitrogen response. Other means, principally field experiments and crop uptake, are used to evaluate nitrogen fertilization" (Sánchez, 1976, p.301).

Por tanto, no es sorprendente el hecho de que no fuera posible medir su efecto.

Por lo que respecta a potasio, los suelos volcánicos generalmente disponen de cantidades suficientes de este elemento y no es frecuente obtener respuesta a la aplicación de potasio en los experimentos de frijol en América Latina (Cox, 1973, pp.177-180). En Huila-Nariño, la media y la desviación estándar de potasio fueron 0.49 meq/100 gr y 0.26, respectivamente. Normalmente, 0.2 se considera como suficiente²².

22/ Este nivel mínimo fue definido por P.A. Sánchez (información personal).

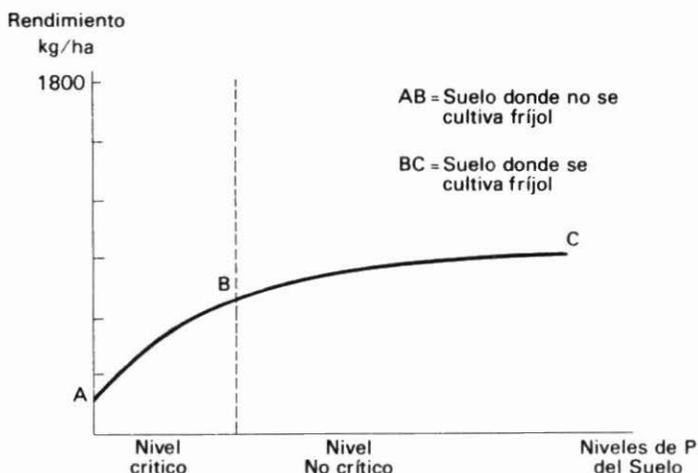


Fig. B-1. Distribución hipotética de la respuesta de frijol a los niveles de fósforo del suelo.

traron un nivel de fósforo inferior a 5 ppm con un promedio de 3 ppm (Bray II). Esto implica que si no hubiera problemas con la medición del fósforo, algunas fincas estaban por debajo de estos límites críticos. Pero existen dificultades con el método de medición del fósforo que entorpecen la cuantificación de la relación fósforo del suelo — rendimiento de frijol. Uno de los problemas con la medición del fósforo del suelo es la eficiencia del extractor usado para determinar fósforo "disponible". La eficiencia en medir fósforo "disponible" con el método Bray II, depende de que la fracción de fósforo inorgánico predominante sea P-Al. En general, se espera que, en suelos de origen volcánico, esta sea la situación (Navas *et al.*, 1966, p. 287; Kamprath, 1973, p.154)²⁵. Sin embargo, la proporción en que las fracciones P-Al y P-Fe entran en el suelo muestra variabilidad

25/ "Tres son los métodos más frecuentemente empleados en la determinación del P que se dice (disponible) para las plantas en los suelos derivados de cenizas volcánicas, a saber: Bray, Olsen y Truog" (Ospina, 1974, p.107). "A pesar de que los suelos derivados de cenizas volcánicas tienen un alto contenido de fósforo total, los cultivos que crecen en ellos generalmente responden marcadamente a la fertilización con fósforo. Esto sugiere que la habilidad de las plantas para tomar las formas "activas" de fósforo, es muy diferente para el caso de los suelos volcánicos comparados con la de otros suelos" (E. Kamprath, 1974, p.2).

(Al-Abbas, 1964, p.218)²⁶. En estas circunstancias, el extractor que es adecuado para cuantificar un tipo de fracción, en este caso P-Al, subestima otras formas de fósforo "disponible" presentes en el suelo.

De otra parte, el nivel de pH también condiciona la eficiencia del extractor²⁷. Cuando este nivel varía entre 4.9 y 7.9, como es el caso de las fincas estudiadas, no es de esperar que una medida de fósforo "disponible" pueda ser determinada si se usa un solo extractor. Para un mismo suelo se observan diferencias de más del 50 por ciento en las cantidades de fósforo "disponible" (P-Al o P-Fe) según el extractor utilizado (Al-Abbas and S.A. Barber, 1964, p.223).

CONCLUSIONES

La falta de correlación entre los rendimientos de frijol y el contenido de fósforo del suelo se pueden explicar por las siguientes razones:

- a) Que los cultivos de frijol estén situados en lotes cuyo contenido de fósforo no sea inferior al nivel crítico. Esto, como consecuencia de una selección empírica basada en la experiencia del agricultor.
- b) Que, dadas las limitaciones de los extractores y la heterogeneidad de los suelos estudiados, no es factible obtener una medida precisa

26/ "La heterogeneidad en estas fracciones es explicable, ya que están afectadas por el grado de meteorización, constitución mineralógica del suelo y del material parental, condiciones de drenaje, pH y prácticas de fertilización" (Guerrero, 1974, p.358).

"El contenido de humedad determina el potencial de reducción y oxidación del suelo. Estudios realizados en Trinidad mostraron que, durante la estación seca, había un aumento de fósforo reductor P-Fe, mientras que en condiciones anaeróbicas, había un aumento de la fracción P-Al" (E.J. Kamprath en Sánchez, P.A., 1973, p.153).

27/ "Los resultados muestran que el P extraído, por el NaOH-Na₂C₂O₄ fue altamente correlacionado con fósforo "disponible" para todos los suelos con el pH arriba de 7. En los suelos con pH inferior de 6, el Bray II fue superior que los otros cinco tipos de análisis de fósforo utilizados" (A.H. Al-Abbas and S.A. Barber, 1964, p.223).

de las cantidades de fósforo "disponible" a la planta, la cual es necesaria para estimar funciones de producción.

- c) Que, siendo tantas las variables interactuando con el fósforo del suelo, es difícil aislar el efecto de este elemento en los rendimientos y establecer un nivel crítico.
- d) Que la interferencia de variables no controladas crea dificultades econométricas.

De lo anterior se desprende que las dificultades para estimar relaciones entre el contenido de fósforo de suelo y los rendimientos de frijol son tales, que se hace necesario recurrir a pruebas regionales de rendimiento y de respuesta a fertilización, donde sea factible controlar u homogenizar las variables que se pretendan analizar. Estas pruebas combinadas con los análisis de suelos permitirán establecer niveles críticos de fósforo para la producción de frijol en las diferentes regiones y cuantificar el impacto de este elemento en los rendimientos.

BIBLIOGRAFIA

- Albuquerque, J.J.L. e J.H. Sanders. 1975. Rendimento do Algodão Herbáceo em Função de Fertilidade Natural e Artificial dos Solos em Alagoas. Revista Económica do Nordeste (Brasil) 6(2): 181-195.
- Al-Abbas, A.H. and S.A. Barber. 1964. A Soil Test for Phosphorus Based Upon Fractionation of Soil Phosphorus: I. Correlation of Soil Phosphorus Fractions with Plant Available Phosphorus. Soil Science Society of America: Proceedings Vol. 28, No.1.
- Alvarez, C. 1977. Análisis Económico de Algunos Sistemas de Producción de Frijol en Colombia, 1974-1975. CIAT, Cali, Colombia. (mimeografiado).
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974, 1975, 1976, 1977. Informes Anuales. Cali, Colombia.
- Cooperativa de Agricultores de Ginebra. 1975. COAGRO #2. Cali, Colombia. (Abril-Mayo).
- CVC, (Corporación Autónoma Regional del Cauca). 1977. Indicadores Socioeconómicos del Valle del Cauca. Cali, Colombia.
- Cox, F.R. 1973. Potasio. En: P.A. Sánchez (ed.), Un Resumen de las Investigaciones Edafológicas en la América Latina Tropical. Soil Science Department. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

- De Janvry, A. 1972. Optimal Levels of Fertilization Under Risk: The Potential for Corn and Wheat Fertilization Under Alternative Price Policies in Argentina. American Journal of Agricultural Economics Vol.54 #1, pp.1-10.
- Fassbender, H.W. 1974. La Fertilización del Fríjol (*Phaseolus sp.*). Turrialba, Vol. 17, No. 1, pp.43-47.
- Guerrero, R.R. 1974. Formas de Fósforo y sus Relaciones con la Fertilidad de los Suelos. En: Suelos Ecuatoriales, El Fósforo en Zonas Tropicales. Tercer Coloquio sobre Suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. VI, No. 1, pp. 349-387.
- Howeler, R.H. y C.J. Medina. 1977. La Fertilización del Fríjol Phaseolus vulgaris : Elementos Mayores y Secundarios. CIAT, Cali, Colombia. (mimeografiado).
- Howeler, R.H. 1977. Respuesta de la Yuca a la Aplicación de Fósforo. CIAT. Cali, Colombia. Seminarios Internos. Serie SE-03-77.
- Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA). 1970. Producción, Mercadeo, Precios, Almacenamiento y Comercio Exterior de Productos Agropecuarios, 1959-1969. Bogotá. Colombia.
- Kamprath, E.J. 1974. Químicos y Formas Minerales del Fósforo del Suelo en Regiones Tropicales. En: Suelos Ecuatoriales, El Fósforo en Zonas Tropicales. Tercer Coloquio sobre Suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol VI, No. 1, pp. 1-18.
- Kamprath, E.J. 1973. Fosforo. En: Pedro A. Sánchez (ed.), Un Resumen de las Investigaciones Edafológicas en la América Latina Tropical. Soil Science Department, North Carolina State University. pp.150-165.
- Laird, R.J. and F.B. Cady. 1969. Combined Analysis of Yield Data from Fertilizer Experiments, Agronomy Journal, 6(16). pp. 829-834.

- Ministerio de Agricultura. 1976. Programas Agrícolas 1976. Bogotá, Colombia. (mimeografiado).
- Ministerio de Agricultura, Oficina de Planeamiento para el Sector Agropecuario, OPSA. 1977. Cultivo Fríjol, Evaluación y Programación Agrícola, 1976-1977. Bogotá, Colombia.
- Navas, A., H. Manzano y C. Mc Clung. 1966. Algunos Aspectos del Análisis de Suelos. Agricultura Tropical, Vol. 22, No.6. pp. 286-290.
- Ospina, L.O. 1974. El Fósforo en los Andosoles. En: Suelos Ecuatoriales, El Fósforo en Zonas Tropicales. Tercer Coloquio sobre Suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. VI, No.1, pp.97-136.
- Pinstrup-Andersen, P., N. Ruiz de Londoño y M. Infante. 1976. A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops. Pest Articles & News Summaries. 22(3), pp.359-365.
- Ruiz de Londoño, N., P. Pinstrup-Andersen y M. Infante. 1978. "Estudio Agro-económico de los Procesos de Producción de Fríjol (Phaseolus vulgaris) en Colombia". CIAT. Cali, Colombia. (Estudio en proceso).
- Ruiz de Londoño, N. 1969. La Distribución y Uso de Insumos para la Industria Agropecuaria en la Zona de Influencia de Cali. Informe Técnico No.3. PIMUR. Cali, Colombia.
- Ryan, J.G. and R.K. Perrin. 1974. Fertilizer Response Information and Income Gains: The Case of Potatoes in Peru. American Journal of Agricultural Economics. Vol. 56, pp.337-343.
- Sánchez, P.A. 1973. Nitrogen Fertilization. En: P.A. Sánchez (ed.). A Review of Soils Research in Tropical Latin America. North Carolina Agricultural Experiment Station: Raleigh, North Carolina.