



CIAT - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

BARRERAS A LOS INCREMENTOS DE PRODUCTIVIDAD DE FRIJOL
A NIVEL DE FINCA EN COLOMBIA

Norha R^uiz de Londoño
Marzo 1977

Una vez establecido sobre condiciones experimentales que altos rendimientos pueden ser obtenidos, una forma para identificar prioridades en investigación y extensión, es evaluar sistemáticamente aquellos factores que están influenciado los rendimientos a nivel de finca. En Colombia en 1974 y 1975, los rendimientos de frijol a nivel de finca fluctuaron entre 250 a 1980 kg/ha¹. Por otra parte, los sistemas de producción de frijol en Colombia son muy diferentes. En este artículo, estas diferencias en rendimientos a nivel de finca son evaluados para dos de los principales sistemas de producción de frijol en Colombia.

Producción de Frijol en Colombia

El estudio de frijol seleccionó cuatro regiones (ver Figura 1), las cuales participan con el 63 por ciento del área dedicada a este cultivo en Colombia². Dichas regiones son en orden

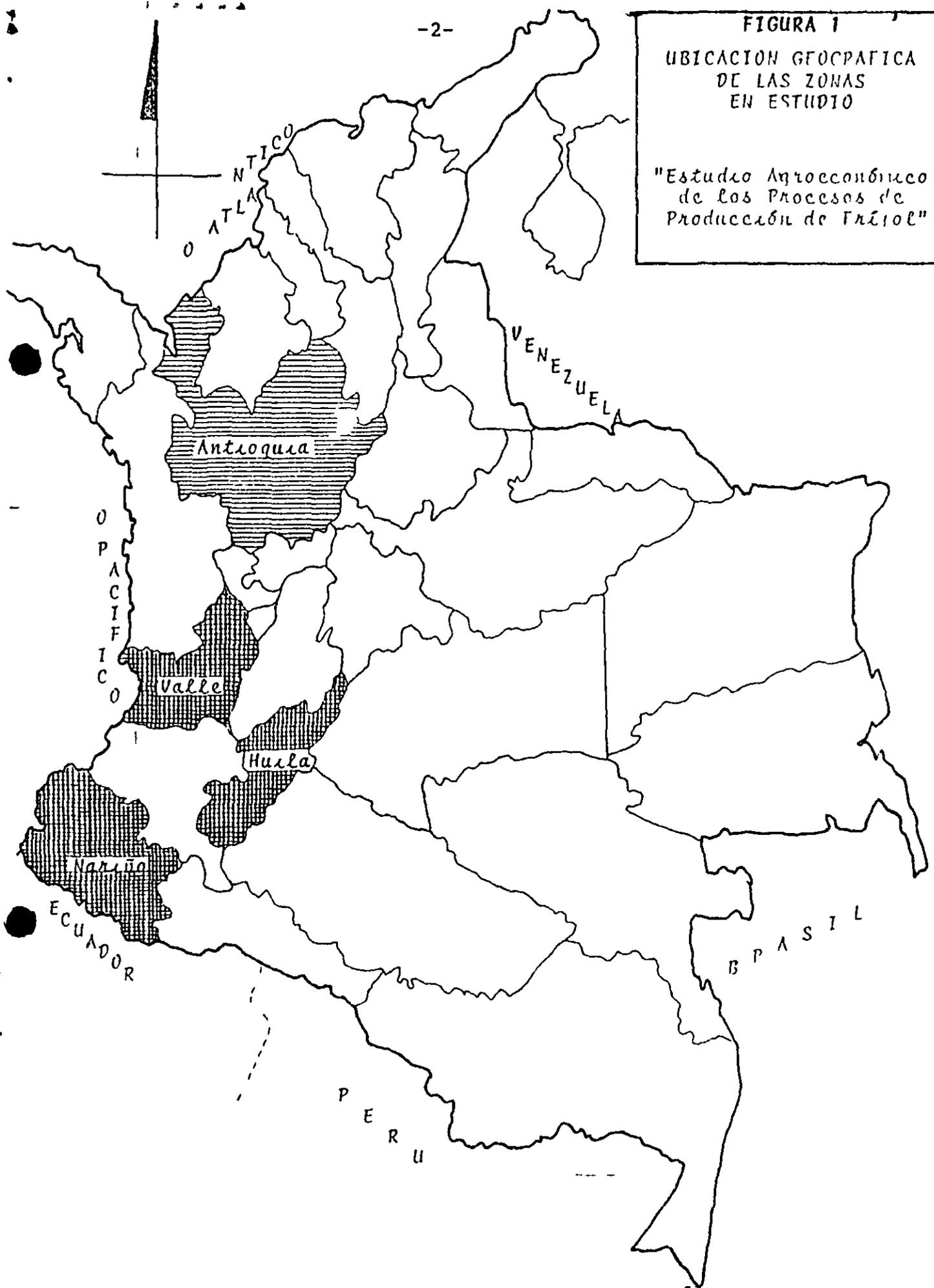
1/ Norha R. de Londoño, et al. Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Frijol (Phaseolus vulgaris) en Colombia. CIAT, Cali, Colombia, estudio en proceso

2/ Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), Boletín Mensual de Estadística, Bogotá, Colombia, Enero-Febrero, 1974, p

FIGURA 1

UBICACION GEOGRAFICA
DE LAS ZONAS
EN ESTUDIO

"Estudio Agroeconómico
de los Procesos de
Producción de Frijol"



de importancia en cuanto a producción Huila, Antioquia, Valle del Cauca y Nariño Antioquia y Nariño localizadas sobre las cordilleras central y occidental, presentan una topografía que va de ondulada a muy quebrada, en contraste con la topografía plana del Valle que forma el Río Cauca entre las dos cordilleras mencionadas Huila por su parte presenta una región plana, tradicionalmente dedicada a la explotación ganadera y al cultivo de arroz, y una gran zona montañosa donde se localiza el grueso de las explotaciones de frijol de esta región El Valle del Cauca se caracteriza por ser 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 frijol rojo (Calima) en fincas relativamente pequeñas y con pocos insumos³ Por esta época se introducen los caraotas con destino al mercado externo, cuyo precio predeterminado y garantía de compra, inducen a varios agricultores de la región (no anteriormente frijoleros) a cultivar este grano Los caraotas desplazan grandes áreas antes dedicadas a sorgo, maíz, algodón y soya Así de 900 hectáreas en 1969, se llega a 16 000 en 1974 Posteriormente problemas de incumplimiento de contratos y control de exportaciones ilegales, acaban prácticamente con el cultivo de caraotas en el Valle del Cauca En el

3/ Hugo Torres y Aldo Patrino Producción y Distribución de Granos en el Valle del Cauca. Informe Técnico No 11, Proyecto Integrado de Mercadeo Urbano y Rural del Valle (PIMUR), Cali, Colombia, 1969 p 42

Norha R de Londoño La Distribución y Uso de Insumos para la Industria Agropecuaria en la Zona de Influencia de Cali Informe Técnico No 3, PIMUR, Cali, Colombia, 1969 p 72 y 97

primer semestre de 1975 s61amente 150 hect61reas de fr61jol caraota fueron plantadas⁴ Las caracter61sticas de los diferentes sistemas de producci61n de fr61jol se resumen en la Tabla 1 En el Valle se produce fr61jol negro por grandes agricultores en el sistema de monocultivo En las otras tres regiones, peque1os agricultores producen predominantemente fr61jol rojo y generalmente en cultivos m61ltiples Estos son los dos diferentes sistemas que ser61n analizados, combinando las observaciones de Huila y de Nari1o, y comparando estos sistemas tradicionales con el monocultivo de grandes agricultores del Valle⁵

Factores que Afectan Rendimiento Valle y Huila-Nari1o

Las Tablas 2 a 5 indican las diferencias en el uso de insumos, 61rea, mercadeo y distribuci61n de costos entre los dos sistemas Se observan diferencias muy marcadas entre el uso de los qu61micos agr61colas, semilla mejorada y mecanizaci61n de cultivos Los productores en el Valle muestran mayor especializaci61n en la producci61n de fr61jol, producen casi exclusivamente para el mercado externo y tienen costos de producci61n significativamente m61s altos pero las diferencias en rendimientos en t61rminos de fr61jol equivalente⁶, son muy peque1as entre los dos sistemas

4/ Norha R de Londo1o, et al Estudio Agroecol61mico de los Procesos de Producci61n de Fr61jol (Phaseolus vulgaris) en Colombia (estudio en proceso), p 58

5/ Antioquia constituye otro sistema con fr61joles rojos de enredadera y alto uso de insumos No ser61 considerado aqu61

6/ El fr61jol equivalente est61 definido en el pi61 de p61gina de la Tabla 1 En el Valle, Huila y Nari1o, estos resultados fueron para un per61odo de seis meses mientras que en Antioquia, la asociaci61n de papa/ma61z/fr61jol toma 14 meses

Tabla 1 Características de los productores de frijol en las cuatro regiones colombianas estudiadas, 1974-75

Características de las fincas	Regiones			
	Valle	Huila	Nariño	Antioquia
Area total ^a (has)	91.7	79.5	9.2	4.4
Area en cultivo (has)	40.5	6.8	3.1	1.7
Area en frijol (has)	22.6	4.1	1.8	1.5
Sistemas de producción de frijol ^b	Monocultivo	30% Monocultivo (principalmente áreas planas) 70% frijol-maíz (principalmente áreas quebradas)	frijol-maíz	54% frijol-maíz 46% [frijol-maíz-papa frijol-maíz-arracacha frijol-otros]
Clase de frijol	Negro-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-enredadera
Rendimientos de frijol en monocultivo (kg/ha)	906	805	-	-
Rendimientos de frijol equivalente (kg/ha) ^c	d	834	732	723 ^e 2754 ^f

a/ Area total disponible del agricultor

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

c/ Frijol equivalente se calcula utilizando la relación precio de otros bienes relativo a precio frijol como sigue

$$Y_B + \frac{P_C}{P_B} Y_C = Y_{B.E} \quad \text{donde } Y_B, Y_C, \text{ y } Y_{B.E} \text{ son los rendimientos de frijol, maíz y frijol equivalente, respectivamente}$$

P_C y P_B son los precios de maíz y frijol

d/ El período vegetativo del frijol en el Valle del Cauca es de 3 1/2 meses y un nuevo cultivo puede iniciarse seguidamente

e/ Se refiere a la combinación frijol-maíz

f/ Se refiere a la combinación frijol-maíz-papa, frijol-maíz-arracacha y frijol-otros

FUENTE CIAT, Informe Anual 1976, Cali, Colombia, (en proceso)

Tabla 2 Características tecnológicas de dos sistemas de producción de frijol, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Frijol Solo (Valle)	Frijol Acompañado (Huila-Nariño)
Mano de obra (% de agricultores)		
Insecticida	87	8
Fungicida	100	3
Semilla mejorada	52	2
Abono	84	8
Herbicida	32	0
Aplican riego (al frijol)	25	0
Preparan con maquinaria	100	22
Reciben		
Crédito	87	47
Asistencia Técnica	70	12
Mano de obra utilizada (# jornales/ha/cosecha)	44 2	110
Tipo de mano de obra utilizada		
Propia (% total mano de obra)	1	45
Alquilada (% total mano de obra)	99	55
Rendimientos promedios		
Frijol (kg/ha)	906	599
Maíz (kg/ha)	-	711
Frijol equivalente (kg/ha) ¹	906	806

^{1/} Estimado en precios de frijol a \$13 70/kg y precio de maíz a \$4 0/kg

FUENTE: Norha R de Londoño, et al Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Frijol (Phaseolus vulgaris) en Colombia, CIAT, Cali, Colombia, (estudio en proceso)

Tabla 3 Características de las fincas, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol-Maíz (Huila-Nariño)
<u>Área</u>		
Área de la finca (has)	48 9	7 1
Área disponible (has) ¹	91 7	8 6
Área en fríjol (has)	27 6	1 6
Promedio área fríjol/área finca	72 0	52 0
Área en cultivos (has)	42 0	3 0
<u>Topografía de la finca (% de fincas)</u>		
Plana	100 0	15 0
Ondulada	0	15 0
Quebrada	0	70 0

1/ Área disponible = área total de las fincas que posee o explota el agricultor

FUENTE Norha R de Londoño, et al Op Cit

Tabla 4 Destino de la Producción, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol Maíz (Huila-Nariño)
<u>Destino de la Producción de Fríjol (% producción de fríjol)</u>		
% a mercado	99 7	97 5
% a semilla	0 2	6 3
% a consumo	0 1	1 2
<u>Destino final del fríjol</u>		
<u>Comercializado (% de la producción total)</u>		
A comercio exterior	99 0	1 7
A comercio interno	1 0	98 3

FUENTE Norha R de Londoño, et al Op Cit

Tabla 5 Costos de producción, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol-Maíz (Huila-Nariño)
<u>Costo Total Variable</u>		
Promedio (\$/Ha)	8407	6931
<u>Distribución promedia del</u>		
<u>Costo Total variable</u>		
Mano de obra	25	71
Maquinaria	27	4
Pesticidas	22	1
Semilla	20	18
Otros costos	6	6
Total	100	100

FUENTE Norha R de Londoño, et al Op Cit

Tabla 6 Enfermedades más importantes en el cultivo de fríjol, Valle, Huila y Nariño, 1974-75

Enfermedades	Fríjol Solo		Fríjol Acompañado			
	Valle		Nariño		Huila	
	1a V	2a V	1a V	2a V	1a V	2a V
	----- porcentaje de fincas -----					
Roya	94	94	26	16	68	70
Mancha gris	0	3	63	53	45	55
Mancha harinosa	0	0	10	47	12	74
Mildeo polvoso	0	0	0	0	8	26
Antracnosis	0	0	37	42	50	54
Pudrición radicular	39	13	37	5	8	0
Mancha angular	74	100	32	79	27	76
Añublo bacterial	55	84	53	79	38	76
Virus	10	19	21	11	26	3
Mancha de la hoja (alternaria)	0	0	16	5	19	8

FUENTE Norha R de Londoño, et al Op Cit

Cuáles son los problemas que reducen el rendimiento de frijol en estas regiones? Las Tablas 6 y 7 indican las enfermedades e insectos identificados por los ingenieros agrónomos quienes visitaron las fincas⁷ Las enfermedades son más importantes en Huila y Nariño, especialmente antracnosis, mancha gris, mancha harinosa y mildew polvoso Antracnosis es especialmente grave y puede ser transmitida por la semilla Nótese que el uso de semilla certificada (presumiblemente semilla limpia) fué mucho más alta en Valle que en Huila y Nariño (Tabla 2) Sin embargo, los niveles de incidencia de roya, mancha angular y añublo bacterial son más altos en Valle

A pesar del uso mucho más alto de insecticidas en el Valle, no se observó ningún mejoramiento significativo en el control gráfico de Empoasca, aunque hubo mejoramiento en el control de trips El resto de los insectos no son tan importantes como los dos mencionados

Cuál es la importancia relativa de la diferencia en el uso de insumos, sistema de producción, incidencia de insectos y enfermedades en la determinación de los rendimientos en las dos áreas? (Ver Apéndice A, para una explicación de la metodología empleada para hacer estos estimativos) Las figuras 2 y 3 muestran los rendimientos promedios en cada área y el efecto de

⁷ Un grupo de ingenieros agrónomos previamente entrenados en las distintas disciplinas del programa de frijol realizan 3 a 4 visitas a las fincas durante varias etapas del período vegetativo del frijol Por observación directa del cultivo obtuvieron información acerca de problemas fitosanitarios, densidad de siembra y estado del cultivo Se tomaron muestras de suelos y por medio de conversaciones con los agricultores se obtuvieron detalles sobre el uso de insumos, problemas climatológicos, asistencia técnica, etc

Tabla 7 Insectos más importantes identificados en el cultivo de frijol, Valle, Huila y Nariño, 1974-75

Enfermedades	<u>Frijol Solo</u>		<u>Frijol Acompañado</u>			
	<u>Valle</u>		<u>Nariño</u>		<u>Huila</u>	
	1a V	2a V	1a V	2a V	1a V	2a V
----- porcentaje de fincas -----						
<u>Chupadores de follaje</u>						
Trips	39	36	68	63	81	77
Empoasca sp (adultos)	61	97	68	79	93	89
Empoasca sp (ninfas)	36	87	63	95	88	100
Afidos	32	6	37	53	51	82
Mosca blanca	62	26	47	26	47	42
<u>Minadores de la Hoja</u>						
Agromyza sp ,						
Liriomyza sp	26	42	58	32	62	51
Hamichalepus sp	0	43	47	5	65	35
<u>Comedores de follaje</u>						
Estigmene sp	13	13	0	0	1	4
Trichoplusia sp	0	55	5	0	16	34
Hedylepta sp	6	16	0	0	7	24
Crisomélidos	36	52	53	16	11	5
<u>Atacan las vainas</u>						
Heliothis sp	0	16	0	16	0	3
Trichoplusia sp	0	32	0	16	0	32
Maruca sp , Epinotia sp	0	48	0	5	0	49
Dípteros -	0	0	0	26	0	7
<u>Atacan plántulas</u>						
Tierreros	13	0	0	0	14	3
Grillos	13	0	0	0	7	0
<u>Acaros</u>						
Tetranychus sp.	0	0	0	0	23	45

FIG 3 PERDIDAS Y TIRADA EN RENDIMIENTOS DE
 FRIJOL EN EL SISTEMA FRIJOL MAIZ
 1975

Rendimiento (Kgs/H)		Pérdidas en Rendimiento (Kgs/Ha)
1164		
1150	PLANTA FRIJOL	14
1133	MATERIA ORGANICA	17
1115	LLUVIA	18
1095	PUDRICION RADICULAR	20
1073	MANCHA ANCIAR	22
1051	HILDEO POLVOSO	22
1028	ANTRACNOSIS VAINAS	23
1003	POTASIO	25
977	RASTROJO	26
944	VIRUS	33
898	EMPOASCA	46
851	TRIPS	47
800	PENDIENTE	51
	PLANTAS MAIZ	202
598		
	RENDIMIENTO ACTUAL FRIJOL HUILA FARIÑO	

remover cada uno de los factores que limitan la productividad. Los rendimientos básicos (promedios) en el Valle fueron de 905 y en las regiones de Huila y Nariño de 598 kg/ha. El factor más importante incidiendo en la reducción de los rendimientos en el Valle fué la lluvia excesiva en la etapa floración-fructificación. Le sigue en importancia las enfermedades que junto con el ataque de Empoasca, reducen los rendimientos 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 substancial⁸.

En las regiones de Huila y Nariño los factores más importantes influyendo en los rendimientos de fríjol, fueron la presencia de maíz y la topografía del lote. Al cambiar el cultivo múltiple por el monocultivo podrían incrementarse los rendimientos de fríjol en 202 kg/ha. Debido a problemas sanitarios (dos insectos chupadores y cinco enfermedades) las pérdidas estimadas en rendimientos son del orden de 213 kg/ha. Esta reducción no es muy grande debido al bajo nivel de incidencia lo cual será discutido posteriormente. Problemas de fertilidad del suelo, los cuales no fueron encontrados en Valle bien por sus mejores suelos o por un alto uso de fertilizantes, sí fueron encontrados en las regiones de Huila y Nariño.

La Tabla 8 indica los efectos debidos a cada factor si el área de fríjol de cada finca estuviera totalmente afectada. Por ejemplo, se encontró que el 56 por ciento del área en fríjol de

^{8/} La totalidad de los agricultores de Valle usaron fungicidas y 87 por ciento usaron insecticidas.

Tabla 8 Pérdidas en rendimiento y en producción de frijol debidas a factores seleccionados Frijol Solo (Valle), 1974 (segundo semestre)

Variable	Pérdidas en lote totalmente afectado (kg/ha)	Porcentaje del área afectada (%)	Pérdidas promedias en rendimientos		Pérdidas en producción (ton)	Valor pérdidas US\$ ^b (1000)
			Kg/ha	% ^a		
Lluvia	416	42	175	16.2	2168	1192
Roya	307	56	172	16.0	2130	1171
Añublo bacterial	total	12	137	13.1	1697	933
Empoasca kraemeri	315	35	110	10.8	1362	749
Mancha angular	538	15	81	8.2	1003	552
Semilla certificada	186	41	76	7.7	941	517
Costos variables	18	100	18	1.9	223	123
Población de plantas	14	100	14	1.1	173	95

a/ El porcentaje se determinó en base a rendimientos promedios estimados más la pérdida debida a cada factor en particular (Ver Apéndice A)

b/ A US\$550 la tonelada

FUENTE Per Pinstrup-Andersen, Norha R de Londoño and Mario Infante
"A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops"
PANS 22(3), p 359-365

Tabla 8 Pérdidas en rendimiento y en producción de frijol debidas a factores seleccionados Frijol Solo (Valle), 1974 (segundo semestre)

Variable	Pérdidas en lote totalmente afectado (kg/ha)	Porcentaje del área afectada (%)	Pérdidas promedias en rendimientos		Pérdidas en producción (ton)	Valor pérdidas US\$ ^b (1000)
			Kg/ha	% ^a		
Lluvia	416	42	175	16 2	2168	1192
Roya	307	56	172	16 0	2130	1171
Añublo bacterial total		12	137	13 1	1697	933
Empoasca kraemerii	315	35	110	10 8	1362	749
Mancha angular	538	15	81	8 2	1003	552
Semilla certificada	186	41	76	7 7	941	517
Costos variables	18	100	18	1 9	223	123
Población de plantas	14	100	14	1 1	173	95

a/ El porcentaje se determinó en base a rendimientos promedios estimados más la pérdida debida a cada factor en particular (Ver Apéndice A)

b/ A US\$550 la tonelada

FUENTE Per Pinstrup-Andersen, Norha R. de Londoño and Mario Infante
"A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops"
PANS 22(3), p 359-365

Tabla 9 Pérdidas en rendimientos y en producción de frijol debidas a factores seleccionados Frijol-Maíz (Huila y Nariño), 1975 (segundo semestre)

Variable	Pérdidas en lote totalmente afectado (kg/ha)	Porcentaje del área afectada (%)	Pérdidas promedias en rendimientos kg/ha ^a		Pérdidas en producción (ton)	Valor pérdidas US\$ ^b (1000)
Presencia de maíz	202	100 0	202.2	25 2	4650	2132
Topografía	83	62 0	51 1	7 9	1176	593
Trips	187	25 0	46.8	7 2	1078	494
Empoasca	^c	100 0	45.8	7 1	1054	483
Virus	539 ^d	32 0	33 2	5 2	763	349
Potasio	92	28 0	25 4	4 1	584	268
Lote no cultivado anteriormente	62	39 0	24 9	4 0	572	262
Antracnosis	484	4 7	22 7	3 6	521	239
Mildeo	total	3 4	21.7	3 5	500	229
Pudrición radicular	total	2 1	20 1	3 2	463	212
Mancha angular	total	0 5	19 7	3 2	454	208
Lluvia inadecuada	58	31 5	18 3	3 0	421	193
Materia orgánica	63	27 0	17 0	2 7	387	177
Población plantas de frijol	14	100 0	14 2	2.3	327	150

a/ El porcentaje se calcula en base al rendimiento promedio estimado más la pérdida debida a cada factor. (Ver Apéndice A)

b/ Se estima a un precio de US\$458/ton (\$30 pesos colombianos por cada US\$)

c/ No se puede definir qué es un lote totalmente afectado de Empoasca

d/ No fué posible en la función estimar pérdidas en lote totalmente afectado de virus. La variable usada únicamente considera si hubo o no incidencia de la enfermedad. El dato que aparece es tomado de resultados experimentales de inoculaciones artificiales. Ver CIAT, Informe Anual 1975, Cali, Colombia p C-42

FUENTE CIAT, Informe Anual 1976, Cali, Colombia (en proceso)

la región estaba afectada por roya, y se estima que en esta área afectada las pérdidas en rendimientos son del orden de 307 kg/ha⁹. Añublo bacterial y mancha angular se encontraron afectando solamente el 12 y 15 por ciento del área respectivamente, sin embargo, una infección generalizada de cada uno de estos dos factores hubiera sido devastadora. Por otra parte, las fincas atacadas por Empoasca representan un 35 por ciento del área en frijol. En las fincas donde no se obtuvo control de Empoasca tuvieron una reducción en rendimientos de 315 kg/ha. En cerca del 60 por ciento del área se utilizó semilla certificada y en aquellas fincas donde no se utilizó, sufrieron una reducción en el rendimiento de 186 kg/ha. El incremento en el uso de insumos y en la población de plantas muestran un pequeño efecto sobre los rendimientos en Valle comparado con los efectos de Empoasca y las enfermedades.

La Tabla 8 muestra también los estimativos del valor total de las pérdidas debidas a cada factor. Asumiendo que la muestra es representativa de la región, se multiplican las pérdidas promedio en rendimiento de la muestra por el número total de hectáreas en frijol en la región (12 338 has en el Valle en el segundo semestre de 1974) obteniéndose así las pérdidas en producción. Estas multiplicadas por el precio del frijol (US\$550/ton) dan el valor total de las pérdidas.

La difusión de una variedad resistente a roya podría haber incrementado el valor de la producción en el Valle en el segundo

^{9/} Mayor información se encuentra en el Apéndice de Metodología

semestre de 1974 en cerca de 1 2 millones de dólares¹⁰ 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 frijol se hubiera incrementado en unos 375 000 dólares Si se difundiera semilla certificada en toda la región, ello implicaría un aumento en el valor de la producción de US\$517 000

En las regiones de Huila y Nariño la reducción más seria en el valor de la cosecha se debe al cultivo múltiple Este valor es de 2 1 millones de dólares El precio del maíz es comparativamente bajo, sin embargo, la comparación de rendimiento entre las dos regiones en términos de frijol equivalente no fué muy diferente En ambas regiones las enfermedades y los insectos tuvieron un gran efecto sobre los rendimientos tal que una comparación del potencial de los dos sistemas se dificulta¹¹

Aquellas fincas frijoleras situadas en terrenos pendientes sufrieron una reducción en rendimiento de sólo 83 kg/ha Trips y Empoasca tienen un efecto más fuerte Si la combinación de fumigaciones y variedades tolerantes a Empoasca hubiera permitido reducir las pérdidas en rendimiento de Trips y Empoasca en un 50 por ciento entonces el valor de la producción en el segundo semestre de 1975 en las regiones de Huila y Nariño, se hubiera incrementado en US\$483 000

¹⁰ Las variedades caraotas (negras) mejoradas, ICA-Tui e ICA-Pijao, son muy susceptibles a roya

¹¹ El autor está agradecido con el Dr Douglas Laing por ésta observación

La incidencia de virus en el 32 por ciento de la región de Huila-Nariño fué alta. Basados en rendimientos experimentales y datos de campo, altos niveles de infestación de virus conllevan a reducciones de rendimiento de 539 kg/ha. La semilla resistente a virus hubiera podido incrementar el valor de la producción de frijol en el segundo semestre de 1975 en 349 000 dólares en las regiones de Huila y Nariño. Las otras cuatro enfermedades encontradas muestran un nivel de incidencia bajo en proporción al total del área. Sin embargo, en condiciones de alta incidencia todas las cuatro enfermedades pueden ser desastrosas. Aún cuando el nivel de incidencia fué bajo, el valor de las pérdidas de estas cuatro enfermedades ascendió a 888 000 dólares. Resistencia a antracnosis en fincas con alta incidencia puede incrementar rendimientos en 484 kg/ha, y el efecto de esta enfermedad con un nivel de incidencia bajo, en la región de Huila-Nariño fué calculado en 239 000 dólares.

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 substanciales. 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 substancialmente reducidos con semilla limpia. Un control parcial de roya, antracnosis, mancha angular y Empoasca puede obtenerse con fumigación, sin embargo, aplicaciones frecuentes pueden ser requeridas si se

presentan lluvias fuertes o ataques graves¹²

No hubo diferencias significativas en los rendimientos de fríjol equivalente en las dos regiones. Aún con variedades mejoradas y un alto uso de insumos en el Valle, la falta de resistencia a enfermedades y Empoasca fué crítica. Si el fríjol negro en el Valle del Cauca hubiera tenido resistencia a roya, añublo bacterial y Empoasca entonces los rendimientos hubieran sido de 1324 kg/ha, substancialmente más alto que los rendimientos de fríjol equivalente de Huila y de Nariño.

En Huila-Nariño el cambio a monocultivo hubiera incrementado los rendimientos en un 34 por ciento. Lotes de fríjol en suelos pendientes mostraron sólo una pequeña reducción en los rendimientos. Hubo muchas enfermedades en las dos regiones (Huila-Nariño) pero los niveles de incidencia fueron bajos excepto para virus, el cual afectó una tercera parte del área. Cualquiera de estas enfermedades 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 sólo captan un semestre de la producción. En el futuro el clima será diferente y la incidencia de insectos y enfermedades será mayor o menor. Para un mejor entendimiento de los riesgos asociados a la producción de fríjol, se requiere un conocimiento de la probabilidad asociada con diferentes niveles de incidencia o infestación de cada enfermedad e insecto. Esto requeriría obser-

^{12/} El autor está agradecido con los dos patólogos del equipo de fríjol del CIAT por esta información.

aciones durante varios meses en de la producción

Segundo, los efectos de nuevas variedades con semilla limpia o variedades resistentes, son probablemente multiplicativos, no aditivos. Por ejemplo, una planta más tolerante a Erpoasca 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 verse afectada por otras enfermedades o insectos. Los valores de tolerancia y resistencia para los varios insectos y enfermedades podrían estar siendo subestimados por causa de esto.

APENDICE A

METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE EFECTOS 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 se esperaba estuvieran incidiendo en ellos, tales como sistema de siembras, calidad de semilla, características físicas y químicas del suelo, plagas, enfermedades, malezas, topografía del lote y uso de fertilizantes, pesticidas, y habilidad empresarial del propietario. La función utilizada es de la siguiente forma

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

donde

Y = Rendimiento de frijol

X_1, X_2, \dots, X_N Factores que influyen en los rendimientos

Diferentes medidas de la intensidad y/o incidencia de cada factor fueron provistos por la información de campo. 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 las dos regiones 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 validez de las variables explicatorias. Los coeficientes de regresión obtenidos se presentan en las tablas A1 y A2. Las variables seleccionadas se describen posteriormente.

Una vez obtenidos los coeficientes de regresión, que cuantifican el impacto en el rendimiento debido a cada unidad de factor se estimaron las pérdidas en rendimiento y en producción, tal como se detalla a continuación

1 Pérdidas en rendimiento para un área totalmente afectada

Este estimativo permite conocer el impacto potencial de cada variable dadas las condiciones máximas de incidencia ó de intensidad que se pueden presentar. Así por ejemplo para el caso de roya en Valle se tiene que el coeficiente de regresión es de -3.07. Esta variable fué medida como porcentaje del lote afectado¹ (Ver descripción de las variables). Entonces por cada uno por ciento de lote afectado los rendimientos se reducen en 3.07 kg/ha. Si la totalidad del lote estuviera afectado (con la intensidad descrita), las pérdidas serían del orden de 307 kg/ha.

2 Pérdidas promedios en rendimiento para la muestra

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

$$\% \text{ de área totalmente afectada} = \frac{\left\{ \text{de área en frijol afectada en cada finca} \right\}}{\left\{ \text{de área en frijol de la muestra} \right\}}$$

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

$$\frac{\text{Pérdidas en Porcentaje}}{\text{Pérdidas debidas a cada factor (kg/ha)}} = \frac{\text{Rendimientos promedios} + \text{Pérdida debida a c/factor}}{\text{Rendimientos promedios} + \text{Pérdida debida a c/factor}}$$

^{1/} O sea número de plantas afectadas/plantas totales. No se hace referencia al grado de infección de cada planta. Vale decir a la intensidad fllor en razón a que esta fué similar en todas las fincas del Valle.

asumiendo que la muestra en la región se tomaron las pérdidas promedio debido a cada factor y se multiplica por el área estimada en frijol para cada región. En el caso de Valle el área en frijol fué de 12380 Has², y el área en frijol-maíz en Huila y Nariño fué 23 000 Has³

4 Pérdidas en valor

Conocidas las pérdidas en producción debidas a cada factor, se multiplica por el precio de frijol a nivel de productor en la época a que hace referencia el estudio⁴. De ésta forma se estima el valor total de las pérdidas debidas a cada factor. El precio utilizado fué de US\$550/ton para frijol caraota y US\$458/ton para frijol rojo. Al utilizar los precios existentes en el momento de la encuesta, se está asumiendo que la cantidad adicional producida (debido a la corrección de factores que afectan los rendimientos) no va a impactar 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 sobrestimado por cuanto es de esperar que la oferta adicional conlleve a alguna reducción de precio. Estimativo en este sentido podría hacerse conociendo la elasticidad precio de la demanda para frijol pero esto aún no se ha hecho.

DESCRIPCION DE VARIABLES SELECCIONADAS

1. VARIABLES FUNCION DE PRODUCCION FRIJOL VALLE

Y = producción de frijol por hectárea.

2/ Semestre B-74

3/ Semestre A-75

4/ El precio usado es el promedio de los precios recibidos por el agricultor en la cosecha estudiada.

- 1 = lluvia, floración-fructificación (variables simulada)
Se obtuvo a partir del concepto del agricultor, sobre la precipitación durante esta etapa del cultivo
- 1 = precipitación suficiente
0 = precipitación excesiva o deficiente
- X₂ = población de plantas por hectárea, cuantificadas al momento de la primera visita o sea en la etapa anterior a la floración
- X₃ = costos variables (\$/ha) No incluye cosecha y beneficios
- X₄ = calidad de la semilla (variable simulada)
1 = semilla certificada
0 = semilla no certificada
- X₅ = Roya (% del lote afectado)
- X₆ = Mancha angular (% del lote afectado)
- X₇ = Añublo bacterial (% del lote afectado)
- X₈ = Empoasca ninfa (variable simulada)
1 = ausencia de Empoasca
0 = presencia de Empoasca

Además de las variables anotadas se probaron otras que no presentaron influencia en los rendimientos en forma significativa, en los modelos ajustados. Ellas fueron

- Fósforo (p p m) - Obtenida del análisis de suelos
- Boro (simulada)
1 = aplicó boro
0 = no aplicó boro
- Asistencia técnica (simulada)
1 = recibió asistencia técnica
0 = no recibió asistencia técnica

nocturno

1 = ausencia de insectos

0 = presencia de insectos

- lluvia (variable simulada) - Probanda para varias etapas del período vegetativo

2 VARIABLES FUNCION DE PRODUCCION FRIJOL-MAÍZ (HUILA-NARIÑO)

Y = producción de frijol por hectárea dentro del sistema frijol-maíz

X₁ = lluvia, floración-fructificación (variable simulada)

1 = suficiente

0 = excesiva o deficiente

X₂ = población de plantas de frijol 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 frijol (no incluye semilla de maíz y frijol, ni siembra de maíz tampoco cosecha y beneficio)

X₅ = Virus - ataque observado en la etapa prefloración (variable simulada)

X₆ = Trips - % del lote afectado Ataque observado en la etapa prefloración

X₇ = Mancha angular - % de área foliar afectada* Esta se estima en base al nivel de incidencia

X₈ = Mildew polvoso Ataque observado en la etapa floración-fructificación - % del área foliar afectada*

X₉ = Antracnosis en vainas - % de vainas atacado

X₁₀ = Pudrición radicular - % de lote afectado

X₁₁ = Empoasca ninfas - ataque observado en la etapa floración-fructificación

X₁₂ = Fósforo (p p m) Obtenido del análisis de suelos

* % área foliar afectada = (% de lote afectado) (% de cada planta a ...)

X_{13} = Potasio (variable simulada) Obtenida del análisis del suelo

1 = mayor o igual a 0.3 meq/l

0 = menos de 0.3 meq/l

X_{14} = Materia orgánica (variable simulada) Obtenida del análisis de suelos

1 = mayor o igual a 3%

0 = menos de 3%

X_{15} = Pendiente del lote (variable simulada)

1 = plano

0 = no plano

X_{16} = Suelo no cultivado en la cosecha anterior

1 = no cultivado

0 = cultivado en la cosecha anterior

Otras variables fueron probadas, pero no presentaron influencia en los rendimientos en forma significativa en los modelos ajustados. Ellas fueron

- Calidad del suelo (variable simulada)

1 = suelo bueno

$5.5 > \text{pH} < 7.5$

$p > 15 \text{ ppm}$

$5.5 < \text{pH} < 7.5$

$p < 15 \text{ ppm}$

- Enfermedades: roya, bacteriosis, mancha gris, bien como variables simuladas o bien como variables continuas

- Lluvia en diferentes etapas del período vegetativo

Tabla A1 Coefficientes de Regresión Función Frijol - Valle

Variable	Coefficiente de regresión	Unidad	Nivel de significancia
X ₁ lluvia	416.4	Dummy	0.99
X ₂ población plantas	4.87x10 ⁷	\$/ha	0.84
X ₂ ² (población planta) ²	5.51x10 ⁻⁹		0.80
X ₃ costos variables	0.1382	\$/ha	0.85
X ₃ ² (costos variables) ²	-4.38x10 ⁻⁶	-	0.66
X ₄ semilla certificada	185.90	Dummy	0.78
X ₅ roya	-3.07	% área afectada	0.81
X ₆ mancha angular	-5.38	% área afectada	0.89
X ₇ añublo bacterial	-11.43	% área afectada	0.99
X ₈ Empoasca ninfa	315.19	Dummy	0.95

R ² = 0.81
\bar{Y} = 905 kg/ha
Número de observaciones = 30

Tabla A2 Coefficientes de Regresión Frijol-Maíz (Huila-Nariño)

Variable	Coefficiente de Regresión	Unidad	Nivel de Significancia
X ₁ lluvia	58 1	Dummy	0 84
X ₂ plantas de frijol	3 1	miles/ha	0 83
X ₂ ² (plantas de frijol) ²	-0 008	(miles/ha) ²	0 74
X ₃ plantas de maíz	-11 3	miles/ha	0 99
X ₄ costos variables	0 067	\$/ha	0 99
X ₅ virus ¹	-104 6	Dummy	0 99
X ₆ Trips	-1 9	% del lote	0 98
X ₇ Mancha angular	-45 9	% área foliar	0 99
X ₈ Mildew polvoso	-6 4	% área foliar	0 99
X ₉ Antracnosis - vainas	-4 8	% vainas	0 98
X ₁₀ pudrición radicular	-8 7	% del lote	0 99
X ₁₁ Empoasca	-0 1	miles/ha	0 99
X ₁₂ Fósforo	0 013	ppm	0 05
X ₁₃ Potasio	92 3	Dummy	0 96
X ₁₄ Materia orgánica	63 2	Dummy	0 83
X ₁₅ pendiente del lote	82 5	Dummy	0 94
X ₁₆ suelo no cultivado anteriormente	-63 7	Dummy	0 90
R ² = 0 64			
Ȳ = 598 kg/ha			
Numero de observaciones = 88			

1/ Puede ser mosaico común o mosaico rugoso No fué posible su identificación en el campo