

# COMBATE DE ENFERMEDADES FOLIARES EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) MEDIANTE EL USO LIMITADO DE FUNGICIDAS. 1\*

Luis C. González\*\*, Ricardo Gutiérrez\*\*\*, Félix Cascante y Enrique Portilla\*\*\*\*

## ABSTRACT

The control of foliar diseases of bean (*Phaseolus vulgaris*) by limited fungicide applications. The efficiency of fungicidal control of foliar diseases of bean with only two, three or four applications of fungicides was evaluated during two rainy seasons. Five tests were run in Alajuela, Costa Rica, using bean varieties Mexico-80, Turrialba-4, or both. Rust ("R", *Uromyces phaseoli*) and angular leafspot ("AL", *Isariopsis griseola*) were prevalent in all tests. Several organic, residual fungicides (mancozeb, captafol, metiram) gave adequate control of both diseases; copper hydroxide gave control of AL but was phytotoxic; benomyl controlled AL very well but had no effect against R; oxycarboxin gave excellent control of R but none of AL; chlorothalonil controlled AL well, but R only partially; wettable sulphur gave poor control of both. Mixtures of products had an additive effect. Disease control delayed defoliation by one or two weeks and brought about yield increases of up to 200%, the magnitude of these increases depending upon the severity of foliar diseases (which in turn depended upon humidity), as well as soil and root conditions. AL had a higher correlation with yield reduction than R. The application of residual fungicides during the rainy season, 20, 30 and 40 days after planting, is considered profitable, provided the fields show high yield potential.

## INTRODUCCION

Casi todo el frijol producido en Costa Rica proviene de siembras hechas en la época lluviosa, principalmente al final de la misma (siembras de postrera). Las lluvias frecuentes y la alta humedad relativa favorecen varias enfermedades fungosas del follaje, que en conjunto causan pérdidas muy serias en toda la producción nacional de este grano.

Las más frecuentes de estas enfermedades son la roya, causada por *Uromyces phaseoli* var *typica* Arth. y la mancha angular, causada por *Isariopsis griseola* Sacc.; también se presenta a menudo la telaraña (*Thanatephorus cucumeris* (Dowk) Flentje), la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) [ Sacc. & Magn. ] Scrib) y ocasionalmente la mancha blanca, (*Chaetoseptoria wellmanii* Stevenson), el mildiu veloso (*Phytophthora phaseoli* Thaxt.) y la mancha *Ascochyta* (*Ascochyta boltshauseri* Sacc.); en períodos relativamente secos puede tener importancia el mildiu polvoso (*Erysiphe polygoni* D.C.) (7).

Son tantas las enfermedades y tan variables los patógenos que es casi imposible el control general por resistencia; sólo se dispone de variedades tolerantes, y estas pueden ser severamente afectadas bajo ciertas condiciones ambientales (2,11). La rotación de cultivos y el uso de semilla sana sólo son eficaces contra algunas enfermedades (2,8,11) y en

1 Recibido para su publicación el 15 de marzo de 1977.

\* Incluye datos de las tesis de Ingeniero Agrónomo del segundo y tercer autor.

\*\* Fitopatólogo, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

\*\*\* Actualmente supervisor de Plaguicidas, FERTICA, San José, C.R.

\*\*\*\* Asistente de campo, Estación Experimental Fabio Baudrit, Fac. de Agronomía, U.C.R.

Costa Rica aún son difíciles de implementar. Contra enfermedades como roya, mancha angular, y en ocasiones telaraña, la aplicación de fungicidas resulta el método más confiable de combate.

En Costa Rica, los fungicidas han sido muy poco usados en frijol; esto es debido, en parte, a la incertidumbre de que su uso sea económicamente viable, ya que el frijol se considera un cultivo poco remunerativo (2,5,8), y en parte a la baja capacidad de tecnificación de la mayoría de los agricultores que producen este grano. En años recientes, sin embargo, se ha hecho evidente la necesidad de incrementar la producción nacional de frijol, y se considera que esto puede lograrse mediante la garantía de precios de venta adecuados, así como asistencia técnica dirigida a mejorar la semilla utilizada y los métodos de cultivo. Bajo estas condiciones, es posible que el uso de fungicidas sea eficaz y remunerativo, como ya se ha demostrado en varios países tropicales en el control de la roya por sí sola (3,4,6,9,10).

En 1968 se hizo una prueba preliminar, en Alajuela (González, L.C. Evaluación del uso de fungicidas en frijol; informe a la Estación Experimental, sin publicar 1968). El fungicida ditiocarbámico mancozeb, varias enfermedades e hizo aumentar el rendimiento lo suficiente como para cubrir el costo, relativamente elevado, de su aplicación; el oxiclورو de cobre también redujo la defoliación pero no aumentó el rendimiento, lo que sugirió cierta fitotoxicidad del cobre. Estos resultados indicaron que se debía reducir el costo y aumentar la eficacia de los fungicidas. La presente investigación tuvo como objetivo probar, bajo diferentes situaciones, si el uso de esos y otros fungicidas, programados de la manera más económica posible, redundaría en un incremento de cosecha suficientemente cuantioso como para justificar su uso. El trabajo se realizó en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, en Alajuela; se hicieron dos pruebas en 1974 y tres en 1975, así como una prueba demostrativa, a escala semicomercial, en 1975.

## MATERIALES Y METODOS

*Localización.* La Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit está situada a 840 m de altura, tiene temperaturas mínima y máxima promedio de 18 y 28 C, respectivamente, y una precipitación promedio anual de 1900 mm, con un período

de seco de 5 meses; la zona es climatológicamente similar a las principales áreas frijoleras del país. Durante todas las pruebas hubo frijolares cercanos, tanto en la misma Estación como en fincas vecinas, lo que garantizó un nivel natural de inóculo primario; no se hicieron inoculaciones.

*Epocas de siembra.* Las siembras se hicieron en la primera parte de la época de lluvias, de mayo a agosto (invierno), o bien al final, de setiembre u octubre a diciembre o enero (postrera). La precipitación total ocurrida en estos períodos se indica en los cuadros de resultados de cada prueba.

*Varietades.* Las variedades utilizadas fueron las de uso más corriente en la región en estos años; México-80, de grano rojo, y Turrialba-4, de grano negro; ambas tienen alguna tolerancia a las principales enfermedades fungosas, pero pueden ser severamente atacadas bajo condiciones de mucha lluvia.

*Fungicidas.* Los siguientes productos fueron evaluados: 1) Dithane M-45 (80% mancozeb, un producto de coordinación del ión zinc y bisditiocarbamato de etileno de manganeso); 2) Kocide 101 (85% hidróxido de cobre); 3) Difolatan (80% captafol, N-tetracloroetiltilio-4-ciclohexeno-1,2 dicarboximida); 4) Benlate (50% benomil, metil-carbamato de 1-butilcarbamil 2-benzimidazol); 5) Daconil 2787 (75% clorotalonil, tetracloroisofaltonitrilo); 6) Polyram (80% metiram, disulfuro de polietilentiuram); 7) Plantvax (75% oxicarboxin, 5,6-dihidro-2-metil-1,4-oxatiino-3-carboxanilida-4,4-dióxido); 8) Azufural (80% azufre coloidal). Todos se usaron como polvo mojable.

*Diseño y tratamientos.* Se sembraron parcelas de 18 m<sup>2</sup>, con 6 hileras de 5 m a 60 cm entre sí y con la semilla a 5-10 cm en la hilera. La parcela útil consistió de los 3 m y las 2 hileras centrales (3.60 m<sup>2</sup>). Se compararon diferentes fungicidas o mezclas de los mismos, y un testigo sin fungicida por variedad; los productos usados en cada prueba se indican en los cuadros de resultados. En todas las pruebas se incluyó mancozeb, en forma de 3.6 g de Dithano M-45 por litro (3 lb/100 gal), como tratamiento control. Se usó un diseño de bloques aleatorios con cinco repeticiones.

*Epocas de aplicación.* Cuando se probaron cuatro aplicaciones por fungicida, éstas se hicieron a los 20, 30, 40 y 50 días después de la siembra, con una excepción que se indica así. Cuando se probaron

tres, se hicieron a los 20, 30 y 40 días, y cuando se probaron sólo dos, a los 20 y 40 días. Los intervalos de diez días se escogieron en base a la persistencia promedio estimada de los fungicidas residuales (protectores), a la frecuencia de producción de nuevas hojas en plantas jóvenes de frijol y a la duración promedio del ciclo de la roya y de la mancha angular. También se tomó en cuenta que de la séptima semana en adelante es muy difícil hacer atomizaciones en un frijolar normal sin dañar las plantas.

**Dosis y aplicación.** La concentración de las suspensiones de fungicidas, indicada en los cuadros, fue la recomendada por cada fabricante para atomización a alto volumen. Se añadió el adherente-esparsador Nu-Film 17 al 0.15%. La atomización se hizo con bombas manuales de espalda con boquilla cónica, cubriendo completamente las plantas hasta el inicio del goteo en las hojas. Se usó una pantalla protectora para evitar dispersión del fungicida entre parcelas. Se determinó el volumen de suspensión de

fungicida gastado por hectárea, por aplicación; dependiendo del tamaño de las plantas, se gastaron de 1200 a 1600 l/ha por aplicación.

**Evaluación de enfermedades.** Para la evaluación de la severidad de las principales enfermedades, se hicieron conteos de lesiones foliares a los 50-55 días de edad (que corresponde al inicio de la formación de vainas). En la primera prueba se usó una escala arbitraria de 1 a 4; en las restantes se contó el número de pústulas de roya en la tercera hoja expandida (de arriba hacia abajo) del eje principal de la planta, y el número de lesiones de mancha angular en la cuarta hoja de la misma planta (Fig. 1); se muestrearon 10 plantas de cada parcela útil. En las pruebas en que se presentó telaraña, las lesiones se contaron en la cuarta hoja. Las otras enfermedades que se presentaron no tuvieron una distribución suficientemente uniforme como para ser evaluadas. El grado de defoliación se evaluó a los 65-70 días en forma visual.



Fig. 1. Hojas 3 y 4 del eje principal de una planta de frijol utilizadas para evaluar la severidad de roya (R) y mancha angular (MA), respectivamente. El número de pústulas o lesiones en la hoja correspondiente es representativo a todas las hojas.

*Evaluación de rendimiento.* La cosecha se hizo cuando el 50% de las vainas estaban secas; no fue simultánea en todos los tratamientos, porque los fungicidas más eficaces retrasaron la maduración en una o dos semanas. Se determinó el número de vainas en una muestra de 10 plantas, el peso en grano seco por parcela útil y el peso de 100 granos muestreados al azar.

*Análisis estadístico.* Los datos de severidad de enfermedades y de los componentes del rendimiento se analizaron estadísticamente y se determinó la significancia de sus diferencias en base a la prueba de Duncan; en las tres pruebas hechas en 1975 se determinó la correlación entre los componentes del rendimiento y cada una de las principales enfermedades, tomando cada parcela como una unidad independiente de muestreo.

*Análisis económico.* Se determinó el costo real de aplicación de cada tratamiento por hectárea (en base a un precio de ₡ 3.70 por hora-hombre), así como el costo del producto comercial aplicado (en base a los precios de 1976); la suma de ambos se consideró el costo del tratamiento. El beneficio del mismo se obtuvo en base a la diferencia en rendimiento entre cada tratamiento y su testigo, dándole al grano seco un precio de ₡ 5.00/kg, que fue el precio de sustentación de 1976. La relación beneficio adicional/costo adicional, se presenta en los cuadros de resultados para indicar lo remunerativo de cada tratamiento.

#### Prueba No. 1 (mayo-agosto 1974)

En esta prueba se evaluó el efecto de mancozeb y cobre, solos y en combinación, en contraste con otro fungicida residual (captafol) y con uno sistémico (benomil). Las aplicaciones se hicieron con intervalos de 12 días a partir de los 18 días de la siembra. Se utilizaron las variedades México-80 y Turrialba-4. Los tratamientos y los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Las lluvias fueron considerables (576 mm) y bien distribuidas; hubo ataques medianamente severos de roya y de mancha angular. De nuevo, mancozeb dio un control aceptable de ambas enfermedades, si bien sin marcadas diferencias con captafol; la sustitución de la mitad de las dosis de mancozeb por media dosis de hidróxido de cobre (Kocide 101)

no afectó su efectividad ni tuvo efecto fitotóxico detectable. Sin embargo, el uso del cobre solo, a dosis completa, tuvo un ligero efecto fitotóxico, además de que dio un control relativamente pobre de las enfermedades. Benomil dio buen control de la mancha angular pero relativamente pobre de la roya; sin embargo, ésta aparentemente tuvo menor efecto que la mancha angular en el rendimiento.

Los dos tratamientos con mancozeb fueron los más remunerativos; captafol y benomil, debido a su precio elevado, dieron menos ganancia; el hidróxido de cobre solo no aumentó el rendimiento lo suficiente para cubrir su costo, dejando un balance económico negativo.

#### Prueba No. 2 (setiembre-diciembre 1974)

Esta prueba se hizo en el mismo terreno que la anterior; su principal objetivo fue evaluar el efecto, de un nivel elevado de inóculo primario sobre la acción fungicida; la fuente de ese inóculo fueron los residuos de la siembra cosechada apenas mes y medio antes, y su infectividad fue favorecida por las condiciones lluviosas de esa época. Se evaluaron también dos nuevos fungicidas residuales orgánicos, clorotalonil y metiram, y uno sistémico, oxicarboxin, que es específico contra la roya y se usó con la intención de medir el efecto de controlar únicamente esta enfermedad, permitiendo el desarrollo de las demás; se hicieron solo dos aplicaciones de oxicarboxin, y cuatro de los demás.

Se sembraron las variedades México-80 y Turrialba-4. Sin embargo, entre los residuos de la siembra anterior quedó un alto nivel de inóculo de *Fusarium solani* f. *phaseoli* Snyder & Hans., que causa la pudrición radical, y que afectó con mucho mayor severidad a Mex-80, hasta el punto de que esta variedad tuvo que eliminarse del ensayo. La variedad Turrialba-4 creció y produjo cosecha, pero esta fue reducida, como se observa en el Cuadro 2.

El nivel de enfermedades foliares se determinó mediante el conteo de lesiones. Clorotalonil dio buen control de mancha angular pero no tuvo efecto sobre roya. Mancozeb y metiram controlaron bien ambas enfermedades. Oxicarboxin dio un excelente control de roya pero ninguno de mancha angular. A pesar de los marcados contrastes entre tratamientos en cuanto al desarrollo de las dos enfermedades, no es posible determinar con precisión el efecto de cada

Cuadro 1. Efecto de cinco tratamientos fungicidas aplicados a las variedades México-80 y Turrialba-4, durante la prueba de mayo a agosto de 1974 - Precipitación en el período, 576 mm.

Tratamientos			Severidad de enfermedades*		Defoliación ***	Rendimiento* (kg/ha)	Relación beneficio /costo adicionales ****
Nombre genérico	Producto y dosis (g/l)	No. de aplicaciones	Roya **	Mancha angular **			
1	Mancozeb Dithano M-45 (3.6)	4	1.8	0.2	0.6	1916 a	1.9
2	Mancozeb + Hidróx. de Cu	4	2.2	1.0	1.1	1913 a	1.9
3	Captafol Difolatan (3.6)	4	2.2	0.7	1.2	1871 a	1.4
4	Benomil Benlate (1.2)	2	2.4	0.6	1.5	1789 a	2.0
5	Hidróxido de cobre Kocide 101 (4.8)	4	2.6	1.6	2.2	1559 b	--
6	Testigo sin fungicida	--	2.8	2.4	3.6	1444 b	--
Promedio de los 6 tratamientos en México-80			2.37 (ns)	0.83 (+)	1.42	1902 (++)	
Promedio de los 6 tratamientos en Turrialba-4			2.30	1.30	1.94	1595	

\* Las primeras seis líneas se refieren al promedio de las dos variedades para cada tratamiento.

\*\* Evaluada a los 55 días de la siembra, en base a una escala visual de 0 a 4.

\*\*\* Evaluada a los 64 días de la siembra, en base a una escala visual de 0 a 4.

\*\*\*\* (Valor del incremento en rendimiento sobre el testigo)/(costo del producto y de su aplicación).

(+) (++) Diferencias entre variedades significativas; (ns) no significativas.

uno en el rendimiento, por cuanto este fue reducido en forma general por la pudrición radical. Sin embargo, es evidente que la mancha angular fue por lo menos tan importante como la roya en cuanto a reducción de cosecha. Bajo estas condiciones, de desarrollo radical deficiente, el control de las enfermedades del follaje sólo produjo un moderado aumento en rendimiento; si bien este fue suficiente para cubrir los costos de la aplicación de clorotalonil y dejar un ligero margen de ganancias, con los demás tratamientos el aumento en rendimiento fue de valor casi igual a los costos.

nómicas favorables, el efecto de dos fungicidas residuales de acción general en contraste con el de dos sistémicos específicos; estos últimos se usaron solos y en mezcla (Cuadro 3). Se utilizó un terreno que no había tenido frijol en dos años, y semilla reciente, producida en verano, de México-80 y Turrialba-4.

Las lluvias fueron abundantes durante el período de crecimiento (672 mm); el desarrollo de las plantas fue vigoroso, y el ataque de roya y mancha angular bastante severo; lo cual resultó en diferencias marcadas entre los tratamientos. Las dos enfermedades en conjunto fueron el principal factor limitante en la producción, y el buen control logrado con algunos tratamientos permitió aumentos marcados en el rendimiento, dando una idea bastan-

Prueba No. 3 (mayo-agosto 1975)

En esta prueba se evaluó, bajo condiciones agro-

Cuadro 2. Efecto de cuatro fungicidas aplicados a la variedad Turrialba-4 durante la prueba de setiembre-diciembre de 1974 - Precipitación en el período, 415 mm.

Nombre genérico	Tratamientos		Severidad de enfermedades		Defoliación ***	Rendimiento kg/ha	Relación beneficio/costo adicional ****
	Producto y dosis (g/l)	No. de aplicaciones	Roya *	Mancha angular **			
1 Clorotalonil	Daconil (1.2)	4	50.2 c	6.6 a	1.2	1022 a	1.3
2 Mancozeb	Dithane M-45 (3.6)	4	22.1 b	6.5 a	1.0	972 ab	---
3 Metiram	Polyram (3.6)	4	28.8 bc	15.0 a	1.4	963 ab	---
4 Oxicarboxin	Plantvax (1.2)	2	0.05 a	44.4 b	2.0	958 ab	---
5 Testigo sin fungicida		—	35.2 c	33.8 b	2.6	726 b	---

\* Número de pústulas en la hoja 3 de arriba hacia abajo, a los 51 días de la siembra.

\*\* Número de manchas en la hoja 4 de arriba hacia abajo, a los 51 días de la siembra.

\*\*\* Escala visual de 0 a 4, a los 65 días de la siembra.

\*\*\*\* (Valor del incremento en rendimiento sobre el testigo)/(costo del producto y de su aplicación).

te clara del potencial de daño de una u otra enfermedad (Cuadro 3).

De nuevo, mancozeb promovió el mayor aumento en rendimiento, duplicando el de México-80 y triplicando el de Turrialba-4 a pesar de ser superado por los fungicidas sistémicos específicos en el control de una u otra enfermedad. Benomil controló casi totalmente la mancha angular pero tuvo poco efecto contra la roya, mientras que oxicarboxin actuó a la inversa. La mezcla de ambos sistémicos dio muy buen control de ambas enfermedades, lo que aumentó el rendimiento a niveles sin diferencia significativa con el tratamiento de mancozeb, pero a un costo más elevado.

Clorotalonil se usó en dosis bajas y en sólo dos aplicaciones, con la intención de evaluarlo como tratamiento de muy bajo costo; en estas condiciones, dio un control aceptable de mancha angular pero apenas moderado en roya, y su rendimiento en cosecha fue apenas intermedio; de manera que, si bien fue el tratamiento que dio más ganancias por colón invertido, no fue el de mayor beneficio económico total. La mezcla de clorotalonil con oxicarboxin mejoró el control de la roya pero no produjo un aumento equivalente en cosecha.

En vista de los contrastes que se presentaron en el control de roya y mancha angular, se hizo un análisis de correlación entre la severidad de cada enfermedad y los componentes del rendimiento (Cuadro 4). Tanto para roya como para mancha angular, hubo una correlación negativa altamente significativa entre el rendimiento por área y la severidad, así como entre peso por grano y la severidad; la correlación fue más alta, en ambos casos, para mancha angular que para roya. La severidad de mancha angular, pero no la de roya, tuvo una correlación significativa con el número de vainas por planta. Este mayor efecto negativo de mancha angular que de roya sobre la producción se observó en ambas variedades, pero fue más marcado en Turrialba-4.

#### Prueba No. 4 (setiembre-diciembre 1975)

El propósito principal de esta prueba fue el de explorar la posibilidad de sustituir el oxicarboxin por un azufre mojable de bajo precio (en este caso Azufral) para el control específico de la roya, añadiendo benomil, para el control específico de la mancha angular, en dos de las tres aplicaciones de azufre; además, el número de aplicaciones en el tratamiento control (mancozeb) se redujo a tres. Los tratamientos se describen en el Cuadro 5.

Cuadro 3. Efecto de seis tratamientos fungicidas aplicados a las variedades México-80 y Turrialba-4, durante la prueba de mayo a agosto de 1975 - Precipitación en el período, 672 mm.

Nombre genérico	Tratamientos		Severidad de enfermedades*		Defoliación***	Rendimiento* (kg/ha)	Relación beneficio /costo adicionales****
	Producto y dosis (g/l)	No. de aplicaciones	Roya**	Mancha angular**			
1 Mancozeb	Dithane M-45 (3.6)	4	21.4 a	0.6 a	0.6	2894 a	6.4
2 +	Benomil + Oxicarboxin	2	14.3 a	0.04 a	0.2	2613 a	3.8
3 Benomil	Benlate (1.2)	2	106.8 c	0.1 a	1.5	2102 b	4.8
4 +	Clorotalonil + Oxicarboxin	2	10.6 a	2.2 a	2.1	1918 b	2.3
5 Clorotalonil	Daconil (1.2)	2	78.3 b	3.8 a	2.3	1907 b	6.2
6 Oxicarboxin	Plantvax (1.2)	2	14.9 a	23.8 b	3.2	1452 c	---
7 Testigo sin fungicida		—	134.2 d	25.9 b	3.5	1289 c	---
Promedio de los 7 tratamientos en México-80			45.5 (++)	4.4 (++)	2.1	2107 (++)	
Promedio de los 7 tratamientos en Turrialba-4			63.2	11.8	1.7	1944	

\* Las primeras siete líneas se refieren al promedio de las dos variedades para cada tratamiento.

\*\* Número de pústulas o lesiones por hoja, contadas a los 52 días de la siembra.

\*\*\* Evaluada a los 67 días de la siembra, en base a una escala visual de 0 a 4.

\*\*\*\* (Valor del incremento en rendimiento sobre el testigo)/(costo del producto y de su aplicación)

(++) Diferencias entre variedades altamente significativas.

Las lluvias fueron normales para el período (462 mm) y el ataque de enfermedades foliares fue considerable; además de roya y mancha angular, se presentó telaraña y hubo un ataque tardío de mildiu vellosa sobre brotes tiernos. El control de enfermedades permitió aumentos considerables en el rendimiento; este fue muy bajo en el testigo (Cuadro 5). El azufre dio un control muy pobre de roya en comparación con oxicarboxin, si bien esto no tuvo un efecto muy marcado en el rendimiento. De nuevo,

mancozeb fue el tratamiento más eficaz, a pesar de la reducción de cuatro a tres aplicaciones; su control de roya, mancha angular y telaraña fue igual o menor que los logrados por la mezcla benomil + oxicarboxin, pero dio algún control de mildiu vellosa, contra el cual no tiene efecto ninguno de los dos sistémicos específicos. Al igual que en la prueba de mayo, el análisis de correlación indicó un mayor efecto detrimental de la mancha angular que de la roya en la productividad de las plantas (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Análisis de correlación entre la severidad de las enfermedades foliares y el rendimiento del frijol en los tres ensayos de 1975, en la Estación Experimental Fabio Baudrit.

Prueba	Variable de rendimiento	Enfermedad					
		roya		mancha angular		Telaraña	
		r*	p*	r	p	r	p
3 (mayo-ag)	Vainas/planta	-0.19	0.108	-0.29	0.014	---	---
	peso de 100 granos	-0.34	0.005	-0.64	0.0001	---	---
	kg/ha	-0.40	0.001	-0.70	0.0001	---	---
4 (set-dic)	Vainas/planta	-0.03	0.885	-0.31	0.178	0.06	0.793
	peso de 100 granos	-0.53	0.015	-0.59	0.006	-0.48	0.030
	kg/ha	-0.33	0.155	-0.67	0.002	-0.26	0.276
5 (oct-en)	Vainas/planta	-0.50	0.023	-0.13	0.596	-0.34	0.134
	peso de 100 granos	-0.08	0.747	-0.11	0.626	0.01	0.980
	kg/ha	-0.34	0.136	-0.47	0.034	-0.37	0.102

\* r = coeficiente de correlación; p = probabilidad de error al aceptar correlación.

\*\* La telaraña no se presentó en la prueba 3.

#### Prueba No. 5 (octubre 1975-enero 1976)

En esta prueba, como en la anterior, se evaluó la posibilidad de sustituir a oxicarboxin por azufre mojable en el control de la roya; con el fin de bajar aún más el costo del tratamiento, esta vez se usó clorotalonil para el control de las demás enfermedades fungosas, mezclándolo con el azufre en la primera y tercera aplicación de ésta. El tratamiento control, mancozeb, se limitó a tres aplicaciones. Se sembró solamente la variedad México-80.

En esta ocasión las lluvias (276 mm) cesaron a las siete semanas de la siembra, y el suelo se secó rápidamente; el ataque de mancha angular y el de telaraña fueron leves, aunque el de roya se mantuvo a un nivel mediano, como es usual en períodos de humedad limitada. Ninguna de las dos mezclas dio

un mejor control general de enfermedades que mancozeb (Cuadro 6). Debido a la sequía prematura, el rendimiento del testigo fue bajo, y el eficaz control de las enfermedades apenas logró un modesto aumento. A estos niveles de rendimiento, el costo de la aplicación de fungicidas fue casi igual que el del aumento correspondiente en cosecha.

A pesar de lo anterior, el análisis de correlación entre severidad de enfermedades y reducción en cosecha indicó dos coeficientes significativos (Cuadro 4). Por una parte, el ataque de roya tuvo una correlación negativa significativa con el número de vainas por planta, lo que indica un efecto temprano de esa enfermedad; por otra, el ataque de mancha angular, aunque relativamente leve, mostró una correlación negativa significativa sobre el rendimiento total, lo que indica, de nuevo, el considerable efecto inhibi-

Cuadro 5. Efecto de tres tratamientos fungicidas aplicados a las variedades México-80 y Turrialba-4 durante la prueba de setiembre a diciembre de 1975 - Precipitación en el período, 462 mm.

Nombre genérico	Tratamientos		Severidad de enfermedades*			Rendimiento* (kg/ha)	Relación beneficio/costo adicionales***
	Producto y dosis (g/l)	No. de aplicaciones	Roya**	Mancha angular**	Tela-raña**		
1 Mancozeb	Dithane M-45 (3.6)	3	39.9 b	3.1 a	25.9 ab	1776 a	5.7
2 +	Benomil +	2	0.4 a	0.0 a	23.1 ab	1619 ab	2.5
3 Benomil +	Oxicarboxin +	2	44.2 bc	0.1 a	19.9 a	1385 b	2.8
4 Testigo sin fungicida	Azufre Azufral (4.8)	3	52.9 c c	20.5 b	37.2 b	752 c	-
Promedio de los 4 tratamientos en México-80			13.7 (++)	4.5	14.1 (++)	1379	
Promedio de los 4 tratamientos en Turrialba-4			65.3	8.0	45.1	1389	

\* Las primeras cuatro líneas se refieren al promedio de las dos variedades para cada tratamiento.

\*\* Número de pústulas o lesiones por hoja, contadas a los 53 días de la siembra.

\*\*\* (Valor del incremento en rendimiento sobre el testigo)/(costo del producto y de su aplicación).

(++) Diferencias entre variedades altamente significativas.

torio de esta enfermedad en la producción, a pesar de que en esta ocasión se usó sólo México-80, que es la menos susceptible de las variedades probadas.

#### Demostración en lote semi comercial

Esta prueba se hizo con el fin de determinar el efecto de la aplicación de fungicidas en condiciones similares a las del agricultor, es decir, sin el efecto borde que sufren las parcelas pequeñas al estar rodeadas de tratamientos diferentes. Se sembraron, a principios de octubre de 1975, dos lotes de 80 m<sup>2</sup> de México-80 y dos de Turrialba-4. Un lote de cada variedad recibió tres aplicaciones de mancozeb (Dithano M-45, 3.6 g/l) a los 20, 30 y 40 días de la

siembra; el otro se dejó de testigo. Se midió únicamente el peso seco total.

A pesar de que sólo hubo lluvias durante las primeras nueve semanas, cayó un total de 462 mm y el ataque de roya y mancha angular fue considerable. El suelo retuvo un nivel adecuado de humedad y hubo un aumento marcado en rendimiento en los lotes tratados con fungicidas. México-80 y Turrialba-4 produjeron 944 y 1430 kg/ha, respectivamente, en los lotes testigo, mientras que el rendimiento se elevó a 1890 y 2110 kg/ha, respectivamente, en los lotes con tres aplicaciones de mancozeb.

**Cuadro 6. Efecto de tres tratamientos fungicidas aplicados a la variedad México-80 durante la prueba de octubre 1975 a enero 1976 - Precipitación en el período, 276 mm.**

Nombre genérico	Tratamientos		Severidad de enfermedades			Rendimiento (kg/ha)	Relación beneficio/costo adicional**
	Producto y dosis (g/l)	No. de aplicaciones	Roya *	Mancha angular *	Tela-raña *		
1 Mancozeb	Dithane M-45 (3.6)	3	10.0 b	0.6 a	0.6 a	1079 a	2.1
2 +	Clorotalonil Daconil (1.2) + Oxicarboxin Plantvax (1.2)	2	0.4 a	9.6 c	2.1 bc	1002 a	1.1
3 +	Clorotalonil Daconil (1.2) + Azufre Azufral (4.8)	2	31.5 c	2.6 b	1.1 ab	973 ab	--
4 Testigo sin fungicida		—	69.6 d	9.2 c	4.0 c	701 b	--

\* Número de pústulas o lesiones por hoja, contadas a los 51 días de la siembra.

\*\* (Valor del incremento en rendimiento sobre el testigo)/(costo del producto y de su aplicación).

### DISCUSION

Los resultados descritos deben considerarse desde cuatro puntos de vista: la frecuencia del ataque de las enfermedades foliares y su efecto sobre el rendimiento; las posibilidades de un control eficaz con determinados fungicidas; la relación económica entre control e incremento en cosecha; y las posibilidades de implementar el uso de fungicidas en frijol bajo las condiciones de Costa Rica.

La mancha angular y la roya pueden considerarse factores constantes en las siembras de invierno, causando pérdidas que oscilan entre uno y dos tercios de la productividad potencial de frijol. Ambas causan defoliación prematura. Esto se observó en las pruebas aquí descritas, al igual que en otros años y en otras regiones del país y del resto de Centroamérica (7,8,11). Las demás enfermedades foliares son esporádicas, aunque en ocasiones puedan convertirse en el factor limitante; así que los objetivos de un programa preventivo de fungicidas deben ser la mancha angular y la roya. Hay numerosos trabajos recientes sobre el control de roya

(3,4,6,9,10) pero generalmente se le da poca importancia a la mancha angular. Sin embargo, los resultados de esta investigación indican que la segunda causa más daños, al menos en las variedades probadas; por una parte, hubo mejor rendimiento cuando sólo se controló la mancha angular que cuando sólo se controló la roya; por otra, la correlación entre reducción en cosecha y severidad relativa fue mayor para mancha angular que para roya. Es de esperar que esta situación persista porque en los programas de selección de variedades en América Tropical se le sigue dando más importancia a la roya (1,2).

Generalmente se asume que la defoliación prematura causada por mancha angular es de poca importancia, porque ocurre cuando la planta ya está madura (2), aunque hay opiniones bien calificadas en contra (10). En estas pruebas se observó que ambas enfermedades contribuyeron a la defoliación prematura, pero aparentemente la mancha angular tuvo mayor efecto; y en todos los casos las parcelas que mantuvieron el follaje por más tiempo fueron las de mayor rendimiento.

Los resultados indican que cualquier fungicida residual puede controlar roya y mancha angular, y que varios sistémicos específicos dan excelente control de una u otra. Sin embargo, a la hora de seleccionar un programa simple, eficaz y de bajo costo, las alternativas se reducen. Los cobres pueden ser fitotóxicos en plantas jóvenes. Los sistémicos (como benomil y oxicarboxin) tienen mayor costo, lo que sólo se compensa en parte al requerir menos aplicaciones; además, no puede usarse uno solo sino que deben mezclarse dos para complementar su acción: benomyl y otros benzimidazoles no afectan la roya, mientras que oxicarboxin y otros oxatiinos tienen poco efecto contra mancha angular. En cambio, dentro de los fungicidas orgánicos residuales de amplio espectro hay varios adecuados para uso en frijol, y su costo es menor que el de los sistémicos. En este trabajo se usó mancozeb como tratamiento control en todas las pruebas y siempre dio buen resultado, pero un efecto similar se obtuvo con captafol y metiram, y sería de esperar con otros que no se probaron, como captan, maneb o ferbam. El azufre es de bajo costo, pero aquí fue poco eficaz, al igual que en Colombia (10). Clorotalonil, considerado un residual de amplio espectro, que en muchos cultivos se recomienda contra roya, dio un pobre control de la roya del frijol, pero su efecto en mancha angular fue excelente, a pesar de ser usado en dosis muy reducidas; conviene evaluarlo en dosis iguales a mancozeb (10).

Cuando la precipitación fue alta y el principal factor limitante de la producción fueron las enfermedades foliares, casi todos los tratamientos probados resultaron bastante remunerativos. Esto sucedió en tres pruebas; en las otras hubo menos respuesta al control de enfermedades, debido a poca lluvia o a problemas de suelo que impidieron a las plantas reaccionar con un mayor rendimiento. Sin embargo, aún en estos casos rara vez hubo pérdidas, y éstas fueron leves cuando ocurrieron. Aún así, conviene recomendar el uso de fungicidas solamente cuando las condiciones de suelo, la calidad de la semilla y la posibilidad de buen manejo del frijolar permiten esperar una producción de 1000 kg/ha o más; esto es factible en frijolares medianamente tecnificados, donde un examen de las plantas a las tres semanas de edad permite anticipar el potencial del cultivo.

Es posible un control adecuado con sólo tres aplicaciones, si se empieza a tiempo. Numerosos reconocimientos hechos en los últimos cuatro años

(González, L. C., información sin publicar), indican que a las tres semanas generalmente ya se están iniciando las epifitias de roya y mancha angular, si bien las plantas no muestran síntomas evidentes. Por eso se escogió ese momento para la primera aplicación; las restantes se programaron a los 10 ó 20 días de intervalo considerando el poder residual de los fungicidas (6,9,10), el desarrollo de la planta y el ciclo de vida de los patógenos. Los resultados sugieren que el intervalo es adecuado. Cuando se hicieron sólo tres aplicaciones de fungicidas protectores, hubo un aumento tardío de las enfermedades en las hojas jóvenes producidas durante las últimas semanas, pero evidentemente esto tuvo poco efecto sobre el rendimiento. Cuando se hicieron cuatro aplicaciones se mantuvo el follaje sano más tiempo, pero la cuarta aplicación, a los 50 días, fue la más cara y difícil, por el tamaño de las plantas, y evidentemente no tan necesaria como las tres primeras. Wimalajeewa y Thavam (9) llegaron a la misma conclusión al considerar el aspecto económico del control de roya.

Siempre hay dudas sobre si los resultados obtenidos en condiciones experimentales se lograrán también en la práctica comercial. En el presente caso, es de esperar que el agricultor no sea tan cuidadoso en la preparación y aplicación de la suspensión fungicida como lo fue el personal de la Estación Experimental. Pero, por otra parte, en la siembra comercial la aplicación es uniforme, sin parcelas testigo ni tratamientos ineficaces que sirvan de fuente de inóculo, de manera que en este aspecto los fungicidas trabajan mejor en la finca que en un experimento. Esto se demostró en lotes de tamaño semi-comercial, con todo y que aún en estos había lotes testigo a pocos metros de los lotes tratados.

En conclusión, se considera recomendable el uso de fungicidas en frijolares tecnificados, es decir, aquellos con buena preparación del terreno, fertilización, variedad adaptada, semilla sana y algún control de plagas. Basta con tres aplicaciones, a los 20, 30 y 40 días, con un fungicida residual de amplio espectro, como mancozeb o similar, añadiendo un adherente esparciador.

## RESUMEN

Se evaluó la eficacia del combate de enfermedades foliares en época de lluvias con sólo dos, tres o cuatro aplicaciones de fungicidas; se hicieron cinco

pruebas, con las variedades México-80, Turrialba-4, o ambas, en Alajuela, Costa Rica. Las principales enfermedades fueron roya (R., *Uromyces phaseoli*) y mancha angular (M.A., *Isariopsis griseola*). Varios fungicidas residuales orgánicos (mancozeb, captafol, metiram) dieron un control adecuado de ambas enfermedades; benomil controló muy bien M.A. pero no tuvo efecto contra R.; hidróxido de cobre dio algún control de M.A., muy poco de R., y fue ligeramente fitotóxico; oxicarboxin dio excelente control de R. pero ninguno de M.A.; clorotalonil controló bien M.A. pero sólo parcialmente R.; el azufre mojable dio un control pobre de ambas. Las mezclas de productos mostraron efecto aditivo. El control de las enfermedades retrasó la defoliación una o dos semanas y produjo aumentos en rendimientos de hasta 200%; la magnitud de estos aumentos dependió de la severidad de las enfermedades foliares (que a su vez dependió de la humedad), así como de las condiciones del suelo y de la raíz. M.A. tuvo una correlación más alta con la reducción en cosecha que R. Se considera económico aplicar fungicidas residuales en frijolares tecnificados y con buen potencial de producción, en las épocas lluviosas, a los 20, 30 y 40 días de la siembra.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración del Sr. Enrique Ocampo, asistente de laboratorio; del personal de campo de la Estación Experimental Fabio Baudrit y de su Director, Ing. Agr. Willy Loría; y de los Ings. Agr. Flérida Hernández, Javier Gallardo y Víctor Quiroga, de la sección de estadística de la Escuela de Economía Agrícola.

#### LITERATURA CITADA

1. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de sistemas de producción de frijol. Serie FS-5. Cali, Colombia, 1975. 40 p.
2. COSTA, A.S. Investigações sobre moléstias do feijoeiro no Brasil. In Anais do I Simposio brasileiro de feijão, Campinas, 1971. Vol. 2 Viosa, Minas Gerais, Universidade Federal de Viçosa, 1962. pp 303-384.

3. DIAZ, R.W. y TRAEMER, P. Ensayos preliminares para el control de roya del frijol, *Uromyces phaseoli typica*, con productos químicos. In Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, XVII Reunión Anual, San José, Costa Rica, 1976. pp L23, 1-5.
4. DONGO, S. Control químico de la roya (*Uromyces phaseoli typica*) del frijol. Investigaciones Agropecuarias (Perú) 2: 23-27. 1971.
5. DUPLAN, V. y AGUIRRE, J.A. Análisis económico de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo cuatro sistemas de producción en Alajuela, Costa Rica. IICA, Publicación Miscelánea No. 90, 1972. 35 p.
6. FRENHANI, A.A., BULISANI, E.A., ISSA, E, y SILVERA, S.G.P. DA. Controle da ferrugem (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com fungicida sistêmico. O Biológico 37: 25-30. 1971.
7. GONZALEZ, L.C. Reseña de la situación fitopatológica en los ensayos de frijol durante la segunda época de siembra de 1967. In Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, XIV Reunión Anual, Tegucigalpa, Honduras, 1968. IICA, Publicación Miscelánea No. 67, pp 117-121.
8. PATIÑO, B. Enfermedades del frijol en El Salvador. Circular No. 78, Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador, 1967. 29 p.
9. WIMALAJEEWA, D.L. y THAVAM, P. Fungicidal control of bean rust disease. Tropical Agriculturist 129: 61-66. 1973.
10. YOSHII, K. y GRANADA, G.A. Control químico de la roya del frijol en el Valle del Cauca. Fitopatología 11: 66-71. 1976.
11. ZAUMEYER, W.J. Metas y medios para lograr la protección del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el trópico. In Seminario sobre el potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina, Cali, Colombia, 1973. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Serie CS-2, 1975. pp 143-150.