

Resistencia inducida en Frijol
(*Phaseolus vulgaris* L.) contra Roya
(*Uromyces phaseoli* (Reben.) Wint.)
con un Aislamiento Avirulento
de *U. phaseoli* o de
(*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.

Jairo Castaño Z.*

David J. Allen**

INTRODUCCION

El gran interés por inducir resistencia en plantas contra el ataque de diversos patógenos está demostrado por la cantidad de documentos publicados desde comienzos de éste siglo, cuando Beauverie (1901) indujo por primera vez resistencia en plantas de begonia contra *Botrytis cinerea*. Por consiguiente, el fenómeno de resistencia inducida es bien conocido. Esta resistencia incluye resistencia inducida por el mismo patógeno (Braun y Helton, 1971; Kuć y Richmond, 1977); resistencia inducida por razas diferentes del mismo patógeno (Caruso y Kuć, 1977; Littlefield, 1969; Ostazeski y Elgin, 1984; Yarwood, 1954); resistencia inducida por patógenos del mismo hospedero (Hammerschmidt et al., 1976); y resistencia inducida por patógenos de hospederos diferentes al hospedero protegido (Elliston et al., 1976; Wilson, 1958; Yarwood, 1956). Tanto virus, hongos y bacterias tienen la capacidad de inducir resistencia.

King et al., (1964) observaron que plantas de trébol rojo afectadas por el virus del mosaico amarillo del fríjol expresaban tardíamente los síntomas causados por *Erysiphe polygoni*. En

* Senior Research Fellow, Programa de Fríjol, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia; actualmente con el Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras.

** Científico Visitante, Programa de Fríjol, CIAT, Cali, Colombia.

fríjol, una inoculación previa con el virus del mosaico del tabaco o con uredosporas de la roya del girasol (*Puccinia helianthi*), resulta en resistencia al ataque posterior con el respectivo virus o royas (Wilson, 1958; Yarwood, 1953, 1954). Sin embargo, otras asociaciones entre microorganismos sugieren que el ataque previo de algunos cultivos por varios virus, pueden afectar la severidad de ataque de algunos hongos (Bateman, 1961; Castaño, 1983; Farley y Lockwood, 1964; Goth 1962; Kivilaan y Scheffer, 1959; Lamey y Everett, 1967; McCarter y Halpin, 1961; Smith, 1962; Watson y Guthrie, 1964). Watson y Guthrie (1964) al efectuar selecciones de trébol rojo en el campo observaron consistentemente una pudrición radical severa acompañada de una disminución de la población de plantas. Observaciones posteriores permitieron determinar que esa pudrición radical solo se presentaba cuando las plantas eran atacadas por el virus del mosaico amarillo del trébol. En arroz, el ataque del virus de la hoja blanca no sólo estimula la expansión de las lesiones de la mancha parda de la hoja causada por *Helminthosporium oryzae* (Lamey y Everett, 1967), sino también, la severidad del manchado de grano (Castaño, 1983). No obstante lo anterior, el fenómeno de resistencia inducida ha sido demostrado en arroz para varios patógenos (Kiyosawa y Fujimaki, 1967; Sallaberry, 1982; Sinha y Das, 1972). Kiyosawa y Fujimaki (1967) y Sallaberry (1982) demostraron el fenómeno de resistencia inducida en plantas de arroz contra *Pyricularia oryzae*, mediante inoculación previa de una raza avirulenta del mismo hongo. Sinha y Das (1972) indujeron resistencia contra *Helminthosporium oryzae*, inoculando una raza del hongo con poca virulencia **48 horas antes de inocular una raza virulenta. Un efecto similar** ha sido demostrado en lino contra *Melampsora lini* (Schwenk, 1964); en fríjol contra *Colletotrichum lindemuthianum* (Deverall et al., 1968; Skipp y Deverall, 1973); y en trigo contra *Puccinia graminis tritici* y *P. striiformis* (Cheung y Barber, 1972; Johnson y Allen, 1975). Estudios recientes llevados a cabo por Von Alten y Schonbeck (1981), indican que **aún productos metabólicos de bacterias gram negativo y gram positivo tienen la capacidad de inducir resistencia en plantas de fríjol contra *Uromyces phaseoli*.**

En 1954, Yarwood realizó el primer estudio de resistencia inducida en fríjol contra *U. phaseoli*. Más tarde Johnston y Huffman (1958), Littlefield (1969), Tani et al. (1980), y Yarwood (1956) demostraron que el desarrollo de las royas

sobre plantas normalmente susceptibles a ellas, era reducido mediante inoculación previa con uredosporas de especies diferentes. Yarwood (1956) indujo resistencia en plantas de frijol contra roya mediante la inoculación previa con *Puccinia helianthi*, y en girasol contra la roya del girasol, mediante la inoculación previa con *U. phaseoli*. Johnston y Huffman (1958) disminuyeron la severidad de la roya de la hoja del trigo causada por *P. recondita* f. sp. *tritici*, mediante inoculación previa con *P. coronata* var. *avenae*. Littlefield (1969) demostró también que la resistencia inducida no era específica ya que se podía inducir resistencia en plantas de lino contra *Melampsora lini*, mediante inoculación previa con *P. graminis tritici* o *P. recondita* f. sp. *tritici*. Así mismo, Tani et al. (1980) indujeron resistencia en avena contra *P. coronata avenae*, mediante inoculación previa con *P. coronata festucae*, *P. coronata lolii* o *P. graminis tritici*.

El Municipio de Pradera, en el Departamento del Valle, Colombia, es una área en donde tradicionalmente se siembra habichuela. La siembra se realiza continuamente a través de todo el año con la variedad Blue Lake. Como consecuencia del monocultivo, ésta variedad es altamente susceptible a roya. La intensidad de la enfermedad es de tal magnitud que no obstante que los agricultores realizan aplicaciones de fungicidas semanalmente, la efectividad de tales aspersiones es mínima (Allen et al., 1984). Se efectuó varios experimentos con el propósito de comparar la virulencia y agresividad de los aislamientos de *U. phaseoli* procedentes de Pradera y del CIAT; y aprovechando la alta especialización del hongo en Pradera, sobre la variedad de habichuela Blue Lake, inducir resistencia a roya en cultivos de frijol común, susceptibles al patógeno bajo condiciones naturales del CIAT.

En el mes de Septiembre de 1983, se detectó por primera vez en Colombia la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Desde entonces, el hongo se ha ido diseminando por todas las zonas cafeteras del país. El cultivo del frijol tiene un gran potencial en esas áreas como fuente de proteína. Un factor limitante de la producción de ésta leguminosa podría ser la roya, la cual, puede causar pérdidas en el rendimiento de más del 50 por ciento bajo condiciones naturales de campo (Castaño et al., 1985a). Se llevó a cabo un experimento con el fin de investigar el fenómeno de resistencia inducida en frijol contra *U. phaseoli*, mediante inoculación previa de uredosporas de *H. vastatrix*.

MATERIALES Y METODOS

Comparación de la virulencia y agresividad de 2 aislamientos de Uromyces phaseoli.

Los dos aislamientos de roya fueron recolectados de plantas de habichuelas y de frijol común en Pradera y CIAT, Valle, Colombia, respectivamente. Se seleccionó 1 variedad de habichuela y 8 variedades de frijol común. La variedad de habichuela seleccionada fué Blue Lake, la cual es altamente susceptible a roya en el área de Pradera. La semilla de ésta variedad es producida por Ferry Morse, Estados Unidos, y es la única variedad de habichuela que se siembra intensamente en esa área. Las variedades de frijol común Pinto 650, Mulatinho A, CCGB 44, U.S. No. 3, BAT 883, y ExRico 23 son altamente susceptibles a roya bajo condiciones de campo del CIAT. BAT 308 es una variedad altamente resistente; BAT 76 frecuentemente presenta reacción inmune al ataque del hongo. Los dos aislamientos de *U. phaseoli* se recolectaron el mismo día de la inoculación. El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero, el cual, estaba provisto con una temperatura promedio día/noche de 24.7/21.5°C y una humedad relativa promedio día/noche de 78.7/91.1 por ciento. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 10 plantas. Se sembró 2 semillas por maceta de plástico (10 x 10 cm de altura) conteniendo suelo esterilizado. Al momento de la siembra se aplicó nitrógeno en forma de Urea (46o/oN) en dosis de 100 kg p.c./ha. Se regó agua diariamente con el propósito de obtener una germinación uniforme. Ocho días después de la siembra se eliminó una plántula por maceta dejando la más vigorosa. A los 12 días después de la siembra, cuando las hojas primarias estaban totalmente expandidas, se procedió a efectuar las inoculaciones. Se empleó una concentración estándar de 4×10^4 uredosporas/ml de agua. La estandarización de esporas se determinó en un Hemacitómetro Neubauer. Se adicionó Tritón AE (0.12o/o) y Tween 20 (0.02o/o) como adherente y dispersante, respectivamente. Las inoculaciones se hicieron dentro de una torre modificada para inoculación de esporas de hongos (Castaño et al., 1985b). Por cada planta se asperjaron 2 ml de la suspensión de uredosporas. Después de la inoculación, las plantas fueron trasladadas, dentro del mismo invernadero, a una cámara de incubación provista con una humedad relativa del 100 por ciento. Después de 24 horas, las plantas se colocaron

sobre mesas dispuestas en el invernadero, el cual, mantuvo una temperatura promedio de 23⁰C y una humedad relativa promedio de 85 por ciento. Diez días después de la inoculación se inició la cuantificación de la producción de uredosporas/planta. Las uredosporas producidas por planta se recolectaron cuidadosamente sobre papel de aluminio, luego se transfirieron individualmente a tubos de ensayo para ser pesadas en una balanza de precisión marca Mettler PL 200 (Mettler Instrumente AG, CH-8606 Greifensee-Zurich). Las uredosporas se cosecharon en 3 ocasiones a un intervalo de 3 días. Por cada variedad de frijol y de acuerdo al aislamiento de roya inoculado, se tomaron datos adicionales de severidad real de la enfermedad de acuerdo a los diagramas estándares elaborados por Castaño (1984).

Inducción de resistencia en frijol contra roya mediante inoculación de un aislamiento avirulento de U. phaseoli seguida de inoculaciones con un aislamiento virulento del mismo hongo.

Se utilizó un aislamiento avirulento de Pradera y el aislamiento virulento del CIAT. Se seleccionó las variedades de frijol BAT 883, ExRico 23, y BAT 308. Tanto BAT 883 como ExRico 23 expresan reacción de hipersensibilidad al aislamiento de roya de Pradera. BAT 308 es inmune a éste aislamiento. Por el contrario, BAT 883 y ExRico 23 son altamente susceptibles al aislamiento de roya del CIAT, y BAT 308 es altamente resistente al mismo aislamiento.

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Cada replicación estuvo constituida por 10 plantas. Tanto la siembra como las inoculaciones se efectuaron siguiendo el procedimiento descrito para el primer estudio. Primero se inoculó el aislamiento avirulento y luego se inoculó el aislamiento virulento a intervalos de 1-, 24-, 48-, y 72 horas en proporción de 1:1 (v/v). Diez días después de la inoculación del aislamiento virulento, se empezó la cuantificación de la producción de uredosporas/planta. Se cosecharon uredosporas en 4 ocasiones a un intervalo de tres días. Como en el ensayo anterior, las uredosporas se pesaron en una balanza de precisión marca Mettler PL 200. Por cada tratamiento se tomaron datos adicionales del tipo de pústula y severidad real de la enfermedad.

Cuantificación de la resistencia inducida en frijol contra roya inoculando un aislamiento avirulento de U. phaseoli 72

horas antes de la inoculación con el aislamiento virulento del mismo hongo.

Se empleó los mismos aislamientos de roya utilizados en el experimento anterior. Se seleccionó la variedad de frijol ExRico 23, la cual, es altamente susceptible al aislamiento de roya del CIAT, pero reacciona hipersensitivamente al aislamiento de Pradera. El experimento se efectuó bajo condiciones de invernadero siguiendo el procedimiento ya descrito. Se hicieron 3 tratamientos: 1) inoculación de plantas con el aislamiento virulento, 2) inoculación de plantas con el aislamiento avirulento, y 3) inoculación de plantas con el aislamiento avirulento 72 horas antes de inocular el aislamiento virulento en proporción de 1:1 (v/v). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 5 repeticiones. Por cada repetición se inocularon 10 plantas. Como en los experimentos anteriores, se empleó una concentración de 4×10^4 uredosporas/ml de agua. Diez días después de la inoculación se inició la cuantificación de la producción de uredosporas/planta. Se cosecharon uredosporas en 4 ocasiones a un intervalo de 3 días. Las uredosporas se pesaron en una balanza de precisión marca Mettler Pl 200.

Inducción de resistencia en frijol contra roya mediante inoculación de un aislamiento de la roya del café (Hemileia vastatrix).

Se seleccionaron las variedades de frijol BAT 883 y BAT 308, altamente susceptibles y resistente a *U. phaseoli*, respectivamente. El aislamiento de roya del frijol se obtuvo del campo en el CIAT, y el aislamiento de la roya del café se obtuvo de plantas de café de la variedad Caturra fuertemente atacadas por el hongo, en la zona cafetera de Chinchiná, Caldás, Colombia. Ambas royas se recolectaron el mismo día de la inoculación. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por 10 plantas. Se siguió el mismo procedimiento de siembra e inoculación descrito antes. Se empleó una concentración estándar de 3×10^4 uredosporas/ml de agua en proporción de 1:1 (v/v). Primero se inoculó el aislamiento de *H. vastatrix* y posteriormente el aislamiento virulento de *U. phaseoli* a intervalos de 1-, 24-, 48-, y 72 horas. Diez días después de la inoculación del aislamiento virulento, se inició la cuantificación de la producción

de uredosporas/planta. Se cosecharon uredosporas en 3 ocasiones a un intervalo de 3 días. Las uredosporas se pesaron en una balanza de precisión marca Mettler PL 200. Por cada tratamiento se tomaron datos adicionales del tipo de pústula y severidad real de la enfermedad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al comparar la virulencia y agresividad de 2 aislamientos de *U. phaseoli* sobre 9 cultivares de frijol se observó que el aislamiento de plantas de habichuela de la localidad de Pradera, Valle, tiene una alta virulencia y agresividad sobre la variedad Blue Lake (Cuadro 1). La severidad real de la enfermedad sobre esta variedad fué del 50 por ciento con una producción total de uredosporas de 29.5 mg/planta. Con excepción de Pinto 650, este aislamiento tiene poca virulencia sobre las demás variedades de frijol común empleadas. Pradera es una área en donde se siembra únicamente la variedad de habichuela Blue Lake. Debido al monocultivo intenso con una sola variedad, el hongo se ha especializado sobre aquella variedad y aparentemente aún no ha tenido necesidad de expresar variación patogénica. Sólo en la variedad de frijol común Pinto 650, la virulencia de este aislamiento fué tan alta como la del aislamiento del CIAT. Sin embargo, el aislamiento procedente de Pradera fué menos agresivo que el aislamiento procedente del CIAT, ya que la producción total de uredosporas/planta para el aislamiento de Pradera fué 3 veces inferior a la producción de uredosporas del aislamiento del CIAT. Pinto 650 es un testigo susceptible universal y, como tal, ha sido la variedad de frijol más susceptible del vivero internacional de roya (IBRN) a través de 8 años de pruebas en 17 países diferentes (Castaño, inédito). De 89 pruebas de campo realizadas con ésta variedad en diferentes partes del mundo, en 74 de ellas la variedad se ha mostrado susceptible al hongo. Las demás variedades de frijol fueron ligeramente atacadas por el aislamiento procedente de Pradera. La severidad máxima de la enfermedad fué 7 por ciento; y la producción máxima de uredosporas fué alrededor de 3 mg/planta. Las variedades BAT 883, ExRico 23, BAT 308, y BAT 76 fueron altamente resistentes a éste aislamiento. Las 2 primeras variedades mostraron reacción de hipersensitividad y las 2 últimas, se mostraron inmunes.

Cuadro 1. Comparación de la virulencia y agresividad de 2 aislamientos de *U. phaseoli* sobre 9 cultívares de frijol.

Variedad ó Línea	Severidad (o/o) Real		Producción total de uredosporas (mg/planta)	
	CIAT	Pradera		
			CIAT	Pradera
Blue Lake. Ferry Morse ^a	30	50	8.50 ^b	29.50
Pinto 650	28	27	9.00	3.17
Mulatinho A	41	7	11.61	2.00
CCGB 44	35	4	8.55	0.75
U.S. No. 3	36	6	5.22	3.17
BAT 883	35	Hc	8.28	0.00
ExRico 23	30	H	4.32	0.00
BAT 308	6	Id	1.33	0.00
BAT 76	I	I	0.00	0.00

A Habichuela importada de Ferry Morse, Estados Unidos, siendo la única variedad de habichuela sembrada en el área de Pradera, Valle, Colombia.

B Promedios obtenidos de 3 replicaciones y recolectando uredosporas en 3 ocasiones a un intervalo de 3 días.

c Reacción de hipersensitividad.

D Inmune.

El aislamiento procedente del CIAT posee una alta virulencia y agresividad. Sólo la variedad de frijol BAT 76 fué inmune tanto a éste aislamiento como al aislamiento procedente de Pradera. BAT 308, es una variedad altamente resistente a roya y su severidad promedia a través de 4 años continuos de pruebas en 12 países ha sido del 5 por ciento (Castaño et al., 1985). Las demás variedades son muy susceptibles a *U. phaseoli* bien sea en la Estación Experimental del CIAT ó fuera de ella. En general, a mayor severidad de la enfermedad, mayor fué la producción de uredosporas/planta y viceversa.

La inducción de resistencia en frijol contra roya mediante la inoculación de un aislamiento avirulento de *U. phaseoli*, seguida de inoculaciones con un aislamiento virulento del mismo hongo a diferentes intervalos, indican que a mayor el tiempo transcurrido entre la inoculación del aislamiento avirulento y la inoculación del aislamiento virulento, mayor es la resistencia inducida (Cuadro 2). Inoculaciones realizadas con el aislamiento avirulento 48— ó 72 horas antes de inocular el aislamiento virulento, tuvieron un efecto marcado sobre la reducción del tamaño de pústula y la severidad de la enfermedad. Inoculaciones sobre BAT 883 y ExRico 23, con el aislamiento avirulento 72 horas antes de inocular el aislamiento virulento, disminuyeron la severidad final de la roya en un 87— y 99 por ciento, respectivamente. El tamaño de pústula predominante fué pústulas pequeñas tipo 3, menores de 300 μ en diámetro. El efecto de la resistencia inducida sobre la disminución de la severidad de la enfermedad y el tamaño de pústula fué claramente manifestado por una reducción marcada en la producción total de uredosporas/planta (Figura 1). La resistencia inducida es de tal proporción que aún en BAT 308, una variedad altamente resistente a roya, hubo un incremento pequeño, pero significativo, en el nivel de resistencia, el cual, fué expresado por reducción en la severidad de la enfermedad y muy poca producción de uredosporas/planta. El tipo de pústula de esta variedad no fué alterado aparentemente. Característicamente ésta variedad produce en forma estable un tipo de pústula 3, es decir, pústulas con un diámetro inferior a 300 μ (Castaño et al., 1985).

Los resultados demuestran que el mayor grado de resistencia inducida se obtiene cuando se inocula el aislamiento avirulento 72 horas antes de inocular el aislamiento virulento. Al repetir el experimento sobre la variedad de frijol ExRico 23,

Cuadro 2. Efecto de la resistencia inducida en frijol sobre el desarrollo del tipo de pústula y severidad de roya en 3 variedades de frijol previa inoculación con un aislamiento avirulento seguida de inoculaciones con un aislamiento virulento de *U. phaseoli*.

Tratamiento (Horas)	Tipo de Pústula y Severidad (o/o)					
	BAT 883		ExRico 23		BAT 308	
	Virulento ^A	Avirulento ^B : virulento	Virulento	Avirulento: virulento	Virulento	Avirulento: virulento
1	5 ^c (46) ^d	5(41)	5(35)	5(30)	3(5)	3(5)
24	5 (48)	5(39)	5(50)	5,4(26)	3(8)	3(5)
48	5 (48)	5,4,3(7)	5(50)	3,4,5(5)	3(5)	3(4)
72	5 (38)	3,4,5(5)	5(48)	3,4(3)	3(7)	3(1)

^A Aislamiento virulento del CIAT, Valle, Colombia

^B Aislamiento avirulento de Pradera, Valle, Colombia.

^C Tipo de pústula, en donde: 1 = inmune; 2 = pústulas necróticas sin esporular; 3 = pústulas esporulando de aproximadamente 300 μ en diámetro; 4 = pústulas esporulando de aproximadamente 500 μ en diámetro; y 5 = pústulas esporulando con un diámetro superior a 500 μ y generalmente rodeadas por un halo clorótico.

^D () Severidad (o/o) real de la enfermedad.

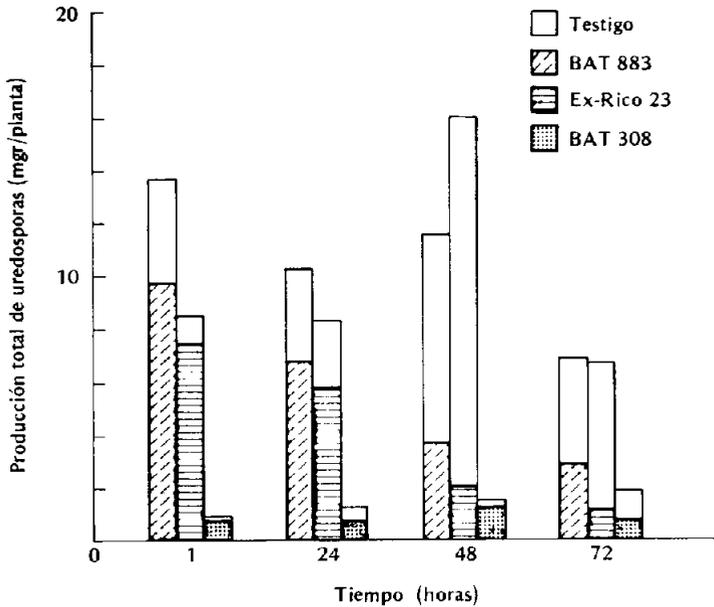


Figura 1. Resistencia inducida en fríjol a roya (*Uromyces phaseoli*) mediante inoculación previa de uredosporas de un aislamiento avirulento de *U. phaseoli*.

empleando éste intervalo de tiempo entre inoculaciones, se corroboró los resultados anteriores (Cuadro 3). La resistencia inducida contra roya por el aislamiento avirulento fué de tal magnitud que la esporulación total/planta se disminuyó en un 97.5 por ciento.

Ninguna porción del ciclo de vida de un patógeno ejerce una mayor influencia sobre el incremento de una epidemia de muchas enfermedades que la producción de inóculo para una infección posterior. La producción reducida de inóculo a intervalos largos retarda no sólo la tasa sino también la cantidad en el incremento de la severidad de la enfermedad (Nelson y Tung, 1973). Para todos los propósitos, la enfermedad es directamente proporcional a la cantidad de esporas cuando la cantidad de éstas es baja (Van der Plank, 1975).

Cuadro 3. Cuantificación de la resistencia inducida en ExRico 23 contra *U. phaseoli* mediante inoculación previa de un aislamiento avirulento de *U. phaseoli*.

Tratamiento	Producción de Uredosporas (mg/planta)				Promedio
	I	II	III	IV	
Aislamiento del CIAT ^a	4.88 ^d	3.93	3.83	4.65	4.32 A ^e
Aislamiento de Pradera ^b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 B
Aislamiento de Pradera y luego el de CIAT ^c	0.10	0.10	0.10	0.13	0.11 B

^A Aislamiento virulento del CIAT.

^B Aislamiento avirulento de Pradera, Valle, Colombia, una área sembrada únicamente con el cultivar de habichuela Blue Lake. Ferry Morse.

^C Inoculaciones hechas a un intervalo de 72 horas.

^D Promedios obtenidos de 5 replicaciones; cada replicación compuesta por 10 plantas.

^E Valores promedios seguidos por la misma letra, no son diferentes estadísticamente.

Varios investigadores han demostrado que la resistencia a royas puede ser inducida mediante la inoculación de uredosporas de otras especies (Johnston y Huffman, 1958; Littlefield, 1969; Tani et al., 1980; Yarwood, 1956). En fríjol, no se conoce estudio alguno acerca de inducción de resistencia a *U. phaseoli* mediante inoculación de uredosporas de la roya del café causada por *Hemileia vastatrix*. Los resultados de éste experimento demuestran ese fenómeno en fríjol; y es así como a mayor tiempo transcurrido entre la inoculación de plantas de fríjol con uredosporas de *H. vastatrix* y la inoculación de un aislamiento virulento de *U. phaseoli*, mayor es la resistencia inducida contra este hongo (Cuadro 4). Estos resultados demuestran una vez más el efecto tan pronunciado que tiene la resistencia inducida en fríjol contra la roya sobre el tipo de pústula y la severidad de la enfermedad; efecto éste, manifestado en una reducción drástica de la producción total de uredosporas/planta (Figura 2). En BAT 883, una variedad de fríjol altamente susceptible a roya, hubo una protección completa contra la roya cuando las uredosporas de *H. vastatrix* se inocularon 72 horas antes de la inoculación del aislamiento virulento de *U. phaseoli* (Figura 3). El nivel de resistencia también se aumentó ligeramente en BAT 308, una variedad altamente resistente a roya.

La resistencia inducida ha tenido muy poco uso para controlar enfermedades de plantas. Sin embargo, en el Japón, se están empleando cepas poco virulentas del virus del mosaico del tomate para proteger plantas de tomate contra cepas virulentas del mismo virus (Oshima, 1975). Así mismo, en Italia, se está empleando la resistencia inducida en plantas de tomate contra el marchitamiento causado por *Verticillium albo-atrum* (Matta y Garibaldi, 1977). En papaya, varios intentos, sin éxito, se han hecho para desarrollar medidas de control efectivas contra el virus de la mancha anular. Aunque se han identificado varias selecciones de papaya con tolerancia al virus, aún no se ha hallado resistencia dentro de la especie *Carica papaya* al virus de la mancha anular (Conover, 1976; Cook y Zettler, 1970). Sin embargo, la obtención reciente de un mutante avirulento de este virus parece ser promisorio para emplearlo como protectante contra cepas virulentas del virus (Yeh y Gonsalves, 1984). La resistencia inducida está siendo empleada en gran escala para controlar el virus de la tristeza de los cítricos. En Brazil, el número de árboles protegidos durante 1980 excedió 8 millones

Cuadro 4. Efecto de la resistencia inducida en frijol sobre el desarrollo del tipo de pústula y severidad de roya en 2 variedades de frijol previa inoculación con uredosporas de *H. vastatrix*.

Tratamiento (horas)	Tipo de Pústula y Severidad (o/o)			
	BAT 883		BAT 308	
	U. phaseoli	H. vastatrix:U. phaseoli	U. phaseoli	H. vastatrix: U. phaseoli
1	5 ^A (50) ^B	5(40)	3(5)	3(1)
24	5 (50)	5,4(10)	3(5)	3(1)
48	5 (50)	5,4,3(5)	3(5)	3(1)
72	5 (50)	1(0)	3(3)	3(< 1)

A. Tipo de pústula, en donde: 1 = inmune; 2 = pústulas necróticas sin esporular; 3 = pústulas esporulando de paorximadamente 300 μ en diámetro; 4 = pústulas esporulando de aproximadamente 500 μ en diámetro; y 5 = pústulas esporulando con un diámetro superior a 500 μ y generalmente rodeadas por un halo clorótico.

B. () Severidad (o/o) real de la enfermedad.

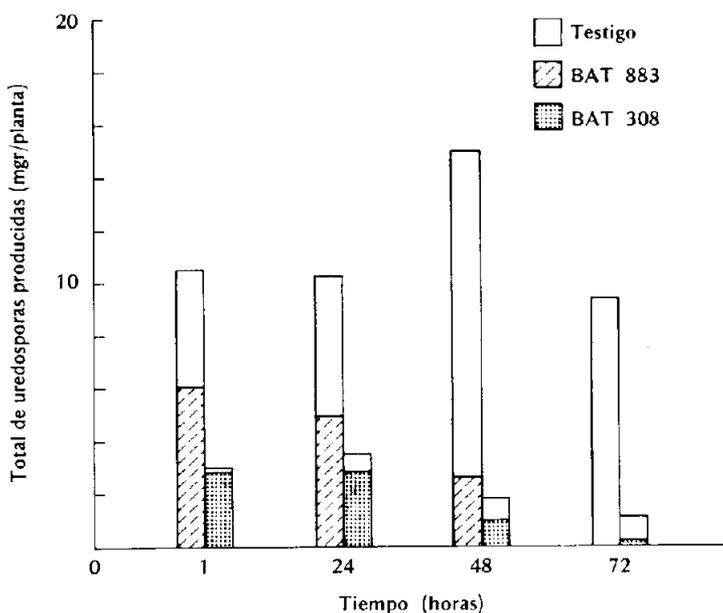


Figura 2. Resistencia inducida en fríjol a roya (*Uromyces phaseoli*) mediante inoculación previa con uredosporas de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

y aún no se ha registrado un fracaso de tal sistema de protección (Costa y Muller, 1980).

Los resultados de este estudio indican que la inducción de resistencia en fríjol contra *U. phaseoli* mediante inoculaciones con *H. vastatrix*, podría tener aplicación práctica en zonas cafeteras en donde, se esté promoviendo el cultivo del fríjol. Ya que los cultivadores de café tendrán que resignarse a convivir con la roya del café, es muy posible obtener de este patógeno al menos un beneficio controlando la roya del fríjol, bien sea mediante la protección de plantas con inóculo natural, ó recolectando hojas de café atacadas por el hongo y asperjando las plantaciones de fríjol con suspensiones de uredosporas de *H. vastatrix*.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan sus agradecimientos a Guillermo Castellanos, Técnico del Programa de Fríjol, CIAT, por su valiosa cooperación en la realización de ésta investigación.

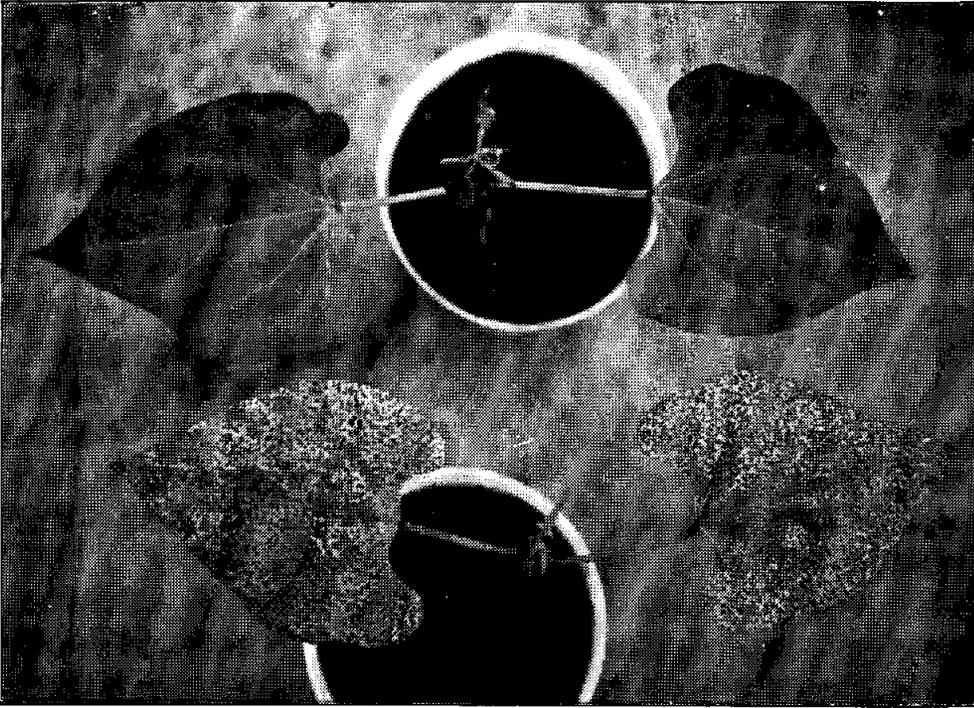


Figura 3.- Efecto protector de las uredosporas de *H. vastatrix* contra la roya del fríjol después de 13 días. A. Parte superior. Planta de frijol de la variedad BAT 883 inoculada con *H. vastatrix*, 72 horas antes de inocular el aislamiento virulento de *U. phaseoli*. B. Parte inferior. Planta de frijol de la variedad BAT 883 inoculada solo con el aislamiento virulento de *U. phaseoli*.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. D., J. Castaño, and P. Trutmann. 1984. A visit to Pradera, Valle, Colombia, to examine the severity of rust of beans considered a local "hot spot". Trip Report, CIAT, Cali, Colombia. 2p.
- BATEMAN, D.F. 1961. Synergism between cucumber mosaic virus and *Rhizoctonia* in relation to *Rhizoctonia* damping-off of cucumber. *Phytopathology* 51: 574-575. (Abstr.).
- BEAUVÉRIE, J. 1901. Essais d'immunisation des végétaux contre les maladies cryptogamiques. *Compt. Rend. Acad. Sci.* 133: 107-110.
- BRAUN, J.W. and A.W. Helton. 1971. Induced resistance to *Cytospora* in *Prunus persica*. *Phytopathology* 61: 685-687.
- CARUSO, F.L. and J. Kué. 1977. Protection of watermelon and muskmelon against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathology* 67: 1285-1289
- CASTAÑO, J. 1983. Rice grain discoloration in Colombia. CIAT, Cali, Colombia. 52p.
- CASTAÑO, J. 1984. Diagramas estándares para la cuantificación de daños provocados por las principales enfermedades del frijol causadas por hongos, bacterias y nemátodos. CIAT, Cali, Colombia. 41p.
- CASTAÑO, J., C.A. Montoya, y M.A. Pastor-Corrales. 1985a. Influencia del tipo de pústula de roya *Uromyces phaseoli* (Reben) Wint. sobre el rendimiento de cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia. 21p.
- CASTAÑO, J., G. Castellanos, C.E. Jara, y M.A. Pastor-Corrales. 1985b. Funcionamiento y eficiencia de una torre modificada para inoculación de esporas de hongos. CIAT, Cali, Colombia. 11p.
- CHEUNG, D.S.M. and H.N. Barber. 1972. Activation of resistance of wheat to stem rust. *Transactions of the British Mycological Society* 58: 333-336.

- CONOVER, R.A. 1976. A program for development of papaya tolerant to the distortion ringspot virus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 89:229-231.
- COOK, A.A. and F.W. Zettler. 1970. Susceptibility of papaya cultivars to papaya ringspot and papaya mosaic virus. Plant Dis. Repr. 54: 893-895.
- COSTA, A.S. and G.W. Muller. 1980. Tristeza control by cross protection: A U.S.-Brazil cooperative success. Plant Disease 64: 538-541.
- DEVERALL, B. J., I.M. Smith, and S. Makris. 1968. Disease resistance in *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris*. Netherlands Journal of Plant Pathology 74, Suppl. 1, 137-148.
- ELLISTON, J., J. Kuć, and E.B. Williams. 1976. Protection of *Phaseolus vulgaris* against anthracnose by *Colletotrichum* species non pathogenic to bean. Phytopath. Z. 86: 117-126.
- FARLEY, J.D. and J.L. Lockwood. 1964. Increased susceptibility of root rots in virus-infected peas. Phytopathology 54: 1279-1280.
- GOTH, R.W. 1962. Studies on the effects of viruses on *Trifolium* spp. Diss. 22: 3801 (Abstr.).
- HAMMERSCHMIDT, R., S. Acres, and J. Kuć. 1976. Protection of cucumber against *Colletotrichum lagenarium* and *Cladosporium cucumerinum*. Phytopathology 66: 790-793.
- JOHNSON, R. and D.J. Allen. 1975. Induced resistance to rust diseases and its possible role in the resistance of multiline varieties. Ann. Appl. Biol. 80: 359-363.
- JOHNSTON, C.O. and M.D. Huffman. 1958. Evidence of local antagonism between two cereal rust fungi. Phytopathology 48: 69-70.
- KING, L.N., R.E. Hampton, and S. Diachun. 1964. Resistance to *Erysiphe polygoni* of red clover infected with bean yellow mosaic virus. Science 146: 1054-1055.

- KIVILAAN, A. and R.P. Scheffer. 1959. Detection, prevalence, and significance of latent viruses in *Pelargonium*. *Phytopathology* 49: 282-286.
- KIYOSAWA, S. and H. Fujimaki. 1967. Studies on mixture inoculation of *Pyricularia oryzae* Cav. on rice. I. Effects of mixture inoculation and concentration on the formation of susceptible lesions in the infection inoculation. Japan National Institute of Agricultural Sciences. Bulletin Serie D, 17. 20p.
- KUC, J. and S. Richmond. 1977. Aspects of the protection of cucumber against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathology* 67: 533-536.
- LAMEY, H.A. and T.R. Everett. 1967. Increased susceptibility of hoja blanca virus-infected rices leaves to *Cochliobolus miyabeanus*. *Phytopathology* 57: 227.
- LITTLEFIELD, L.J. 1969. Flax rust resistance induced by prior inoculation with an avirulent race of *Melampsora lini*. *Phytopathology* 59: 12323-12328.
- MATTA, A. and A. Garibaldi. 1977. Control of *Verticillium* wilt of tomato by preinoculation with avirulent fungi. *Neth. J. Plant Path.* 83 (Suppl. 1): 457-462.
- McCARTER, S.M. and J.E. Halpin. 1961. Studies on the pathogenicity of four species of soil fungi on white clover as affected by the presence of bean yellow mosaic virus under condition of controlled temperature and light. *Phytopathology* 51: 644 (Abstr.).
- NELSON, R.R. and G. Tung. 1973. Influence of some climatic factors on sporulation by an isolate of race T of *Helminthosporium maydis* on a susceptible male-sterile corn hybrid. *Plant Dis. Repr.* 57: 304-307.
- OSHIMA, N. 1975. The control of tomato mosaic disease with attenuated virus of tomato strain of TMV. *Rev. Plant. Prot. Res.* 8: 126-135.

- OSTAZESKI, S.A. and J.H. Elgin. 1984. Resistance induced by race 1 of *Colletotrichum trifolii* to race 2 in alfalfa resistant to race 1. *Plant Disease* 68: 285-288.
- SALLABERRY, A.R. 1982. Protecao induzida em plantas de arroz contra *Pyricularia oryzae* Cav. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasilia, 17(8): 1245-1248.
- SCHWENK, F.W. 1964. Studies on cross protection of flax rust fungi. MSc Thesis. North Dakota State University, Fargo 40p.
- SINHA, A.K. and N.C. Das. 1972. Induced resistance in rice plants to *Helminthosporium oryzae*. *Physiol. Plant Pathol.*, 2: 401-410.
- SKIPP, R. A. and B. J. Deverall. 1973. Studies on cross-protection in the anthracnose disease of bean. *Physiol. Plant Pathol.* 3: 299-314.
- SMITH, H. C. 1962. Is barley yellow dwarf virus a predisposing factor in the common root rot disease of wheat in Canada? *Can. Plant Dis. Surv.* 42: 143-144.
- TANI, T., Y. Yamashita, and H. Yamamoto. 1980. Initiation of induced nonhost resistance of oat leaves to rust infection. *Phytopathology* 70: 39-42.
- WATSON, R.D. and J.W. Guthrie. 1964. Virus-fungus interrelationships in a root rot complex in red clover. *Plant Dis. Repr.* 48(9): 723-727.
- WILSON, E.W. 1958. Rust-TMV cross protection and necrotic reaction in bean. *Phytopathology* 48: 228-231.
- VAN DER PLANK, J.E. 1975. Principles of plant infection. Academic Press, New York. p.216.
- VON ALTEN, H. und F. Schonbeck. 1981. Zum einfluss induzierter wirts-resistenz auf vitalitat und infektiositat von *Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint. *Phytopath. Z.*, 101: 271-274.

- YARDWOOD, C.E. 1953. Acquired resistance to TMV in bean. *Phytopathology* 43: 490. (Abstr.).
- YARWOOD, C.E. 1954a. Acquired immunity from bean rust. *Phytopathology* 44: 511 (Abstr.).
- YARWOOD, C.E. 1954b. Mechanisms of acquired immunity to a plant rust. *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.* 40: 374-377.
- YARWOOD, C.E. 1956. Cross protection with two rust fungi. *Phytopathology* 46: 540-544.
- YEH, S.D. and D. Gonsalves. 1984. Evaluation of induced mutants of papaya ringspot virus for control by cross protection. *Phytopathology* 74: 1086-1091.