

# Epidemiología y Control de Roya del Frijol [Uromyces appendiculatus (Pers.) Ung.] Mediante Mezclas en Cuarenteño, Variedad Endémica de Honduras

Jairo Castaño Z<sup>1</sup>  
José Zepeda<sup>2</sup>  
Silvio Zuluaga<sup>3</sup>

## INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa ampliamente cultivada en el mundo y en muchos países constituye la principal fuente de proteína de la nutrición humana (Zaunmeyer & Meiners, 1975).

La roya del frijol causada por *Uromyces phaseoli* (Ruben) Wint. (= *U. appendiculatus* (Pers.) Unger.), está distribuida mundialmente (Laundon & Waterston, 1965). En muchas áreas, ésta enfermedad constituye un factor limitante de la producción de frijol, siendo más severas las pérdidas en áreas tropicales. Las pérdidas son más severas

---

<sup>1</sup> Fitopatólogo. Departamento de Protección Vegetal (DPV), Proyecto de Manejo Integrado de Plagas en Honduras (MIPH) Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras; dirección actual, c/o Winrock International, Petit Jean Mountain, Morrilton, Arkansas 72110-9537

<sup>2</sup> Agrónomo DPV-MIPH/EAP-USAID.

<sup>3</sup> Fallecido. Fitomejorador. Departamento de Agronomía. Proyecto Bean Cowpea CRSP URP/EAP Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras.

cuando la enfermedad aparece antes de la floración. Cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo de la enfermedad, ésta puede causar pérdidas en el rendimiento superiores al 50% (Castaño et al., 1985).

El control de la roya del frijol mediante resistencia genética ha sido sólo temporal debido a la emergencia de razas fisiológicas nuevas. Como todas la royas, el hongo causante de la roya del frijol es altamente variable y es así como se han identificado 35 razas fisiológicas (Laundon & Waterston, 1965).

El frijol es altamente autofecundable, y los esquemas de mejoramiento han dado como resultado el desarrollo de variedades con alta uniformidad genética y homocigodad, haciéndolas vulnerables al ataque de patógenos (Coyne & Schuster, 1975).

El mantenimiento de variedades resistentes es complicado debido al gran número de razas fisiológicas presentes o potencialmente presentes en las poblaciones del hongo en el campo. Ningún gene simple o la combinación de genes para hipersensitividad pueden proveer resistencia a todas las razas del patógeno (Johnson, 1953; Johnson et al., 1969; Johnson & Newton, 1946). Por consiguiente, en el desarrollo de variedades comerciales se debe proveer continuamente resistencia genética a nuevas razas fisiológicas.

Aspersiones de fungicidas son frecuentemente recomendadas para controlar la roya del frijol. Debido a la alta tasa de desarrollo de la enfermedad, es necesario realizar aplicaciones frecuentes y tempranas de fungicidas (Berger, 1975). Según Berger (1975), si las aspersiones de fungicidas son retardadas hasta observar aproximadamente un nivel de severidad del 1 por ciento, ya habrá suficiente enfermedad latente en las variedades más susceptibles, de tal manera que en un lapso de 10 días la enfermedad puede alcanzar un nivel de severidad del 50 por ciento.

A medida que los programas de mejoramiento se tornan más sofisticados y las técnicas de la agricultura moderna son más exigentes con respecto a la uniformidad de los cultivos, la diversidad genética se va perdiendo y las nuevas variedades comerciales serán más vulnerables a enemigos naturales (Welsch, 1981). Pérdidas en el rendimiento debidas a hongos del follaje es un problema serio en áreas en donde los cultivos son sembrados intensamente. Por ejemplo, en Cuba, la principal variedad del frijol cultivada a través de la isla ha sido ICA-Pijao, una variedad originaria de Colombia. En algunas áreas, tales como Matanzas y Holguin, ICA-Pijao comprendía el 80% del área sembrada. Debido al

monocultivo intenso, ésta variedad ha sido afectada por epidemias severas de roya (Voysest, 1984, 1985). Durante las últimas décadas el control de enfermedades se ha realizado fundamentalmente mediante la transferencia de genes simples de resistencia a nuevos cultivares comerciales. Sin embargo, debido a la uniformidad genética de un cultivo sobre áreas extensas, se imponen fuerzas de selección sobre las poblaciones del patógeno y como consecuencia, los genes de resistencia se van quebrando uno a uno. Por lo tanto se requieren esfuerzos grandes para restablecer la diversidad genética mediante la implementación de nuevos métodos de cultivo.

Algunos estudios han revivido el interés en el estudio de mezclas varietales. Las ventajas prácticas de mezclar variedades diferentes de la misma especie, podrían ser: 1) Obtener un efecto sinérgico o cooperación entre los genotipos, tal como se ha observado en variedades de arroz (Roy, 1960), y en ciertos genotipos de cebada (Gustafson, 1953); 2) Tener un efecto estabilizador sobre el rendimiento, tal como se ha observado en soya (Probst, 1957), cebada (Suneson, 1956) y frijol Lima (Allard, 1961); y 3) Causar una reducción en la incidencia de enfermedades, tal como la observada en mezclas de avena atacadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* (Jensen, 1952; Suneson, 1960). Sin embargo, debido a los efectos de la selección natural pueden ocurrir cambios en la composición genotípica de las mezclas (Harlan & Martini, 1938; Suneson & Wiebe, 1942; Suneson, 1949; Rasmussen et al., 1967; Khalifa & Qualset, 1974; Jennings & De Jesus, 1968).

Las variedades puras estimulan su propia destrucción mediante la desestabilización de la población de los patógenos. Con royas de cereales se sabe que ocurren cambios en la población de esporas que eventualmente permiten atacar a las nuevas variedades. Con el fin de mantener la estabilidad del patógeno puede ser esencial permitir algún nivel de susceptibilidad en el cultivo (Leonard, 1969a). Suneson (1960), reporta que en una población de avena con 25 por ciento de individuos susceptibles a roya, no hay reducción significativa en el rendimiento. Borlaug (1959), sugiere que poblaciones de trigo con un rango de individuos susceptibles a roya entre 6 y 12.5 por ciento, no sufren de daño apreciable. De acuerdo a Jensen y Kent (1963), esto también es cierto en poblaciones de avena con un 40 por ciento de plantas susceptibles a roya. Esta información es mucho más pertinente en el caso de variedades multilíneas en donde la selección de las líneas componentes podrían ser reguladas para permitir algún nivel de susceptibilidad.

El cultivo de cereales constituye un ecosistema altamente simplificado, el cual involucra siembras intensivas sobre extensas áreas

de genotipos simples con resistencia al mildiú polvoso causado por *Erysiphe graminis*. Los cultivares son expuestos a poblaciones inmensas de esporas del hongo, las cuales son dispersadas fácilmente por el viento y poseen una gran variabilidad genética. Una selección en la población del patógeno debida al amplio uso del mismo cultivar, a menudo causa un aumento en la frecuencia de razas fisiológicas con patogenicidad específica que fácilmente pueden vencer la resistencia del hospedante. Por lo tanto, variedades nuevas con resistencia específica son con frecuencia exitosas cuando se introducen por primera vez, pero empiezan a decrecer en rendimiento tan pronto como la población del patógeno se adapta a ellas (Ethel, 1982).

La mezcla de variedades incrementa la complejidad de la población del hospedante, diversificando la presión de la selección sobre la población del patógeno, lo cual reduce la tasa de incremento de razas fisiológicas con patogenicidad específica (Ethel, 1982). Se sabe que la habilidad de muchas variedades endémicas y poblaciones naturales para comportarse bien en una amplia gama de ambientes, está asociada con algún nivel de heterogeneidad de la población de plantas.

El concepto de multilíneas propuesto inicialmente por Jensen (1952) y más tarde por Borlaug (1959), establece que una mezcla de líneas isogénicas que difieren solamente en su resistencia a razas específicas de un patógeno dado, deben actuar para limitar el desarrollo de la enfermedad.

Los mecanismos mediante los cuales las multilíneas reducen las pérdidas causadas por enfermedades han sido descritos por varios investigadores (Browning & Frey, 1969; Nelson, 1977). Se sugiere que una proporción del inóculo se deposita sobre tejido resistente, reduciéndose de ésta manera la cantidad de inóculo inicial (Van der Plank, 1963).

El análisis del progreso de una epidemia propuesto por Van der Plank (1963, 1965, 1967), proporciona una herramienta útil para analizar los efectos de mezclas de plantas resistentes y susceptibles sobre el desarrollo de enfermedades.

El uso eficaz de una multilinea requiere que varios factores sean considerados (MacKenzie, 1979). Uno de estos factores es el número de componentes en la multilinea. El número de componentes es inversamente proporcional a la cantidad de tejido susceptible si uno de los componentes sucumbe ante el ataque del patógeno. A medida que el número de componentes se incrementa en la multilinea, el nivel de

control debería ser aumentado, pero la relación seguirá teóricamente la ley del "retorno disminuído" (Leonard, 1969b). Esta ley establece que la ganancia en el control de la enfermedad por cada componente que se agrega a la multilinea, es menor que la ganancia obtenida por el componente previamente adicionado. Un segundo factor que debe ser considerado al conformar una multilinea es el nivel de reducción de la tasa de resistencia, y finalmente, la habilidad para limitar la enfermedad de tal manera que evite pérdidas en el rendimiento.

Leonard (1969c), sugiere que cuando se libere por primera vez una multilinea, ésta debe incluir un componente totalmente susceptible. Teóricamente, éste reducirá o eliminará la selección direccional sobre la población del patógeno y eventualmente predominarán razas simples. Al contrario se argumenta que la presencia de tejido completamente susceptible en una multilinea proporciona un sustrato ideal para que una raza evolucione e incremente su virulencia (Browning & Frey, 1969). Si esto es cierto, la presencia de un componente susceptible en una multilinea aumentaría la probabilidad del desarrollo de una "super raza". Desde este punto de vista, MacKenzie (1979), hace énfasis en limitar al máximo los componentes susceptibles. Sin embargo, de acuerdo a Borlaug (1959) y Hooker (1967), el desarrollo de super-razas no es posible. Por el contrario, las multilineas constituyen un paso a asemejar la compleja diversidad genética existente en la naturaleza, en donde, las super-razas aún no se han desarrollado.

La primera multilinea liberada fue Miramar 63, una variedad de trigo resistente a *Puccinia graminis* y *P. striiformis*. Esta variedad fue desarrollada por el Programa de la Fundación Rockefeller en Colombia (Rockefeller Foundation, 1963). Browning y Frey (1969), están convencidos de la utilidad de este sistema de mejoramiento y han liberado varias multilineas de avena resistentes a *Puccinia graminis* f. sp. *avenae*.

Hay mucho interés en el empleo de mezclas varietales como un medio de control de enfermedades fungosas cuyas esporas son diseminadas por el viento. Los mecanismos propuestos para limitar el desarrollo de epidemias dentro de mezclas varietales incluye: modificación del microclima; reducción de la disponibilidad de tejido susceptible y consecuente producción de esporas; protección cruzada e inhibición competitiva entre las mismas esporas (Burdon, 1978; Leonard, 1969b).

Debido a que la mayoría de los trabajos sobre el control de enfermedades mediante mezclas han sido realizados con cereales, es necesario examinar el efecto del control en otros cultivos.

Aprovechando las características que posee la variedad de frijol cuarenteño, variedad endémica de Honduras, se llevó a cabo ésta investigación, la cual tuvo como objetivos principales estudiar la epidemiología de la roya del frijol (*U. appendiculatus*) y su control, mediante mezclas de los componentes naturales de dicha variedad.

## MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, localizada a 800 msnm, en la época de postrera de 1986.

Se seleccionó la variedad de frijol cuarenteño, variedad endémica de Honduras, la cual está conformada en forma natural por 3 tipos de granos en diferentes proporciones, a saber: Rojo opaco oscuro (ROO: 47%), rojo opaco claro (ROC: 38%) y rojo brillante (RB: 15%).

Cuarenteño florece a los 30 días. Bajo presión fuerte de roya del frijol, los rendimientos de ésta variedad pueden oscilar entre 775 y 899 kg/ha. Sin embargo, la aplicación frecuente de fungicidas permite aumentar el ciclo de la variedad en 5 días y el potencial de rendimiento hasta 1433 kg/ha.

Tanto ROO como ROC son altamente susceptibles a roya. RB es resistente. Estos 3 componentes poseen características agronómicas similares. Aprovechando las características mencionadas, se procedió a preparar mezclas de estos componentes. Cada uno de éstos se utilizó individualmente, lo mismo que, mezclas en diferentes proporciones (Cuadro 1).

Por cada tratamiento se sembró 5 surcos de 3 m de largo. La distancia entre surcos fue de 0.5 m. Por cada surco se sembraron 30 semillas. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Con el propósito de asegurar una fuente de inóculo a través de todo el campo experimental, se sembró alrededor de éste, la variedad de frijol Danlí 46, la cual es altamente susceptible a roya.

Se aplicó metolachlor (11 l/ha) como herbicida pre emergente. El control de malezas post emergentes se realizó manualmente. Se efectuaron aplicaciones de methadimophos (1.5 l/ha) cada 10 días para

Trece días después de la siembra se inició lecturas semanales de tasa de desarrollo de la enfermedad de acuerdo a la fórmula propuesta por Van der Plank (1963). La severidad real de roya se determinó de acuerdo a los diagramas estándares desarrollados por Castaño (1984).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de acuerdo a la proporción Susceptible: Resistente (S:R) en la mezcla.

Tratamiento	Proporción (%) S:R
Cuarenteño <sup>1</sup>	85:15
Rojo Opaco Claro	100:00
Rojo Opaco Claro ± Rojo Opaco Oscuro ± Rojo Brillante	33:33:33
Rojo Opaco Claro ± Rojo Brillante	66:33
Rojo Opaco Claro ± Rojo Brillante	50:50
Rojo Opaco Claro ± Rojo Brillante	33:66
Rojo Brillante	00:100

<sup>1</sup> Mezcla natural de rojo brillante (15%), rojo opaco claro (38%) y rojo opaco oscuro (47%). Datos promedios obtenidos de una muestra de 4,000 semillas.

La última lectura se realizó a los 48 días después de la siembra, época en la cual se empezó a observar una marcada disminución en el nivel de enfermedad de algunos tratamientos.

Para cada tratamiento se calculó la tasa de desarrollo de roya a través del tiempo, y el área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad (Wilcoxon et al., 1975). De cada parcela se cosecharon los 3 surcos centrales, descartándose 0.5 m de cada extremo. Se tomaron datos de número de vainas por planta, peso de 100 granos y rendimiento. Se tomaron registros diarios de temperatura y precipitación durante todo el período experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el período experimental se registró una temperatura promedio de 21° C, óptima para la germinación de uredosporas de *U. appendiculatus* (Imhoff et al., 1981).

Hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos para severidad de la enfermedad, número de vainas por planta y rendimiento, pero no en peso de 100 granos.

La disminución de la severidad real de roya fue proporcional al incremento de la fuente resistente en la mezcla (Cuadro 2). El máximo nivel de severidad real fue de 18 por ciento para rojo opaco claro (ROC) y el mínimo fue de 2 por ciento por rojo brillante (RB).

Los primeros síntomas de la enfermedad se observaron 13 días después de la siembra en aquellas mezclas conteniendo una proporción alta de plantas susceptibles. Estos tratamientos mostraron los niveles

Cuadro 2. Prueba de Duncan para los promedios de severidad real de roya de acuerdo a la proporción de plantas susceptibles y resistentes en la mezcla.

Tratamiento	Proporción (%)	Severidad real
	S:R	$\bar{X}$
ROC <sup>1</sup>	100:0	0.18 A <sup>2</sup>
Cuarenteño	85:15	0.14 A B
ROC±RB	66:33	0.14 A B
ROC±ROO±RB	33:33:33	0.11 B C
ROC±RB	50:50	0.08 C D
ROC±RB	33:66	0.06 D
RB	0:100	0.02 E

<sup>1</sup> ROC = rojo opaco claro; ROO = rojo opaco oscuro; RB = rojo brillante

<sup>2</sup> Promedios seguidos con la misma letra no son diferentes estadísticamente.

más altos de severidad (Figura 1). A medida que se incrementó la fuente resistente en la mezcla, disminuyó la severidad de la enfermedad. Cuando la proporción de plantas resistentes y susceptibles fue de 1:1 es decir 50:50 por ciento, los primeros síntomas de roya se observaron a los 20 días después de la siembra. El principio de supresión de enfermedades mediante una mezcla de individuos resistentes y susceptibles, se basa en el hecho de que los últimos deben recibir alguna protección del incremento de enfermedad, ya que la reproducción de los patógenos debe ser menos sobre plantas resistentes y por lo tanto, menor cantidad de esporas estarán disponibles para causar infección. Asimismo, reciprocamente las plantas resistentes en una población de individuos susceptibles, deben estar sometidas a una mayor presión de enfermedad debido a la cantidad de esporas procedentes de los individuos susceptibles (Van der Plank, 1963; 1968). Solamente una proporción de esporas provenientes de plantas susceptibles se depositará sobre otras plantas susceptibles, reduciendo de ésta manera

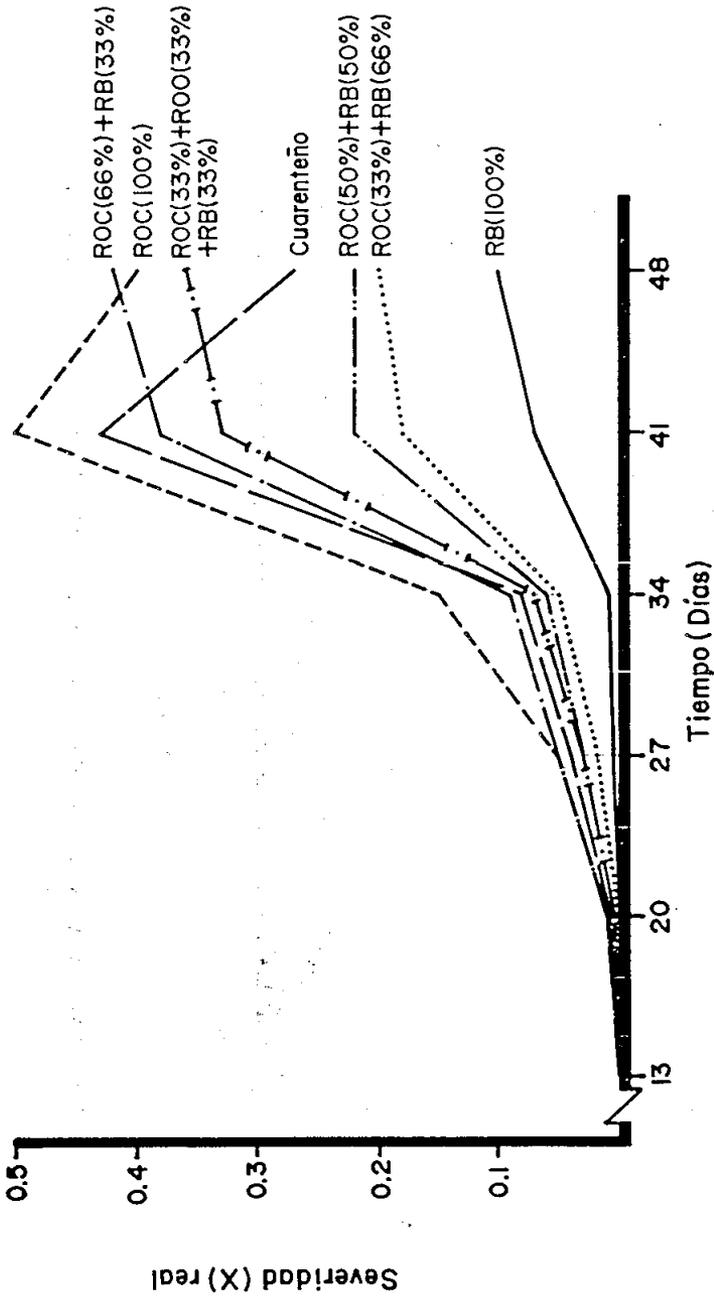


FIGURA 1. DESARROLLO DE LA ROYA (*U. appendiculatus*) A TRAVES DEL TIEMPO.

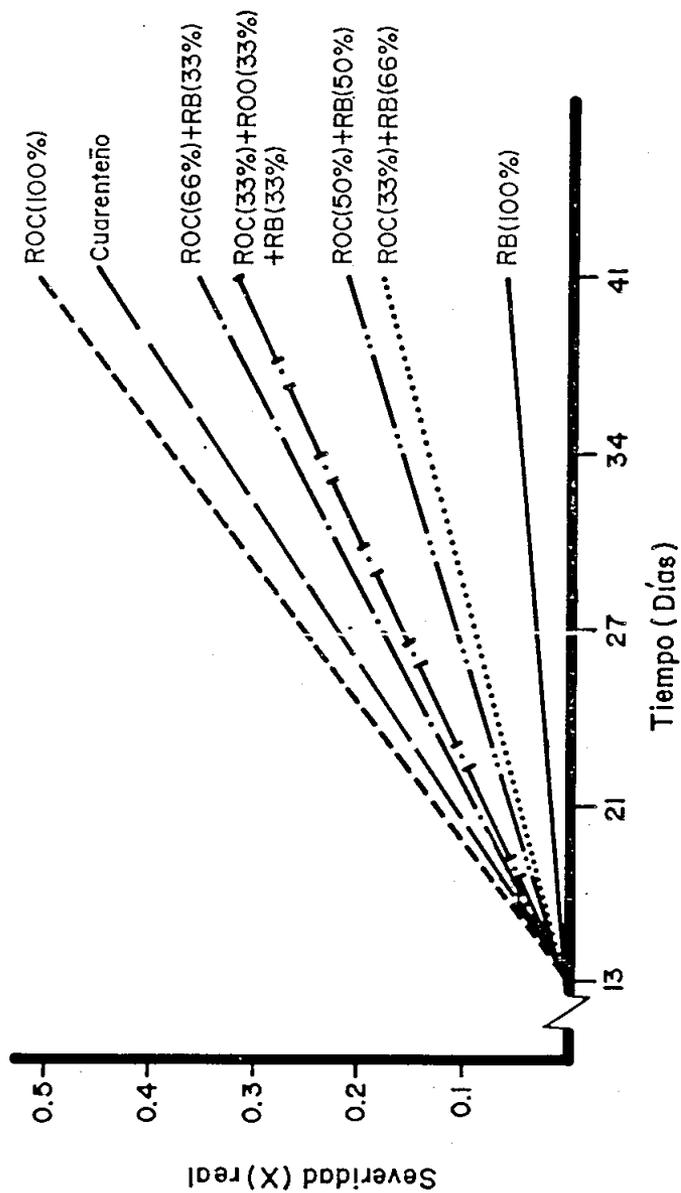


FIGURA 2. AREA BAJO LA CURVA DEL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD A TRAVES DEL TIEMPO.

enfermedad debido a la cantidad de esporas procedentes de los individuos susceptibles (Van der Plank, 1963; 1968). Solamente una proporción de esporas provenientes de plantas susceptibles se depositará sobre otras plantas susceptibles, reduciendo de ésta manera la tasa de desarrollo de la enfermedad. La reducción de la cantidad de inóculo inicial y la disminución de la tasa de desarrollo de la enfermedad en mezclas conteniendo 50 por ciento o mas de individuos resistentes, resultó al final en un nivel de severidad reducido, y por consiguiente, en un marcado incremento en el rendimiento.

El máximo nivel de severidad de la enfermedad se presentó a los 41 días después de la siembra, siendo más alta en aquellas poblaciones con una alta proporción de individuos susceptibles (Figura 1). Después de éste tiempo y dependiendo de la mezcla, el nivel de severidad de roya disminuyó, aumentó ligeramente o se mantuvo relativamente estable. Por ejemplo, la disminución de la severidad de la enfermedad fue marcada en aquellas mezclas en donde la proporción de individuos susceptibles fue superior al 85 por ciento. Este fenómeno se debió al temprano ataque de roya que sufrieron tales poblaciones y consecuentemente a la fuerte defoliación que causó en ellas. Para fines prácticos, los niveles de severidad más bajos se obtienen cuando la población de individuos resistentes en la mezcla es igual o superior al 50 por ciento.

A medida que se incrementó la fuente resistente en la mezcla, menor fue la tasa de desarrollo ( $r$ ) de la enfermedad y, por consiguiente, el área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad (Figura 2). Bajo condiciones ambientales favorables, la roya del frijol se caracteriza por tener una tasa de desarrollo alta. El valor de  $r$  osciló entre 0.19/día para rojo brillante y 0.25/día para rojo opaco claro. De acuerdo a Berger (1975), la tasa de desarrollo de la roya en cultivares susceptibles de frijol puede oscilar entre 0.15 y 0.40/día, los cuales, son relativamente altos, comparativamente con aquellos valores de la mayoría de las enfermedades foliares, las cuales se desarrollan generalmente a tasas inferiores a 0.1/día. Considerando éstos resultados, la tasa de desarrollo de roya en rojo brillante, componente resistente, está dentro de los límites de las tasas de desarrollo de la enfermedad en variedades susceptibles. Los valores observados por Berger (1975), probablemente sean válidos para áreas templadas, pero no para áreas tropicales en donde la roya del frijol puede llegar a ser un factor limitante de la producción de ésta leguminosa.

En general, a medida que disminuye la población de individuos resistentes en la mezcla, mas temprano es el ataque y mayor la severidad de roya, menor el número de vainas producidas por planta (Cuadro 3),

Nasser, 1976). El efecto de la presencia de individuos resistentes en una población de plantas es tan marcado sobre el rendimiento, que la sola presencia de rojo brillante en la mezcla natural de cuarenteño, permitió aumentar los rendimientos en un 75 - 108 por ciento con respecto a rojo opaco oscuro y rojo opaco claro, respectivamente.

Existe una alta correlación negativa (-0.94) entre la severidad final de roya y rendimiento (Figura 3). De acuerdo a la ecuación  $Y = 500.1 - 726.4X$  cada unidad de severidad real de roya disminuye los rendimientos

Cuadro 3. Prueba de Duncan para los promedios de número de vainas por planta de acuerdo a la proporción de plantas susceptibles y resistentes en la mezcla.

Tratamiento	Proporción (%)		Numero de Vainas Por Planta $\bar{X}$
	S:	R	
RB <sup>1</sup>	0	:100	10 A <sup>2</sup>
ROC ± RB	33	:66	9 A
ROC ± ROO ± RB	33	:33:33	9 A
ROC ± RB	50	:50	7B
Cuarenteño	85	:15	6 B
ROC ± RB	66	:33	6 BC
ROC	100	:0	5C

<sup>1</sup> RB = rojo brillante; ROC = rojo opaco claro; ROO = rojo opaco oscuro.

<sup>2</sup> Promedios seguidos con la misma letra no son diferentes estadísticamente.

Cuadro 4. Prueba de Duncan para los promedios de rendimiento (kg/ha) de acuerdo a la proporción de plantas susceptibles y resistentes en la mezcla.

Tratamiento	Proporción (%)		Rendimiento (kg/ha) X
	S:	R	
RB <sup>1</sup>	0	:100	412.60A <sup>2</sup>
ROC ± RB	33	:66	386.30B
ROC ± RB	50	:50	324.30 C
ROC ± ROO ± RB	33	:33:33	307.93 C
ROC ± RB	66	:33	272.83D
Cuarenteño	85	:15	223.77E
ROC	100	:0	107.77F

<sup>1</sup> RB = rojo brillante; ROC = rojo opaco claro; ROO = rojo opaco oscuro.

<sup>2</sup> Promedios seguidos con la misma letra no son diferentes estadísticamente.

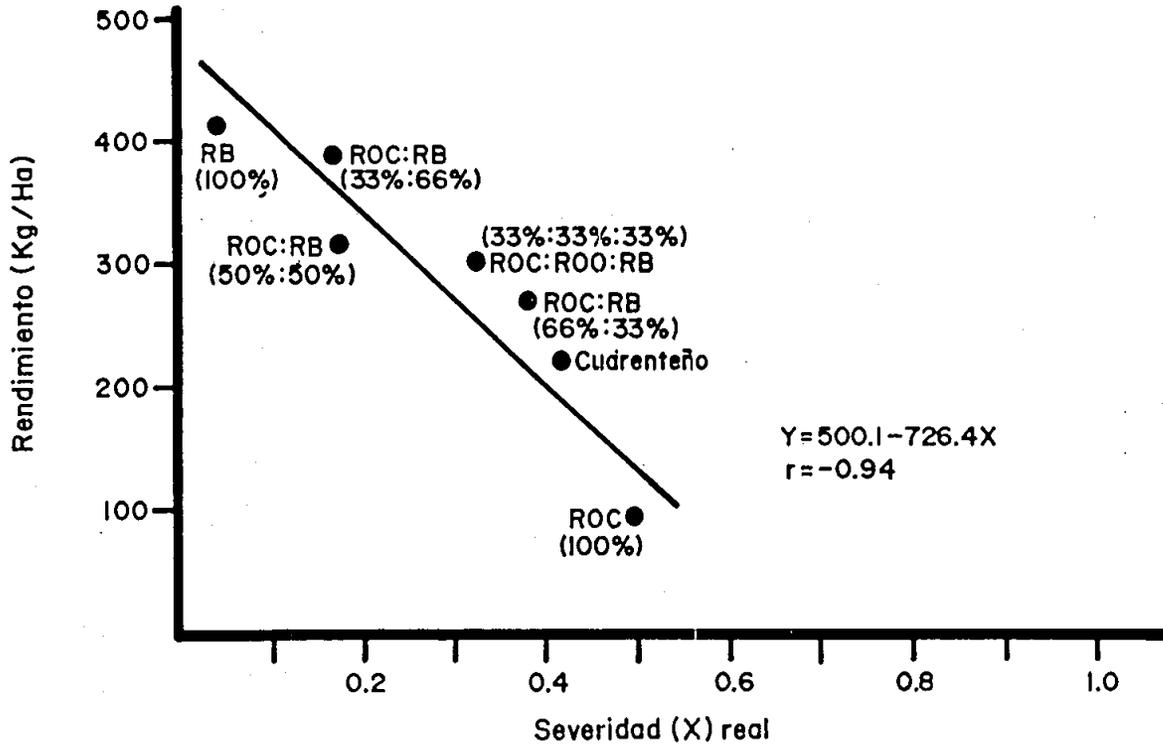


FIGURA 3. RELACION ENTRE LA SEVERIDAD FINAL MAXIMA Y EL RENDIMIENTO.

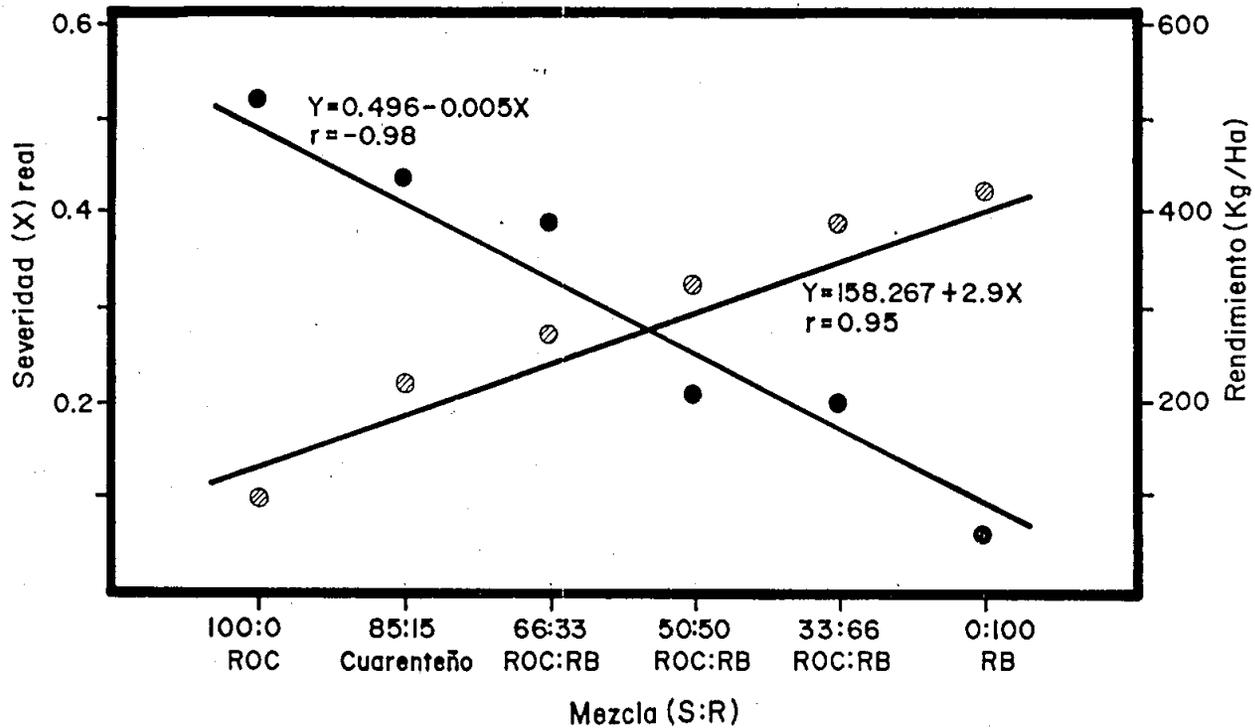


FIGURA 4. EFECTO DEL INCREMENTO DE PLANTAS RESISTENTES EN LA MEZCLA SOBRE LA SEVERIDAD REAL DE ROYA Y EL RENDIMIENTO.

Existe una alta correlación negativa (-0.94) entre la severidad final de roya y rendimiento (Figura 3). De acuerdo a la ecuación  $Y = 500.1 - 726.4X$  cada unidad de severidad real de roya disminuye los rendimientos en aproximadamente 7.3 kg/ha. La disminución de la severidad de la enfermedad y por consiguiente el aumento en el rendimiento es proporcional al incremento de individuos resistentes en la mezcla (Figura 4). Las ecuaciones  $Y = 0.496 - 0.005X$  y  $Y = 158.267 + 2.9X$ , en donde X representa la proporción de individuos resistentes en la mezcla, permiten predecir la proporción óptima de individuos resistentes requeridos para obtener determinado nivel de severidad de roya y rendimiento, respectivamente.

Estos resultados destacan la importancia que tiene el uso de mezclas como alternativa de control de la roya del frijol. El empleo de mezclas puede desempeñar un papel importante, aunque parece que no ejerce un mejor control que el tratamiento con fungicidas. Sin embargo, el costo de los fungicidas y las ventajas que poseen las mezclas (Allard, 1961; Gustafson, 1953; Jensen, 1952; Probst, 1957; Roy, 1960; Suneson, 1956, 1960), deben ser considerados. Una combinación de mezclas y aplicación de fungicidas debe proveer un control más prolongado y económico de *U. appendiculatus*.

## REFERENCIAS

- ALMEIDA, A. M. R., G. M. Chavé, y L. Zambolim. 1977. Influencia da época de ataque de *Uromyces phaseoli typica* Arth. sobre o rendimento de dua variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em casa - de - vegetacao. Fitopatología Brasileira 2:17-21.
- ALLARD, R. W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. Crop Sci. 1: 127-133.
- BERGER, R. D. 1975. Predicting the progress of bean rust (*Uromyces phaseoli*) by average apparent infection rates. Phytopathology 65:73.
- BORLAUG, N. E. 1959. The use of multilineal or composite varieties to control air borne epidemic diseases of self pollinated crop plant. Proc. I. Intern. Wheat Genet. Symp. Winnipeg, Canada. pp. 12-26.
- BROWNING, A. J. and K. J. Frey. 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. Ann. Rev. Phytopath. 7:355-382.

- BURDON, J. J. 1978. Mechanisms of disease control in heterogeneous plant populations - an ecologist's view, pp. 193-200. In: P.R. Scott & A. Bainbridge (Ed.): Plant Disease Epidemiology. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- 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. 41 p.
- CASTAÑO, J., C. A. Montoya, y M.A. Pastor - Corrales. 1985. Influencia del tipo de pústula de roya *Uromyces phaseoli* (Reben) Wint. sobre el rendimiento de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia. 21 p.
- COYNE, D. P. and M. L. Schuster. 1975. Genetic and Breeding Strategy for resistance to rust (*Uromyces phaseoli* (Reben) Wint.) in Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Euphytica 24:795-803.
- ETHEL, M. W. 1982. The effects of mixing barley cultivars on incidence of powdery mildew (*Erysiphe graminis*) and on yield in Northern Ireland. Ann. Appl. Biol. 101:539-545.
- GUSTAFSON, A. 1953. The cooperation of genotypes in barley. Hereditas 39: 1-18.
- HARLAN, H. V. and M. L. Martini. 1938. The effect of natural selection in a mixture of barley varieties. J. Agric. Res. 57: 189-199.
- HOOKER, A. L. 1967. The genetics and expression of resistance in plants to rust of the genus *Puccinia*. Ann. Rev. Phytopath. 5:163.
- IMHOFF, M. W., C. E. Main, and K. J. Leonard. 1981. Effect of temperature, dew period, and age of leaves, spores, and source pustules on germination of bean rust urediospores. Phytopathology 71: 577-583.
- JENNINGS, P. R. and J. De Jesus, Jr. 1968. Studies on competition in rice. I. Competition in mixtures and varieties. Evolution 22: 119-124.
- JENSEN, N. F. 1952. Intra-varietal diversification in oat breeding. Agron. J. 44: 30-34.

- JENSEN, N. F. and G. C. Kent. 1963. New approach to an old problem in oat production. *Farm. Res.* 29: 4-5.
- JOHNSON, T. 1953. Variation in the rust of cereals. *Biol. Rev.* 28:105-157.
- JOHNSON, T. and M. Newton. 1946. Specialization, hybridization and mutation in the cereal rusts. *Bot. Rev.* 12:337-382.
- JOHNSON, T., G. Green, and D. J. Samborski. 1967. The world situation of the cereal rusts. *Ann. Rev. Phytopath.* 5: 183-200.
- KHALIFA, M. A. and C. O. Qualset. 1974. Intergenotypic competition between tall and dwarf wheats. I. In mechanical mixtures. *Crop Sci.* 14: 795-799.
- LAUNDON, G. F. and J. M. Waterston. 1965. *Uromyces appendiculatus*. C. M. I. Description of pathogenic fungi and bacteria. No. 57. 2 p.
- LEONARD, K. J. 1969a. Genetic equilibria in host-pathogen system. *Phytopathology* 59: 1858-1863.
- LEONARD, K. J. 1969b. Factors affecting rates of stem rust increase in mixed plantings of susceptible and resistance oat varieties. *Phytopathology* 59: 1845-1850.
- LEONARD, K. J. 1969c. Selection in heterogeneous populations of *Puccinia graminis* f. sp. *avenae*. *Phytopathology* 59: 1851-1857.
- MACKENZIE, D. R. 1979. The multiline approach in controlling some cereal diseases, pp. 199-216. In: *Proceeding of the Rice Blast Workshop, IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.*
- NASSER, L. C. B. 1976. Efeito da ferrugem em diferentes estadios de desenvolvimento do feijoeiro e dispersao de esporos de *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth. Tesis M.S., Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil. 79 p.
- NELSON, R. R. 1977. The use of resistance genes to curb population shifts in plant pathogens, pp. 49-66 In: R. R. Nelson (Ed.). *Breeding plants for disease resistance.* The Pennsylvania State University Press, University Park, PA.

- PROBST, A. H. 1957. Performance of variety blends in soybeans. *Agron. J.* 49: 148-150.
- RASMUSSEN, D. C., B. H. Beard, and F. K. Johnson. 1967. Effect of natural selection on performance of a barley population. *Crop Sci.* 7:543.
- ROCKEFELLER FOUNDATION. 1963. Program in Agr. Sci. Annual Report 1963-1964. 310 p.
- ROY, S. K. 1960. Interaction between rice varieties. *J. of Genetics* 57: 137-152.
- SUNESON, C. A. 1949. Survival of four barley varieties in a mixture. *Agron. J.* 41: 459-461.
- SUNESON, C. A. 1956. An evolutionary plant breeding method. *Agron. J.* 48: 188-191.
- SUNESON, C. A. 1960. Genetic diversity - a protection against plant diseases and insects. *Agron. J.* 52: 319-321.
- SUNESON, C. A. and G. A. Wiebe. 1942. Survival of barley and wheat varieties in mixtures. *J. Am. Soc. Agron.* 34: 1052-1056.
- VAN DER PLANK, J. E. 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York. 349 p.
- VAN DER PLANK, J. E. 1965. Dynamics of epidemics of plant disease. *Science* 147:120-124.
- VAN DER PLANK, J. E. 1967. Spread of Plant Pathogens in space and time, pp. 227-246. In: P. H. Gregory and J. L. Monteih (Ed.). Airborne microbes. 17th Symp. Gen. Microbiol.
- VAN DER PLANK, J. E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press, New York. 206 p.
- VOYSEST, O. 1984. Informe de viaje a Cuba. Programa de Frijol, CIAT, Cali, Colombia. 12 p.
- VOYSEST, O. 1985. Informe de Viaje a Cuba. Programa de Frijol, CIAT, Cali, Colombia. 10 p.

WELSCH, J. R. 1981. Fundamentals of Plant Genetics and Breeding. pp. 194-195.

WILCOXSON, R. D., B. Skovmand, and A. H. Atif. 1975. Evaluation of wheat cultivars for ability to retard development of stem rust. *Ann. Appl. Biol.* 80: 275-281.

ZAUMEYER, W. J. and J. D. Meiners. 1975. Disease Resistance in Beans. *Ann. Rev. Phytopath.* 13: 320-322.