



Resistencia Parcial y pérdidas de rendimiento de variedades de fréjol arbustivo en Ecuador

Roya amarilla del trigo en el Ecuador, selección por resistencia cuantitativa

Evaluación de técnicas, fuentes y fechas de inoculación de *fusarium spp.* en maíz de altura en Ecuador

Resistencia Parcial y pérdidas de rendimiento de variedades de fréjol arbustivo en Ecuador*

Colaboración INIAP - Proyecto Resistencia Duradera en la Zona Andina (Preduza).

José Ochoa, Ing. Agr. ¹
Edwin Cruz, Ing. Agr. ²
Angel Murillo, Ing. Agr. ³

RESUMEN

La Resistencia Parcial (RP) de roya en fréjol es más eficientemente discriminada utilizando la escala de Niveles de Severidad. La escala del fitomejorador discrimina eficientemente las fuentes de Resistencia Completa pero no diferencia niveles importantes de RP. Algunas variedades de fréjol cultivadas poseen buenos niveles de RP, donde las pérdidas de rendimiento son bajas, mientras que variedades muy susceptibles pueden presentar pérdidas del rendimiento hasta del 99%.

INTRODUCCION

La roya (*Uromyces appendiculatus*) es la enfermedad más estable del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) en nuestro país, principalmente por su flexibilidad para adaptarse a las fuentes de resistencia presentes en las variedades criollas y mejoradas. La resistencia genética es la alternativa más viable de control de esta enfermedad, la que debe ser adecuadamente caracterizada para identificar fuentes de resistencia potencialmente duraderas.

La RP, conceptualizada como aquella que se caracteriza por bajos Niveles de Severidad a pesar de Tipos de Reacción (TR) altos (Parlevliet and Van ommeren, 1975) es una alternativa que se podría explotar en los programas de mejoramiento genético del fréjol. Considerando que la RP acepta la presencia de enfermedad es necesario conocer cuáles son los niveles que causan pérdidas económicas del rendimiento.

En el presente estudio se caracterizó los niveles de RP presentes en diferentes variedades y líneas de fréjol que se cultivan en Ecuador. Luego se seleccionaron líneas con diferentes niveles de RP, en las que se estudiaron las pérdidas de rendimiento causadas por roya.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en la Granja Tumbaco del INIAP en Quito-Ecuador. En el primer experimento se caracterizó la resistencia de 12 variedades de fréjol (Cuadro 2). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada variedad se sembró en una parcela de 4 surcos de 3m separados a 0.8 m. Se compararon cuatro escalas de evaluación de la enfermedad. La primera escala fue la desarrollada por J. Stouhouse, que consiste en identificar la cobertura real de la hoja por la enfermedad. La segunda escala califica el Tipo de Reacción (TR) (Tipo de Pústula) en 6 categorías (Staveland et al. 1989). La tercera escala considera el porcentaje visual que la enfermedad cubre en la planta conocida como Niveles de Severidad (NS) (CIAT, 1987) y la cuarta escala fue de 1-9 del fitomejorador (CIAT, 1987). La escala del fitomejorador es estándar para evaluar todas las enfermedades del fréjol.

Para el segundo experimento se seleccionaron seis variedades de fréjol con diferentes niveles de RP. En estas variedades se estudió las pérdidas del rendimiento causadas por roya, para lo que la mitad de la parcela de cada variedad se pro-

¹ Técnico del Departamento Nacional de Protección Vegetal de Estación Experimental Sta. Catalina.

² Técnico de Protección y Servicios de la Estación Experimental Sta. Catalina.

³ Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Sta. Catalina.

tegió y la otra mitad se expuso a una epidemia de roya. Se aplicó un diseño de parcela dividida con tres repeticiones. La protección de las variedades contra la roya se realizó con aplicaciones semanales de oxicarboxin a partir de la presencia de la enfermedad. El fungicida se aplicó en una concentración de 2.5%. La evaluación de la enfermedad se realizó antes de la aplicación del fungicida. En la evaluación se calificó el tipo de reacción (Stavely et al. 1989) y los Niveles de Severidad de la enfermedad (CIAT, 1987). Las parcelas de los dos experimentos estuvieron ex-

puestas a una epidemia uniforme de roya del aislamiento A11, que se colectó en Tumbaco y presentó virulencias para las diferenciales Pinto 350 y Brown Beauty del juego estándar y para las seis variedades del segundo experimento (Cuadro 4). La epidemia de la enfermedad se originó de bordes de la variedad susceptible Red Small Garden, la que se sembró en forma transversal a los bloques de los experimentos. Este borde se inoculó transplantando plantas previamente inoculadas y a punto de esporular.

RESULTADOS

Primer experimento: Evaluación de 12 variedades de fréjol al aislamiento 11 de roya del fréjol.

En el cuadro 1 se observa el análisis de variancia para el TR, escala J. Stouhouse, escala de NS y la escala del fi-

tomejador. Se observaron diferencias altamente significativas para variedades para todas las escalas, diferencias altamente significativas para repeticiones para las escalas J. Stouhouse y Mejorador y diferencias significativas para repeticiones para NS.

Cuadro 1.- Análisis de Variancia para las diferentes escalas de evaluación de roya estudiados en la evaluación de variedades con diferentes tipos de resistencia. Ecuador 1998.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Tipo Reacción	J. Stouhouse	N. Severidad	Mejorador
Repeticiones	2	0.028 ns	7.00 *	51.768 *	0.00 *
Variedades	11	2.141 **	7.758 **	736.84 **	12.674 **
Error	22	0.331	1.394	21.101	0.242
C.V.		16.7	50.6	30.54	9.67

Evaluaciones realizadas a los 86 días de la siembra en la etapa final de formación de vainas.

En el cuadro 2, se describen los análisis de medias para los cuatro tipos de escalas de roya estudiados. Para el TR se observaron dos rangos de significación; el rango **a** que involucra todas las variedades con reacciones superiores al TR 4 y el rango **b** que incluye todas las variedades a excepción de Red Small Garden. Para la escala J. Stouhouse se observaron igualmente dos rangos de significación; el rango **a** que involucra a las variedades Red Small Garden y Cargabello y el rango **b** que involucra a todas las variedades con excepción de la variedad Red Small Garden. La escala de NS discrimina cinco rangos de significación; el rango **a** que involucre solo la variedad Red Small Garden, el rango **b**, que en forma clara

involucra las variedades Cargabello, Paragachi, San Antonio, Centro Negro, Imbabello, Uribe y Mil Uno, el rango **e** involucra a las variedades Mil Uno, Vilcabamba, Yunguilla, Canario Imbabura y Cocacho que son las que menos enfermedad presentaron. La escala del mejorador realizó una discriminación similar a la escala de NS. El rango **a** incluyó a las variedades Red Small Garden y Cargabello, variedades muy susceptibles, el rango **b** a las variedades Paragachi, San Antonio, Centro Negro, Imbabello y Uribe, el rango **d** incluyó a las variedades Mil Uno, Vilcabamba y Yunguilla, el rango **b** y **d** incluyen variedades con diferentes niveles de Resistencia Parcial, mientras que el rango **e** incluye las variedades con Resistencia Completa Canario Imbabura y Cocacho.

Cuadro 2.- Análisis de Medias para las diferentes escalas de evaluación de roya estudiados en la evaluación de variedades con diferentes tipos de resistencia - Ecuador 1998

Variedades	Tipos Pústula	J. Stouhouse	Coob. Scale	Mejorador
Red Small Garden	5.0 a	6.67 a	58.3 a	8.0 a
Cargabello	3.7 ab	3.33 ab	20.0 b	6.7 a
Paragachi	4.0 ab	1.67 b	18.3 b	6.3 b
San Antonio	3.7 ab	1.00 b	18.3 b	5.3 bc
Centro Negro	3.7 ab	2.33 b	18.3 b	6.3 b
Imbabello	4.0 ab	3.0 b	16.7 bc	5.7 b
Uribe	3.7 ab	2.33 b	15.0 bcd	6.7 ab
Mil Uno	4.0 ab	2.33 b	9.3 bcde	4.0 cd
Vilcabamba	2.3 b	1.67 b	3.0 cde	5.3 bc
Yunguilla	2.3 b	1.0 b	2.3 de	3.7 d
Canario Imbabura	2.3 b	0.67 b	0.4 e	1.0 e
Cocacho	2.7 b	0.67 b	0.4 e	2.0 e

Evaluaciones realizadas a los 86 días de la siembra en la etapa final de la formación de vainas.

Segundo experimento: Pérdidas de rendimiento causadas por roya en variedades de fréjol con resistencia parcial.

En el cuadro 3 se observa en análisis de variancia pa-

ra el TR y NS. Se observaron diferencias significativas para el TR para variedades y para el TR y NS para repeticiones. Además, se observaron diferencias altamente significativas de los NS para variedades.

Cuadro 3.- Análisis de Variancia del Tipo de Reacción y Niveles de Severidad de roya en la evaluación de pérdidas del rendimiento de seis variedades de fréjol cultivadas en Ecuador. 1999.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Tipo Pústula	Cuadrados Medios	
			Niveles de Severidad	
			Ira hoja trifoliada	Parcela
Repeticiones	2	0.682 *	90.017 *	41.026 *
Variedades	5	1.761 **	1464.743 **	2780.698 **
Error	10	0.660	108.933	38.621
CV		18.00	16.40	17.91

Evaluaciones realizadas a los 82 días de la siembra.

En el cuadro 4 se describe el análisis de medias para los TR y NS de roya de las variedades estudiadas. Para el TR se observa un solo rango de significación. La tendencia de los NS cuando se evalúa en la primera hoja trifoliada y la parcela en forma global son diferentes. La evaluación en la parcela global presenta tres rangos de significación; el rango **a** que corresponde a la variedad Red Small Garden, el rango **b** que incluye a las variedades San Antonio, Cargabello y Paragachi y el rango **c** que incluye las variedades desde Cargabello hasta Yunguilla.

Cuadro 4.- Análisis de Medias del Tipo de Pústula y Niveles de Severidad de roya en la evaluación de pérdidas de rendimiento causadas por roya en seis variedades de fréjol cultivadas en Ecuador. 1999.

Variedades	Tipo Pústula	Escala de Coob	
		Trifoliada	Parcela
1 Red Small Garden	5.7 a	100 a	93.3 a
4 San Antonio	4.0 a	70 ab	35.0 b
3 Cargabello	5.0 a	55 b	33.3 bc
2 Paragachi	4.0 a	55.3 b	23.3 bc
6 Mil Uno	4.0 a	66.7 ab	16.7 c
5 Yunguilla	4.3 a	31.7 b	10.0 c

Evaluaciones realizadas a los 82 días de la siembra.

En el cuadro 5 se observa el análisis de variancia para el Rendimiento Real (RR), Rendimiento Potencial (RPo) y Pérdida de Rendimiento (PR) de las variedades estudiadas. En todos los casos se observaron diferencias altamente significativas para variedades y diferencias no significativas para repeticiones.

Cuadro 5.- Análisis de Variancia del Rendimiento Potencial, Rendimiento Real y Pérdidas del Rendimiento, causados por roya en seis variedades del fréjol cultivadas en Ecuador. 1999.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		R. Potencial	R. Real	P. Rendimiento
Repeticiones	2	0.011 ns	0.004 ns	0.005 ns
Variedades	5	0.007 **	0.018 **	0.008 **
Error	10	0.004	0.001	0.004
C.V.		36.63	27.63	78.84

Evaluaciones realizadas a los 82 días de la siembra.

En el cuadro 6 se describen los análisis de medias para los NS, RR, RPo y PR de las variedades estudiadas. Para el RR se observaron tres rangos de significación: el rango **a** que involucra a las variedades San Antonio, Yunguilla, Paragachi y Mil Uno; el rango **b** que involucra a las variedades Paragachi y Mil Uno y el rango **c** que involucra a la variedad Red Small Garden. Para el RP se observaron dos rangos: el rango **a** que involucra a las variedades San Antonio y Red Small Garden y el rango **b** que involucra a las variedades Red Small Garden, Paragachi, Yunguilla y Mil Uno. Para las PR se observaron tres rangos de significación: el rango **a** involucró a las variedades Red Small Garden y San Antonio con pérdidas del 99% y 45.9% respectivamente, el rango **b** que involucra a las variedades San Antonio y Mil Uno y el rango **c** que involucra a las variedades Mil Uno, Paragachi y Yunguilla con pérdidas en rendimiento del 29%, 24% y 14% respectivamente.

Cuadro 6 - Análisis de Medias de los Niveles de Severidad, Rendimiento Potencial, Rendimiento Real y Pérdidas del Rendimiento causados por roya en seis variedades de fréjol cultivadas en Ecuador. 1999.

Variedades	N. Severidad	R. potencial *	R. real *	P. rendimiento *
1 Red Small Garden	93.33 a	1289 ab	11.88 c	1277(99%) a
4 San Antonio	35.0 b	1829 a	987.1 a	837.9(46%) ab
2 Paragachi	23.33 bcd	1150 b	875.4 ab	274.8(24%) c
6 Mil Uno	16.67 cd	975 b	689 ab	285(29%) bc
5 Yunguilla	10.00 d	1113 b	961.5 a	151.7 (14%) c

Evaluaciones realizadas a los 82 días de la siembra. *Kg/ha.

DISCUSION

Las escalas de evaluación de roya analizadas resultaron diferentes al discriminar características de resistencia en las variedades estudiadas. Aunque los tipos de reacción difícilmente pueden discriminarse estadísticamente, las variedades que se agruparon en el rango **a** corresponden a aquellas que son compatibles con el aislamiento 11, mientras que las variedades que presentaron tipos de reacción inferiores a tres, lo más probable es que poseen resistencia completa eficiente. Aunque se observaron diferencias claras de reacción entre variedades utilizando la escala de J. Stouhouse, éstas estadísticamente no pudieron ser discriminadas, probablemente por los valores reducidos que utiliza la escala. Las 12 variedades de fréjol estudiadas fueron más claramente discriminadas utilizando las escalas de NS y la del Fitomejorador. Utilizando la escala de NS se pudo discriminar la variedad más susceptible Red Small Garden del res-

to de variedades (Rango **a**), esta escala agrupó a las variedades que poseen ciertos niveles de Resistencia Parcial, las que presentaron Nivel de Severidad entre 9.3% y 20% (Rango **b**) y aquellas que poseen buenos niveles de Resistencia Parcial, entre 2.3% y 15% de NS (Rango **d**). También discriminó las líneas que poseen Resistencia Completa (Sólo rango **e**). La escala del Fitomejorador tiende a categorizar tres niveles básicos de enfermedad: el nivel alto que está representado por el rango **a**, el nivel intermedio representado por el rango **b** y el nivel bajo por el rango **e**. Este comportamiento de agrupación identificó estadísticamente de mejor manera las líneas con Resistencia Completa, pero no discriminó diferencias en resistencia cuantitativa, por ejemplo agrupa en la misma categoría estadística a la variedad Red Small Garden que posee NS de 58.3% con Cargabello que posee NS de 20%. La escala de NS evidentemente discrimina de mejor manera diferencias de orden cuantitativo, por lo que puede ser la más adecuada para evaluar Resistencia Parcial.

Las seis variedades utilizadas para evaluar pérdidas de rendimiento presentaron diferencias claras de resistencia, aunque solo se agruparon en dos rangos de significación cuando se evaluó primera hoja trifoliada y en tres rangos de significación, cuando se evaluó la parcela en forma global (Cuadro 4). Además la variedad Mil Uno tiene diferentes respuestas cuando se evalúa en la hoja trifoliada, que cuando se evalúa en la parcela en forma global. Este comportamiento puede deberse a que la frecuencia de infección en esta variedad puede ser alta y la disminución en la severidad global de la parcela puede deberse a que en esta variedad actúan otros componentes de la resistencia, diferentes a la frecuencia de infección.

En Tumbaco, las variedades San Antonio y Red Small Garden son las que mejor Rendimiento Potencial presentaron, a pesar de ser las más susceptibles. La variedad San Antonio posee también los mejores Rendimientos Reales, esto puede deberse a los buenos niveles de adaptación que posee en las condiciones de Tumbaco. La variedad Red Small Garden registró los más bajos niveles de

Resistencia Real, lo que obviamente se debe a los altos NS que presentó. Los Rendimientos Potenciales de las variedades Paragachi, Yunguilla y Mil Uno son similares, pero los Rendimientos Reales de la variedad Yunguilla son mucho mayores, lo que se debe a los buenos niveles de Resistencia Parcial. Las pérdidas de rendimiento por roya en Red Small Garden llegan al 99%, lo que se debe a la alta susceptibilidad de esta variedad (NS = 93%). Las pérdidas de rendimiento de San Antonio son igualmente altas (46%), aunque los niveles de susceptibilidad no son muy altos (NS=35%), evidentemente esta variedad es poco tolerante. La variedad Paragachi a pesar de poseer niveles considerables de enfermedad (23%) no presentó pérdidas significativas del rendimiento (24%), por lo que puede considerarse una variedad tolerante. La variedad Mil Uno, aunque posee buenos niveles de resistencia (NS=17%), presenta pérdidas considerables de rendimiento (29%), por lo que puede estimarse poco tolerante. La variedad Yunguilla es la que mejores niveles de Resistencia Parcial poseen, lo que se refleja en los niveles bajos de pérdidas de rendimiento (13%).

BIBLIOGRAFÍA

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart van Schoonhoven y Marcial A. Pastor –Corrales (comps). Cali, Colombia . 56p.
- Parlevliet, J. E and A. VAN Ommeren. 1975. Partial resistance of barley to leaf rust. *Puccinia hordei*. II relationship between field trials, microplot tests and latent period. *Euphytica* 24:293-303.
- Stavelly, J.R., Steadman, J.R., and Mcmillan, R.T., Sr. 1989. New pathogenic variability in *Uromyces appendiculatus* in North America. *Plant Dis.* 73:428-432.