

Resistencia del Frijol a Mustia Hilachosa y su Interacción con la Lluvia¹

G. Frías*, M.R. Rojas*, S. Saborío**

ABSTRACT

The effect of environmental conditions on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) resistance to web blight (WB) caused by *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk was evaluated in Esparza, Costa Rica, in 1988. Disease severity and environmental factors were monitored on two plantings at the National Web Blight Nursery of Costa Rica (VINTE) and two of the International Web Blight Nursery Elite (VIM Elite). The VINTE was spray inoculated with mycelial suspensions of *T. cucumeris*, and the VIM Elite was exposed to natural inoculum in the field. All bean lines presented lower disease severities than the susceptible control, "BAT 1155" when the average rainfall during crop development was 87 - 92 mm/10 days. However, with rainfalls of 134 - 168 mm/10 days, these lines were as susceptible as "BAT 1155" VINTE bean lines exposed to an average rainfall of 92 mm/10 days could not be differentiated from the susceptible control, based on the number of WB lesions four days after inoculation with mycelial suspensions. However, 23 days after inoculation, all lines had disease severities significantly lower than "BAT 1155". This suggests that WB resistance is a plant physiological response triggered by the fungus during infection, and results in lower growth rate of the pathogen within the infected tissue. To explain the interaction rainfall-WB resistance, the following hypothesis is proposed: Intensity of plant reaction to the infection by *T. cucumeris* varies according to soil moisture. High rainfalls (134-168 mm/10 days) increase soil moisture to levels that completely inhibit plant resistant reaction to the pathogen. Knowledge gained on the interaction rainfall-resistance may be used to modify the breeding strategy in order to increase efficiently the level of resistance to bean web blight.

COMPENDIO

Se evaluó el efecto del medio ambiente sobre la resistencia del frijol a la mustia hilachosa causada por *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, en Esparza, Costa Rica, en 1988. Se registraron las condiciones climáticas y la severidad de la enfermedad en dos siembras del Vivero Nacional de Telaraña (VINTE), Costa Rica, y del Vivero Elite de Mustia (VIM Elite). El VINTE se asperjó con suspensiones de micelio del patógeno y el VIM Elite se expuso al inóculo natural. Cuando el promedio de lluvia, durante el ciclo de cultivo, fue de 87 - 92 mm/10 d, las líneas de frijol evaluadas, en ambos viveros, presentaron severidades de mustia menores que el testigo susceptible "BAT 1155". Sin embargo, cuando la lluvia alcanzó 134 - 168 mm/10 d, todas las líneas fueron tan susceptibles como el testigo. En el VINTE expuesto a precipitaciones promedio de 92 mm/10 d, ninguna línea pudo diferenciarse de "BAT 1155" con base en el número de lesiones de mustia, cuatro días después de la aspersión con suspensiones de micelio del patógeno. Sin embargo, 23 días después de la inoculación, todas las líneas presentaron porcentajes de mustia significativamente menores que "BAT 1155". Esto sugiere que la resistencia a mustia es el resultado de una reacción fisiológica de la planta, que se activa después de la infección y que resulta en la disminución del crecimiento del patógeno dentro del tejido infectado. Para explicar la interacción lluvia-resistencia a mustia, se propone la siguiente hipótesis: La intensidad con que la planta reacciona a la infección por *T. cucumeris* varía de acuerdo con la humedad del suelo. Cuando la lluvia es abundante (134 - 168 mm/10 d), la humedad del suelo alcanza niveles que inhiben completamente la reacción de resistencia de la planta. El conocimiento de la interacción lluvia-resistencia puede utilizarse para modificar la estrategia de mejoramiento y aumentar, en forma eficiente, el grado de resistencia del frijol a la mustia hilachosa.

INTRODUCCION

El uso de variedades resistentes es una de las mejores alternativas para el manejo de la mustia hilachosa del frijol, causada por *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (anamorfo: *Rhizoctonia solani*). Desde 1974, se seleccionó germoplasma de frijol con base en su reacción a la enfermedad en condiciones de campo (9, 13, 14, 16), y se identificaron muchas líneas y variedades con algún grado de resistencia. Sin embargo, este germoplasma no posee niveles de resistencia adecuados para obtener rendimientos aceptables en regiones con alta precipitación y temperatura, en donde la enfermedad se ha convertido en la principal limitante del cultivo (1, 2, 4, 15, 16).

¹ Recibido para publicación el 3 de julio de 1989

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apdo. 55-200, Coronado, San José, C.R.

** Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica

Los esfuerzos para incrementar el grado de resistencia del germoplasma seleccionado en el campo no han tenido el éxito esperado. En 1988 ninguna de las líneas mejoradas, incluidas en el Vivero Internacional de Mustia (VIM), superó significativamente a la variedad Talamanca, que posee niveles "intermedios" de resistencia (7, 8). "Talamanca" fue seleccionada del Vivero del Equipo de Frijol, CIAT, sembrado en Costa Rica en 1979 y ha sido usado como testigo del VIM desde 1983 (9).

Uno de los problemas para mejorar la resistencia del frijol a la mustia es que la reacción de las variedades a la enfermedad, de un lugar o fecha de siembra a otro, varía considerablemente. Por ejemplo, en el VIM 1983-85 se reportan variedades que fueron evaluadas como de resistencia intermedia ("tolerantes") en algunos países y susceptibles en otros (9). Este fue el caso de las variedades HT 7719, MUS 6 y XAN 33 en el VIM 1985 sembrado en Costa Rica, Guatemala y República Dominicana.

Esta inconsistencia en la reacción del germoplasma a la enfermedad se ha observado también al comparar variedades sembradas en diferentes regiones de un mismo país. Flores (6) sembró 35 variedades en Pérez Zeledón y Esparza, Costa Rica, y encontró algunas con resistencia intermedia a la enfermedad en una localidad y susceptibles en la otra.

También se han observado cambios en la reacción de las variedades de acuerdo con la época de siembra. Por ejemplo, "MUS 37" fue la variedad con la más baja severidad de mustia entre las 100 líneas del VIM sembrado en mayo 1986 en Esparza, Costa Rica. En la siembra de setiembre, en el mismo año y localidad, más de 25 líneas presentaron severidades menores que MUS 37 (7, 18).

Para aumentar la eficiencia del mejoramiento de frijol por resistencia a mustia, es necesario conocer los factores responsables de los cambios en la reacción del germoplasma de un lugar o época de siembra a otro.

Los datos que aquí se presentan sugieren que la cantidad de lluvia, durante el desarrollo del cultivo, es el principal factor responsable de los cambios en la reacción de las variedades a la enfermedad, de una fecha de siembra a otra.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación y manejo agronómico

Los ensayos se llevaron a cabo en Esparza, Costa Rica, en 1988, en una finca ubicada a 208 msnm, con una precipitación media anual de 2520 milímetros.

Las líneas de frijol del Vivero Nacional de Telaraña (VINTE), Costa Rica, 1988, y del Vivero Internacional de Mustia Elite 1988 (VIM ELITE), se sembraron en parcelas de tres surcos de 2 m de largo, espaciados a 0.6 metros. En cada surco se sembraron 30 semillas. Se fertilizó con la fórmula comercial 10:30:10, a razón de 200 kg/ha y se aplicó Mefosfolan (Cyrolane 2G). Tanto el fertilizante como el insecticida se aplicaron al fondo del surco, antes de la siembra.

Evaluación de resistencia en el VINTE

Las 11 líneas de frijol del VINTE, un testigo susceptible a mustia, "BAT 1155", y uno de resistencia intermedia, "Talamanca", se sembraron el 26 de mayo (VINTE-mayo) y el 23 de setiembre (VINTE-set.) de 1988. Parcelas de cada línea se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las plantas del surco central de cada parcela se asperjaron con aproximadamente 100 ml de una suspensión de micelio de *R. solani* con 60 000 fragmentos por mililitro, preparada siguiendo la metodología que a continuación se describe.

Se cultivó un aislamiento de *R. solani* en papa dextrosa agar. Antes de que el hongo cubriera la superficie del medio, se transfirieron tres discos de micelio (5 ml de diámetro) de la orilla de la colonia a un Erlenmeyer de 500 ml con 50 ml de caldo de papa dextrosa y se incubó por 3 d a 25° centígrados. Cincodiez colonias de *R. solani* se separaron del medio de cultivo y se licuaron durante 3 min en 200 ml - 250 ml del "buffer" ácido morfolinoctano-sulfónico 0.0005 M, pH 6.1 (MES) (Sigma). La suspensión resultante se filtró a través de ocho capas de gasa. El número de fragmentos de micelio en el filtrado, se estimó con un hemacitómetro y se diluyó con el "buffer" MES hasta ajustar la concentración a 60 000 fragmentos por mililitro.

Los VINTE-mayo y setiembre se inocularon 19 d y 24 d después de la siembra (DDS), respectivamente. Para reducir la infección por salpique del inóculo natural presente en el suelo, el surco central de las parcelas del VINTE-mayo se cubrió con zacate seco. En el VINTE-setiembre, los tres surcos de la parcela se cubrieron con cascarilla de arroz. La selección del tipo de sustrato usado para evitar el salpique fue hecha con base en la disponibilidad del material, pero ambos fueron considerados igualmente eficientes. En el VINTE-setiembre se cubrieron los tres surcos de la parcela para evitar el efecto del salpique del suelo aledaño al surco central inoculado.

Los bloques del VINTE, asperjados con suspensiones de micelio, se alternaron con bloques no

inoculados de las mismas líneas y con el mismo tipo de cobertura. En estas parcelas se evaluó la proporción de enfermedad producida por salpique de inóculo natural.

El porcentaje de área foliar con mustia se estimó visualmente cada 7 d a 12 días. En el VINTE-mayo, se contó el número de lesiones en 10 trifolios por surco, 4 d después de la inoculación (DDI), para determinar si las diferencias en severidad de mustia, entre variedades, se debían a una reducción de las infecciones producidas por el patógeno.

Evaluación de resistencia en el VIM Elite

Las 12 líneas que componen el VIM Elite 1988, un testigo susceptible, "BAT" 1155, y uno de resistencia intermedia, "Talamanca", fueron sembrados utilizando el mismo tipo de parcela, manejo agronómico y diseño usado para el VINTE. Sin embargo, el VIM Elite se expuso al inóculo natural presente en el suelo de la parcela experimental. No se inoculó ni se protegió del salpique.

El porcentaje de área foliar con mustia se estimó visualmente cada 7 d a 10 días.

Interacción lluvia-resistencia a mustia

Para obtener información adicional sobre el efecto de la lluvia en la reacción del frijol a mustia, se examinaron los resultados de diferentes viveros (VIM, VINTE, VIM Elite A y VIM Elite B) sembrados en Esparza, Costa Rica, en 1988, en épocas con precipitaciones en promedio de 87 mm/10 d a 168 mm/10 d, durante el ciclo de cultivo. El grado de resistencia de las variedades MUS 37, NAG 217, RAB 79, Talamanca y BAT 1155, incluidas en los cuatro viveros, se calculó dividiendo el porcentaje de mustia de cada variedad entre el porcentaje de mustia en "BAT 1155". Por lo tanto, variedades con calificaciones menores de uno fueron más resistentes que "BAT 1155". En cada vivero la evaluación de la enfermedad se hizo cuando "BAT 1155" presentaba severidades de mustia entre el 40% y el 85 por ciento.

Condiciones climáticas

Se hicieron registros de temperatura de la Estación Meteorológica Macacona, ubicada a 500 m de la parcela experimental. En cada siembra se calculó la temperatura media cada 10 días. Los datos de lluvia se obtuvieron de la Estación Meteorológica San Miguel de Barranca situada 3 km al oeste de la parcela experimental. En cada siembra se calculó la cantidad

total de lluvia cada 10 días. La humedad relativa y luminosidad (horas de brillo solar) se registraron en la Estación Meteorológica de Puntarenas, 10 km al oeste de la parcela. Se calculó el número de horas de brillo solar y la humedad relativa media cada 10 días.

Rendimiento

El rendimiento en kilogramos por hectárea se calculó con base en el peso del grano cosechado del surco central de cada parcela. Aquí sólo se reportaron los rendimientos del VINTE.

RESULTADOS

Vinte

En las parcelas inoculadas del VINTE-mayo, el número de lesiones de mustia, 23 d después de la siembra (cuatro DDI), varió considerablemente entre las líneas (Cuadro 1). Sin embargo, ninguna de las líneas presentó un número de lesiones significativamente menor que el testigo susceptible, "BAT 1155" (Cuadro 1). Por otra parte, el desarrollo de la epidemia fue más rápido en "BAT 1155" que en cualquiera de las

Cuadro 1. Número de lesiones de mustia, cuatro días después de la inoculación del Vivero Nacional de Telaraña con suspensiones de micelio de *R. solani* de 60 000 fragmentos/ml. Siembra de mayo, 1988, Esparza, Costa Rica.

Línea	Número de lesiones/Trifolio*
"RAB 408"	29.9 a**
"RAB 377"	29.7 a
"A 237"	26.6 a b
"ICTA 883"	23.6 a b c
"BAT 1155"	22.4 a b c
"XAN 222"	21.7 a b c
"HUEJAR"	21.0 a b c
"TALAMANCA"	17.9 a b c
"MUS 3"	17.8 a b c
"MUS 37"	17.2 a b c
"REV 81"	16.1 b c
"MUS 47"	15.6 b c
"MUS 52"	11.9 c

Notas:

- * Promedio de cuatro repeticiones (10 trifolios/repeticion).
- ** Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente, de acuerdo con la prueba de Duncan ($p = 0.05$).

líneas del VINTE-mayo, tanto en las parcelas inoculadas como en las no inoculadas, aunque en estas últimas la epidemia se inició en etapas más avanzadas del cultivo (Fig. 1). El porcentaje de mustia, 42 DDS, fue significativamente mayor en "BAT 1155" que en el resto de las líneas; esto sucedió tanto en las parcelas inoculadas como en las no inoculadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de mustia, 42 días después de la siembra en las líneas del Vivero Nacional de Telaraña. Siembra de mayo, Esparza, Costa Rica, 1988.

Línea	Inoculado* mustia** (%)	No inoculado mustia (%)
"BAT 1155"	59.2 a***	221x6 a
"HUETAR"	35.0 b	6.2 c d
"RAB 377"	33.2 b c	14.0 b
"REV. 81"	27.7 b c d	5.0 d
"ICTA 883"	25.0 b c d	12.0 b c
"MUS 47"	23.2 b c d	7.5 c d
"A 237"	22.7 b c d	7.2 c d
"RAB 408"	22.7 b c d	7.2 c d
"XAN 222"	18.5 c d	6.2 c d
"TALAMANCA"	18.2 c d	3.7 d
"MUS 37"	17.7 c d	4.5 d
"MUS 3"	17.0 c d	7.0 c d
"MUS 52"	16.2 d	4.5 d

Notas:

- * Las parcelas inoculadas se asperjaron con una suspensión de micelio de *R. solani* de 60 000 fragmentos por mililitro.
- ** Promedio de cuatro repeticiones.
- *** Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo con la prueba de Duncan (p = 0.05).

En las parcelas inoculadas del VINTE-setiembre, el desarrollo de la epidemia fue muy similar en todas las líneas (Fig. 2). Lo mismo ocurrió en las parcelas no inoculadas, aunque en éstas la epidemia se inició en etapas más avanzadas del cultivo (Fig. 2). No se observaron diferencias significativas, en el porcentaje de mustia, entre las líneas del VINTE-setiembre y "BAT 1155", 44 DDS (Cuadro 3) o en cualquier otra etapa de la epidemia.

En las dos siembras del VINTE, la temperatura y la humedad relativa durante los 60 DDS se mantuvieron entre los 26°C y 29°C, y 84% y 89%, respectivamente (Fig. 3).

El brillo solar durante los primeros 30 DDS fue mayor en la siembra de mayo que en la de setiembre,

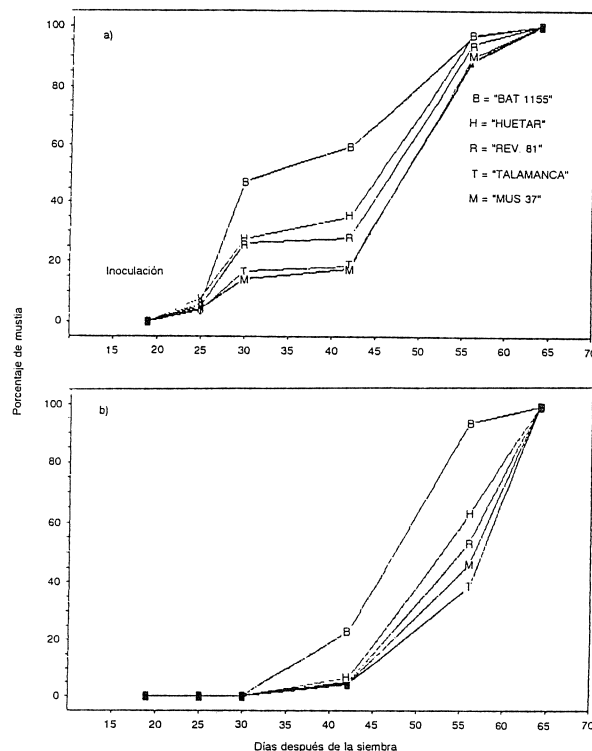


Fig. 1. Desarrollo de la mustia hilachosa en las cinco líneas de frijol, seleccionadas del Vivero Nacional de Telaraña. Siembra de mayo, 1988, Esparza, C.R. a) Parcelas inoculadas con una suspensión de micelio de *R. solani* de 60 000 fragmentos por mililitro; b) parcelas no inoculadas.

pero el promedio durante el ciclo de cultivo fue muy similar; se registraron 58 h sol y 54 h sol/10 d en la siembra de mayo y setiembre, respectivamente (Fig. 3). Sin embargo, estos datos no son muy precisos pues fueron tomados a 10 km de la parcela experimental.

La cantidad de lluvia durante los 60 DDS en la primera y segunda siembra del VINTE varió ampliamente. Se registraron promedios de 92 mm/10 d y 134 mm/10 d en la siembra de mayo y setiembre, respectivamente (Fig. 3).

VIM Elite

Todas las líneas del VIM Elite, sembradas en octubre, presentaron porcentajes de mustia significativamente menores que el testigo susceptible "BAT 1155", 40 DDS (Fig 4). En la siembra de setiembre, las variedades no pudieron diferenciarse de "BAT 1155", 40 DDS (Fig. 4) ni en cualquier otra etapa de desarrollo de la epidemia (datos no incluidos).

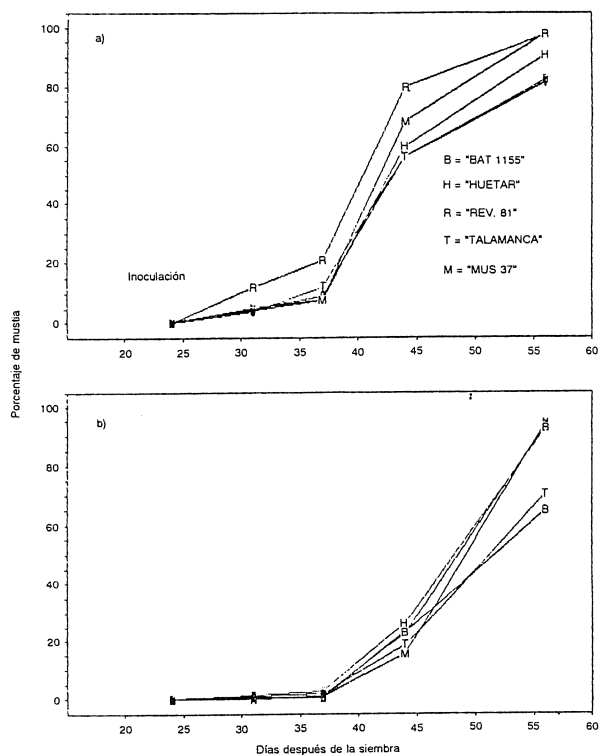


Fig. 2. Desarrollo de la mustia hilachosa en cinco líneas de frijol, seleccionadas del Vivero Nacional de Telaraña. Siembra de setiembre, 1988, Esparza, C.R. a) Parcelas inoculadas con una suspensión de micelio de *R. solani* de 60 000 fragmentos por mililitro; b) parcelas no inoculadas.

En las dos siembras del VIM Elite, la temperatura media durante el desarrollo del cultivo fue de 26° centígrados. Las diferencias en humedad relativa y luminosidad entre la siembra de setiembre y la de octubre fueron mínimas. En la primera se registró una humedad relativa de 86.8% y un promedio de 50.5 h sol/10 d, respectivamente. En la siembra de octubre se registró una humedad relativa de 84.3% y un promedio de 52.6 h sol/10 días. En contraste, la lluvia varió ampliamente entre siembras. Se registraron promedios de 168 mm/10 d y 87 mm/10 d, en la siembra de setiembre y octubre, respectivamente (Fig. 4).

Interacción lluvia-resistencia a mustia

La resistencia de las cinco variedades usadas en este análisis disminuyó conforme se incrementó el promedio de lluvia de 87 mm/10 d a 168 mm/10 días. En siembras con precipitaciones de 87 mm y 98 mm, las líneas superaron por amplio margen a "BAT 1155" (Cuadro 4). En la siembra con 134 mm de lluvia, sólo "MUS 37" fue más susceptible que "BAT 1155". Con

Cuadro 3. Porcentaje de mustia, 44 días después de la siembra, en las líneas del Vivero Nacional de Telaraña. Siembra de setiembre, Esparza, Costa Rica, 1988.

Línea	Inoculado* mustia* (%)	No inoculado mustia (%) *
"RAB 377"	87.6 a	48.3 a
"XAN 222"	82.5 a	41.2 a
"REV 81"	80.0 a	26.2 a
"RAB 408"	79.5 a	52.5 a
"ICTA 883"	78.7 a	48.7 a
"A 237"	76.2 a	19.2 a
"MUS 3"	71.2 a	37.5 a
"MUS 37"	68.3 a	15.6 a
"MUS 52"	65.0 a	17.5 a
"MUS 47"	60.0 a	41.6 a
"HUETAR"	60.0 a	22.5 a
"BAT 1155"	56.6 a	23.3 a
"TALAMANCA"	56.6 a	18.3 a

Notas:

* Tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales, según prueba de Duncan al cinco por ciento.

168 mm de lluvia, sólo las variedades Talamanca y RAB 79 mantuvieron algún grado de resistencia (Cuadro 4).

Rendimiento VINTE

El rendimiento en las parcelas no inoculadas superó ampliamente el de las inoculadas, en las dos épocas de siembra (Fig. 5).

En el VINTE-mayo, todas las líneas superaron por amplio margen al testigo susceptible "BAT 1155", tanto en las parcelas inoculadas como en las no inoculadas (Fig. 5).

En el VINTE-setiembre no se observaron diferencias marcadas en rendimiento entre líneas en las parcelas inoculadas (Fig. 5), mientras que en las parcelas no inoculadas se obtuvieron diferencias de más de 1000 kg/ha entre "MUS 37" y "BAT 1155" (Fig. 5).

Los rendimientos en la siembra de mayo fueron marcadamente menores que en la de setiembre (Fig. 5), aparentemente por el inicio tardío de la epidemia en esta última fecha.

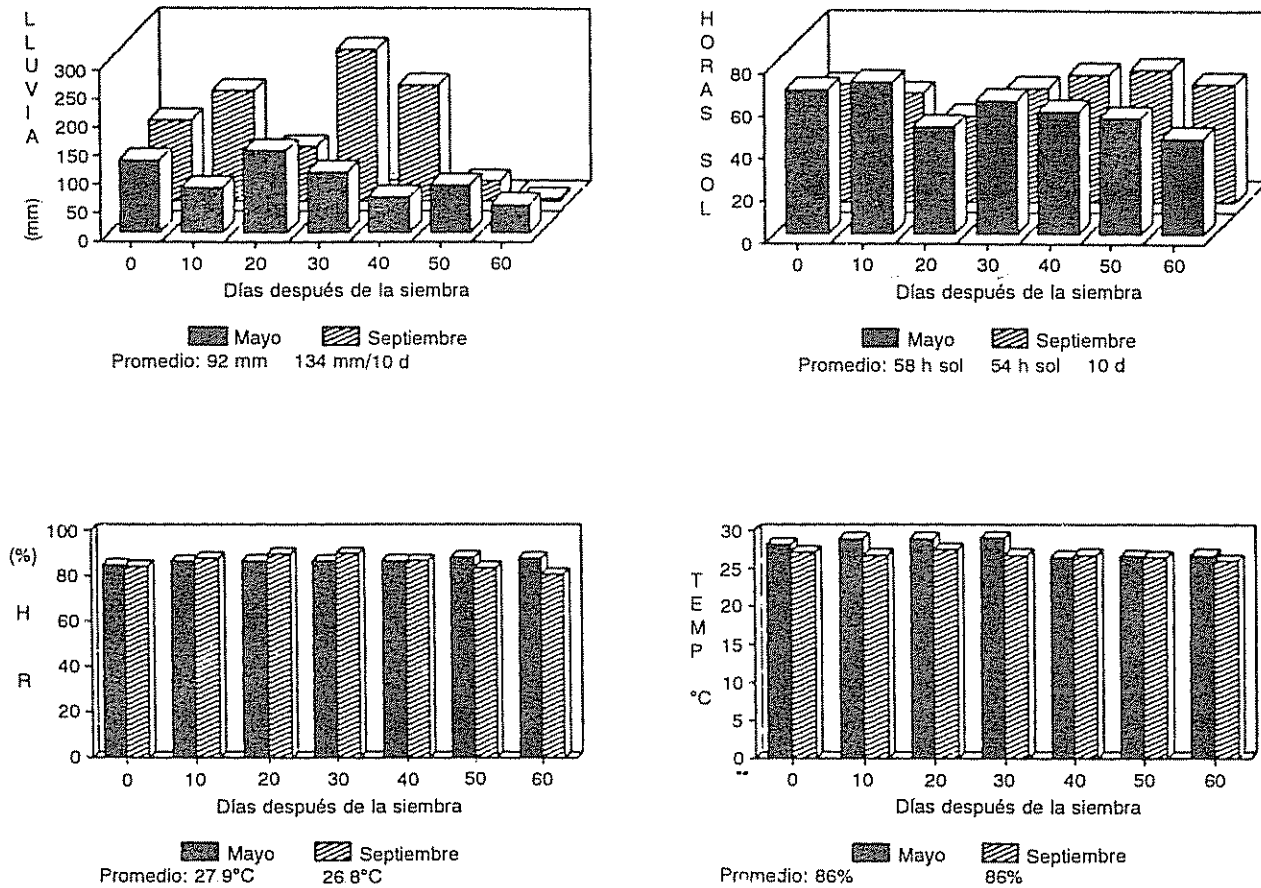


Fig 3 Condiciones climáticas durante la primera (mayo) y segunda (setiembre) siembra del Vivero Nacional de Telaraña (VINTE) en Esparza, Costa Rica, 1988. Las unidades climáticas se expresan como el promedio (temperatura y humedad relativa) o total (lluvia) cada 10 d, después de la siembra y como promedio durante el ciclo del cultivo.

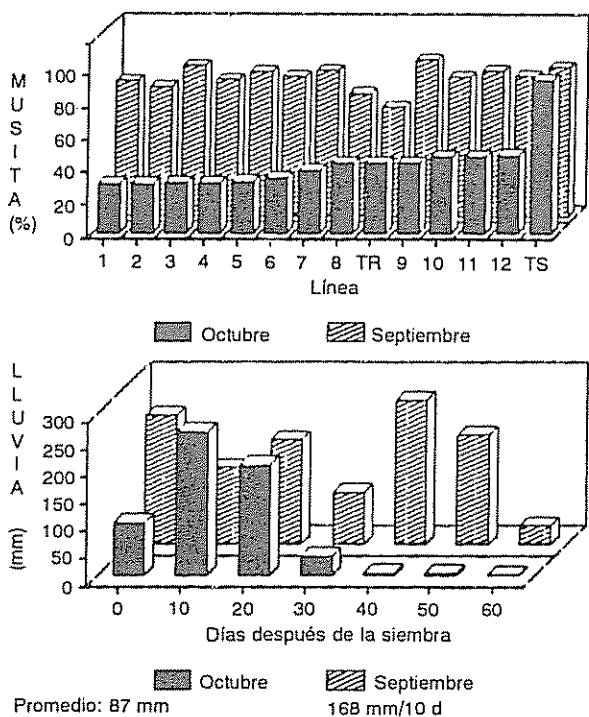
DISCUSION

Las líneas del VINTE-mayo no pudieron diferenciarse del testigo susceptible "BAT 1155", con base en el número de lesiones de mustia, 4 d después de la inoculación (DDI) (Cuadro 1). Sin embargo, a los 11 DDI y 23 DDI todos los materiales presentaron porcentajes de mustia significativamente menores que "BAT 1155" (Fig. 1a, Cuadro 2). Esto sugiere que la resistencia a mustia es el resultado de una reacción fisiológica de la planta, que se activa después de la infección y que resulta en la reducción del crecimiento del patógeno dentro del tejido infectado. Este tipo de mecanismo de resistencia ha sido reportado en enfermedades de otros cultivos (10, 12).

La reacción de resistencia de las líneas evaluadas en los diferentes viveros cambió drásticamente de acuerdo con la época de siembra. La cantidad de lluvia fue el principal factor climático asociado al cambio de reacción; cuando la precipitación promedio durante el

desarrollo del cultivo fue de 87 mm/10 d ó 92 mm/10 d, todas las líneas presentaron menor severidad de mustia que el testigo susceptible "BAT 1155" (Cuadros 2 y 4, Fig. 1). En contraste, ninguna línea presentó severidades significativamente menores que "BAT 1155" cuando se registraron promedios de lluvia de 134 mm/10 d ó 168 mm/10 d (Cuadros 3 y 4, Fig. 2). Un promedio de lluvias de más de 134 mm/10 d durante la época de siembra son bastante comunes en Esparza y en otras regiones, como Pérez Zeledón y Guápiles, donde la mustia es importante.

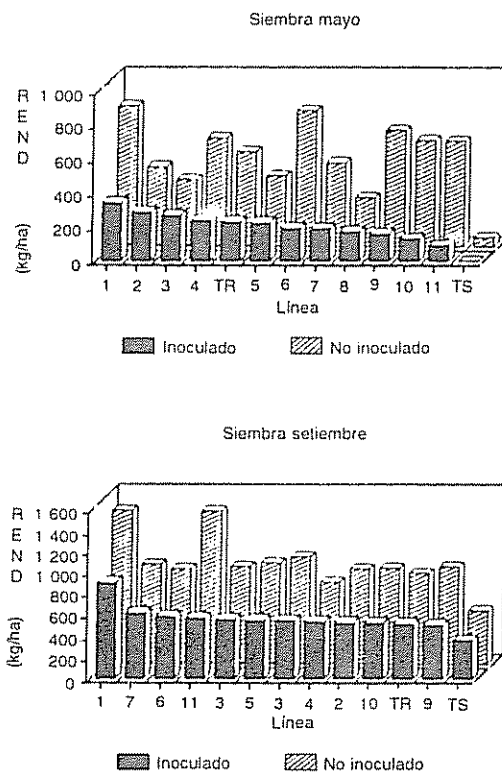
La lluvia abundante puede aumentar la presión de inóculo mediante el incremento del salpique o de la humedad relativa. Sin embargo, la humedad relativa en las diferentes siembras de los viveros evaluados fue muy similar. Por otra parte, el efecto del salpique en las siembras del VINTE, se minimizó mediante la cobertura del suelo con zacate o cascarilla de arroz. Además las dos siembras del VINTE se asperjaron con



Leyenda:

1 = "MUS 6", 2 = "MUS 22", 3 = "MUS 11", 4 = "MUS 3", 5 = "RAB 47", 6 = "NAG 116", 7 = "NAG 217", 8 = "XAN 222", TR = "Talamanca", 9 = "MUS 37", 10 = "RAB 79", 11 = "BAT 527", 12 = "RAB 72", TS = "BAT 1155".

Fig 4. Cantidad de lluvia y porcentaje de mustia en la primera (setiembre) y segunda (octubre) siembra del Vivero Internacional de Mustia Elite (VIM Elite) en Esparza, Costa Rica, 1988. La cantidad de lluvia se expresa como el total cada 10 d después de la siembra y como el promedio durante el ciclo de cultivo



Leyenda:

1 = MUS 37, 2 = MUS 3, 3 = ICTA 883-5-2-m, 4 = XAN 222, TR = Talamanca, 5 = "RAB 408", 6 = MUS 52, 7 = "MUS 47", 8 = "RAB 377", 9 = "A 237", 10 = "REV 81", 11 = Huctar, TS = "BAT 1155".

Fig 5. Rendimiento del Vivero Nacional de Ictaraña (VINIE) en parcelas no inoculadas e inoculadas con suspensiones de micelio de *R. solani* en las siembras de mayo y setiembre, Esparza, Costa Rica, 1988

Cuadro 4. Efecto de la cantidad de lluvia sobre la reacción de cinco líneas de frijol a la mustia hilachosa. Esparza, Costa Rica, 1988.

Línea	Fecha de siembra-lluvia (mm/10 d)			
	Octubre 17 87 mm*	Mayo 20 92 mm	Set. 25 134 mm	Set. 9 168 mm
	(Mustia Línea (%) / Mustia "BAT 1155" (%))			
"MUS 37"	0.46	0.62	1.59	1.13
"NAG 217"	0.40	0.67	0.67	1.15
"RAB 79"	0.49	0.52	0.59	0.83
"TALAMANCA"	0.45	0.78	0.79	0.83
"BAT 1155"	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota:

* Promedio de lluvia durante los 60 días después de la siembra

suspensiones de 60 000 fragmentos de micelio por mililitro y "BAT 1155" alcanzó severidades de 57% - 60%, 20-22 DDI (Cuadros 2 y 3). Estas consideraciones y los resultados de inoculaciones hechas en el laboratorio (7, 8) indican que la cantidad de inóculo no fue responsable de los cambios en la reacción de las líneas a la mustia.

Para explicar el efecto de la lluvia sobre la reacción de las líneas a la enfermedad, se formuló la siguiente hipótesis: Existe una interacción entre la resistencia a mustia y la humedad del suelo. Cuando la lluvia es abundante (134 mm/10 d - 168 mm/10 d), la humedad del suelo alcanza niveles que inhiben la reacción de resistencia de la planta a la infección.

Un buen drenaje del suelo mediante la siembra en lomillo o camas altas, reduce la severidad de la enfermedad. El efecto benéfico de estos sistemas de siembra se le atribuye a la disminución del salpique de inóculo del suelo a la planta. Sin embargo, un mejor drenaje implica menor humedad del suelo y, de acuerdo con la hipótesis aquí planteada, mayor reacción de resistencia.

Algunos investigadores sugieren que la mayor severidad de mustia en épocas de siembra con alta precipitación se debe al incremento en salpique y a la alta humedad relativa (5, 17). Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que, además de aumentar el salpique, la lluvia abundante inhibe la reacción de resistencia de la planta, haciéndola más susceptible al ataque del patógeno y, como consecuencia, aumenta la severidad de la enfermedad.

La evaluación de germoplasma de frijol por resistencia a mustia a través de localidades y del tiempo ha resultado en datos inconsistentes (6, 7, 18). La inhibición de la reacción de resistencia por lluvias abundantes podría explicar los cambios en la reacción del germoplasma a la enfermedad. Sin embargo, otros factores como: variabilidad del patógeno, tipo de inóculo predominante (basidiósporas o esclerocios) y características físico-químicas del suelo podrían también afectar la reacción de resistencia a mustia. Se requiere más investigación para establecer la importancia de cada uno de estos factores en la reacción de las variedades a la enfermedad. Esto permitiría establecer las condiciones óptimas para la reacción de resistencia.

La información generada en este estudio sugiere modificar la estrategia de mejoramiento para aumentar, en forma más eficiente, los niveles de resistencia a mustia. La nueva estrategia podría incluir una etapa de acumulación de genes de resistencia en la que se seleccionen y crucen materiales en ciclos de cultivo con precipitaciones que no inhiban la reacción de resistencia. Un tamizado, usando métodos de inoculación en

laboratorio o invernadero (8, 11), facilitaría este trabajo y complementaría las evaluaciones de campo.

El germoplasma seleccionado en la primera etapa se sometería a condiciones de estrés de mustia, característico de cada región o país (c.g. lluvia abundante), y se seleccionarían las líneas que muestren mejor nivel de resistencia en estas condiciones. En los viveros evaluados en este estudio, la reacción de resistencia de algunas variedades, como "MUS 37", fue completamente inhibida por una precipitación promedio de 134 mm/10 d, mientras que otras, como "Talamanca" y "RAB 79", mantuvieron cierto grado de resistencia aun con lluvia a razón de 168 mm/10 d (Cuadro 4). Variedades como Talamanca y RAB 79 pueden entonces cruzarse y su progenie tamizarse para mejorar la habilidad del germoplasma para expresar resistencia en condiciones de alta precipitación.

Finalmente, se evaluarían progenies de cruces entre las mejores variedades seleccionadas en la fase de acumulación de genes de resistencia y materiales mejorados bajo estrés de lluvia.

La mustia hilachosa redujo severamente la producción del VINTE, tanto en la siembra de mayo como en la de setiembre. Muchas de las variedades no inoculadas duplicaron el rendimiento de las variedades asperjadas con suspensiones de micelio de *R. solani* (Fig. 5).

El rendimiento ha sido usado como un criterio importante para la selección de materiales resistentes a mustia (4, 18). Los resultados de este estudio indican que, cuando la epidemia se inicia en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo, este criterio de selección debe ser cuidadosamente aplicado, pues podría permitir la selección de materiales susceptibles. Por ejemplo, "Huctar" y "REV. 81" fueron muy susceptibles y presentaron rendimientos en las parcelas del VINTE inoculadas en mayo. Sin embargo, en las parcelas no inoculadas, en las que la epidemia se inició tardíamente, estas variedades fueron las más rendidoras (Fig. 5).

LITERATURA CITADA

1. ARAYA, R ; ZAMORA, A (COMPS) 1988. Problemática del frijol común en Costa Rica. San José. C R , Programa Nacional de Frijol Común 32 p
2. CARDOSO, J E ; NEWMAN, L. 1981. Avanços na paquíasa sobre a mela de feijocero no Estado de Acre. Rio Branco-AC, Brazil EMBRAPA, Unidade de Extensao de Pesquisa de Ambito Estadual Bolletim de Pesquisa no. 1. 29 p

3. CASTAÑO, M. 1986. Evaluación de germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) para resistencia a mustia AS-COLFI Informa (Col) 8(4):37-38
4. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL). 1987. Actividades colaborativas con la red. C. Africa, Proyecto Regional de Africa Oriental. In Informe anual Programa de Frijol 1987. Col. p. 311-325.
5. CONTRERAS, A. 1979. Incidencia de roya *Uromyces phaseoli* var. *Typica* Arth y de la mustia hilachosa *Thanatephorus cucumeris* (Frank-Donk) en frijol y su relación con los factores climáticos en la región de la Chontalpa, Tabasco. Tesis Ing. Agr. Cárdenas, Tabasco, Méx., Colegio Superior de Agricultura Tropical. 62 p.
6. FLORES, D.M. 1984. Evaluación de cultivares de frijol común tolerantes a la telaraña (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk-*Rhizoctonia solani* Khun) en Esparza y en Las Juntas del Pacuar de Pérez Zeledón. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 31 p.
7. FRIAS, G.A.; ROJAS, M.R. 1989a. Vivero Internacional de Mustia Hilachosa del Frijol 1988; Programa Cooperativo de Frijol para Centroamérica, México y El Caribe. San José, C.R., Centro Internacional de Agricultura Tropical.
8. FRIAS, G.A.; ROJAS, M.R. 1989b. Evaluación de resistencia a mustia hilachosa del frijol en laboratorio y campo. In Reunión Anual del PCCMCA (35) Resúmenes. San Pedro Sula, Hond.
9. GALVEZ, G.; MORA, B.; ROJAS, M. 1983. Vivero Internacional de Mustia Hilachosa del Frijol; Programa Frijol para Centroamérica y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical, San José, Costa Rica. p. 50
10. GANGADIN, S. 1987. Differentiation of cultivars of sugar cane by their resistance reaction to *Puccinia melanocephala* M.Sc Thesis Gainesville, Fl., University of Florida.
11. ISAAC, L. 1987. Desarrollo de un método de evaluación de resistencia de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a mustia hilachosa en invernadero y campo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 90 p.
12. LUKE, H.H.; BARNETT, R.D.; PFAHLE, P.L. 1984. Post-penetration development of *Puccinia coronata* avenae in slow-and fast-rusting cultivars of *Avena bizantina*. *Phytopathology* 74:899-903.
13. MORA, B.E.; GALVEZ, G.E. 1979. Evaluación de variedades promisorias de frijol (*P. vulgaris*) a la incidencia de mustia. In Reunión Anual del PCCMCA (25, 1979, Tegucigalpa, Hond.) p. L38/1-L38/5.
14. MORALES, A. 1986. Mustia hilachosa en Costa Rica: Avances de la investigación en mejoramiento genético del frijol común. p. 1-65.

Presentado en: Taller de Mustia Hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) (2., San José, C.R., 1988). Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 1-51.
15. RAJNAUTHA, G. 1987. Web blight: An important disease of bean and pack-choi in Trinidad. *Tropical Agriculture (Tri)* 64(4):356-358.
16. ROCHA, M.A.; CHAN, R.D. 1983. Comportamiento de 20 genótipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a infecciones de la mustia hilachosa en el estado de Tabasco, Méx. Turrialba 33(4):405-408.
17. ROJAS, M.; MORA, B.; GALVEZ, G.; FERNANDEZ, O. 1987. Evaluación de dos sistemas de siembra sobre el desarrollo de mustia hilachosa *Thanatephorus cucumeris* en cultivares de frijol común. In Meeting of the American Phytopathological Society Caribbean Division (37., Gua.) Gua.
18. SOLERA, E. 1987. Evaluación de la reacción de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk) = *Rhizoctonia solani* Kuhn en Esparza. Tesis Ing. Agr. San José, C.R., Universidad de Costa Rica. 27 p.