

El CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, es una institución de investigación y capacitación agrícolas, sin ánimo de lucro, dedicada a incrementar la producción de alimentos en las regiones tropicales en desarrollo. El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI)

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1987 tales donantes son: Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japón, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, la República Popular de China, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1987: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan, necesariamente, el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.

Film

ISBN 84-89206-73-2

Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol

Compilado por:

Aart van Schoonhoven
Marcial A. Pastor-Corrales



Centro Internacional de Agricultura Tropical

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-73-2
Tirada: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia
Noviembre, 1987

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. 56 p.

1. Frijol — Germoplasma. 2. Germoplasma vegetal — Evaluación. I. van Schoonhoven, Aart. II. Pastor-Corrales, Marcial A. III. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Carátula: Hojas trifoliadas de frijol que manifiestan diversos grados de síntomas causados por el patógeno de la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*). Foto: Programa de Frijol del CIAT.

Contenido

	Página
Prefacio	5
La Escala de Evaluación Estándar y su Uso	7
Etapas de Desarrollo de la Planta de Frijol	9
Medición de las Características Agronómicas Generales	11
Color de la semilla	11
Tamaño de la semilla	12
Brillo de la semilla	13
Hábito de crecimiento	13
Días a la floración	14
Días a la madurez	14
Adaptación vegetativa (vigor)	14
Adaptación reproductiva (carga)	14
Nodulación producida por <i>Rhizobium</i> spp.	15
Medición del Daño Causado por las Enfermedades	17
Enfermedades virales	17
Enfermedades fungosas y bacterianas	20
Mancha angular (y mancha de la hoja por <i>Alternaria</i> , mancha harinosa, mancha gris, y mancha blanca)	22
Roya	26
Ascochita (y añublo de la hoja y de la vaina por <i>Diaporthe</i> , mancha roja por <i>Phoma</i> , mancha	

foliar por <i>Cercospora</i> , mancha redonda, carbón de la hoja por <i>Entyloma</i> , y mildew polvoso)	30
Antracnosis	31
Mustia hilachosa	34
Moho blanco	35
Pudriciones radicales	38
Pudrición gris y añublo sureño	41
Marchitamiento por <i>Fusarium</i>	42
Bacteriosis común	43
Añublo de halo (y mancha parda bacteriana)	46
Medición del Daño Causado por Nematodos	47
Medición del Daño Causado por Artrópodos	48
Moscas del frijol	48
Afidos	49
Arañita roja	49
Acaro blanco tropical	50
Saltahojas o chicharritas	51
Comedores de hojas	52
Picudo de la vaina	52
Brúquidos (gorgojos del grano)	53
Medición de la Tolerancia a Factores Edáficos y Climáticos	54
Sequía	54
Suelos ácidos	54
Bibliografía	56

Prefacio

El frijol se caracteriza generalmente por su rendimiento inestable, una consecuencia de los factores biológicos, climáticos y edáficos que afectan el crecimiento y la productividad de la planta. El frijol se cultiva, por lo general, bajo condiciones de lluvia que favorecen el desarrollo de enfermedades, las cuales contribuyen considerablemente a que los rendimientos sean bajos e inestables. Para evitar las enfermedades, los agricultores siembran el frijol hacia el final de la época lluviosa, con el resultado de que las plantas de frijol pueden quedar expuestas a condiciones de estrés después de la floración.

La mayoría de los agricultores del trópico no están en capacidad de controlar, mediante el uso de insumos comprados, los factores bióticos y abióticos que afectan la producción del frijol. Por consiguiente, el CIAT y los programas nacionales de frijol están intensificando la búsqueda de variabilidad genética para reducir los efectos adversos de esos factores bióticos y abióticos. Un gran número de problemas afecta el cultivo del frijol; por ello, los investigadores de los programas nacionales e internacionales de frijol han establecido una red de mejoramiento genético, en la cual se intercambian los resultados de la evaluación del germoplasma y de la investigación sobre el cultivo.

Esta publicación presenta un sistema estándar para la evaluación del germoplasma de frijol en condiciones de campo. El Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) emplea este sistema en Colombia y en muchos países de América Latina, de África y

de otras regiones, para clasificar el germoplasma en categorías útiles y prácticas. La estandarización de la evaluación del germoplasma, como una consecuencia del uso de este sistema, facilitará el intercambio de resultados de la investigación entre las instituciones. Este intercambio es de suma importancia para una red colaborativa internacional, como la que existe para el frijol entre el CIAT y los programas nacionales.

En la Reunión de Trabajo sobre Ensayos Internacionales de Frijol, realizada del 26 al 29 de noviembre de 1984, en Cali, Colombia, se sometió a discusión de los participantes una primera versión del sistema estándar de evaluación. Después de esa reunión, muchos científicos internacionales que investigan en frijol revisaron la versión modificada. Esta versión revisada se sometió a discusión en la Reunión de la Cooperativa para el Mejoramiento del Frijol (Bean Improvement Cooperative) realizada en 1985 en Oregon, E. U., y luego se incorporaron en ella todas las sugerencias significativas. El United States Western Regional Research Committee (W-150) ha colaborado también en el desarrollo de este sistema estándar, y su participación ha ampliado el alcance del sistema y ha contribuido a su mayor aceptación y aplicación. Todas las recomendaciones anteriores fueron incluidas, en lo posible, en esta publicación, y el Programa de Frijol del CIAT expresa su sincero agradecimiento a quienes las hicieron.

Sobre la evaluación de la calidad y del valor nutricional del frijol, debe consultarse la publicación del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) titulada **Métodos para Establecer Calidad Tecnológica y Nutricional del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**.

Aart van Schoonhoven
Marcial A. Pastor Corrales

Programa de Frijol, CIAT

La Escala de Evaluación Estándar y su Uso

Diversas escalas se han utilizado para evaluar el germoplasma de frijol. Las que se han empleado con más frecuencia van de 1 a 3, de 1 a 5, y de 1 a 9. En ocasiones, las escalas de 1 a 3 y de 1 a 5 incluyen valores intermedios (por ejemplo, 2.5 ó 4.5).

En las escalas anteriores, los criterios para calificar las reacciones resistente, intermedia y susceptible son similares. Sin embargo, la escala no tendría capacidad de discriminación o de resolución si contuviera pocas clases. Cuando se utilizan, en cambio, demasiadas clases, se pierde tiempo tratando de decidir la mejor calificación que concuerde con la muestra en observación.

La escala presentada en esta publicación tiene las siguientes características:

1. El Sistema Estándar de Evaluación considera nueve categorías numéricas del 1 al 9. No se emplean decimales. La calificación 0 está reservada para cualquier situación en que no se pueda evaluar y no representa una ausencia de síntomas.
2. La calificación 1 está reservada para la ausencia de síntomas, lo cual equivale frecuentemente al nivel más alto de resistencia. Ascendiendo en la escala, los números más altos representan, progresivamente, mayor susceptibilidad y un germoplasma menos deseable. El número 9 equivale a una susceptibilidad extrema (presencia de síntomas, daño o estrés severos).

3. La escala es fija. Esto significa que un nivel específico de síntomas o de daño corresponde a un número fijo en la escala. Cada número en la escala tiene una descripción exclusiva y precisa. Según esto, un material altamente susceptible, que no ha sido infectado en un vivero en condiciones de baja presión del inóculo, recibiría una calificación de 2 ó 3.
4. Los valores 1, 2 y 3 se consideran 'resistentes', los valores 4, 5 y 6 'intermedios', y los valores 7, 8 y 9 'susceptibles'.

Es importante indicar que, al evaluar el germoplasma de frijol, especialmente por su reacción a patógenos e insectos, es muy deseable y útil que cultivares testigo conocidos por su reacción se distribuyan por todo el vivero. Esto ayuda a establecer la presión por los insectos o el nivel de enfermedad, y también a evaluar la distribución del patógeno y de los insectos en el vivero.

Todas las publicaciones futuras del CIAT sobre frijol basarán sus datos de evaluación de germoplasma en la escala de 1 a 9, sin emplear decimales de nivel intermedio.

Etapas de Desarrollo de la Planta de Frijol

El establecimiento de este sistema estandarizado tiene el objetivo de facilitar comparaciones sobre los siguientes factores: el desarrollo global de la planta, el daño causado por insectos y enfermedades, y el efecto de factores edáficos o climáticos adversos.

Las diferencias genéticas entre los materiales que constituyen el grupo de prueba pueden determinarse empleando los criterios explicados anteriormente. Para comparar los resultados de evaluaciones hechas en diferentes ocasiones, es necesario referirse a la etapa de desarrollo de la planta en el momento en que se hacen las mediciones. Puesto que las plantas del mismo genotipo sembradas en distintas condiciones climáticas pueden encontrarse en una etapa de desarrollo diferente en un momento determinado, es apropiado utilizar una escala fundada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que ocurren durante el desarrollo de la misma. Por consiguiente, en el sistema de evaluación estándar propuesto se utilizan las etapas de desarrollo del Cuadro 1. Dichas etapas pueden considerarse tanto en plantas individuales como en poblaciones de plantas.

Cuadro 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común.

Etapa ^a	Descripción ^b
VO	<i>Germinación</i> : absorción de agua por la semilla; emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
V1	<i>Emergencia</i> : los cotiledones aparecen al nivel del suelo y empiezan a separarse. El epicótilo comienza su desarrollo.
V2	<i>Hojas primarias</i> : hojas primarias totalmente abiertas.
V3	<i>Primera hoja trifoliada</i> : se abre la primera hoja trifoliada y aparece la segunda hoja trifoliada.
V4	<i>Tercera hoja trifoliada</i> : se abre la tercera hoja trifoliada y las yemas de los nudos inferiores producen ramas.
R5	<i>Prefloración</i> : aparece el primer botón floral o el primer racimo. Los botones florales de las variedades determinadas se forman en el último nudo del tallo o de la rama. En las variedades indeterminadas los racimos aparecen primero en los nudos más bajos.
R6	<i>Floración</i> : se abre la primera flor.
R7	<i>Formación de las vainas</i> : aparece la primera vaina que mide más de 2.5 cm de longitud.
R8	<i>Llenado de las vainas</i> : comienza a llenarse la primera vaina (crecimiento de la semilla). Al final de la etapa, las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad. Se inicia la defoliación.
R9	<i>Madurez fisiológica</i> : las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

a. V = vegetativa; R = reproductiva.

b. Cada etapa comienza cuando el 50% de las plantas muestran las condiciones que corresponden a la descripción de la etapa.

FUENTE: Fernández, F.; Gepts, P. y López, M. 1986.

Medición de las Características Agronómicas Generales

Color de la semilla

El color de la semilla se determina en semillas secas recientemente cosechadas. Las semillas pueden tener un solo color o pueden tener un color primario predominante junto con un color secundario. Los colores pueden distribuirse también en diversos patrones que se denominan moteado, estriado, jaspeado, manchado, o salpicado. El Cuadro 2 presenta una lista de los nueve grupos principales de color y de los países donde se cultivan los frijoles de esos colores.

Cuadro 2. Ejemplos de variedades de frijol pertenecientes a los nueve grupos principales de color del grano, y los países donde se cultivan.

Grupo de color	Color o variedad	Cultivada en:
1	Blanco	
	Panamito	Perú, Ecuador
	Navy bean	Estados Unidos
	Great Northern	Estados Unidos
	Alubia	Argentina
2	Crema-beige	
	Carioca	Brasil
	Mulatinho	Brasil
	Pinto	México
	Bayo	México, Perú, Chile

Continúa

Cuadro 2. Continuación

Grupo de color	Color o variedad	Cultivada en:
3	Amarillo	
	Canario	Perú
	Azufrado	México
	Jalo	Brasil
4	Café-marrón	
	Ricopardo	Brasil
	Redlands	Australia
	Chumbinho	Brasil
5	Rosado	
	Rosinha	Brasil
	Flor de Mayo	México
	Red Kidney	Estados Unidos
6	Rojo	
	Calima	Colombia
	Pompadour	República Dominicana
	Zamorano	Honduras
7	Morado	
	Sangretoro	Colombia
	Roxinho	Brasil
8	Negro	
	Jamapa	México
	ICA Pijao	Colombia
	Rio Tibagi	Brasil
9	Otros	
	Tórtolas	Chile
	Burros	Chile

Si la semilla tiene más de un color, se registra también el color secundario, con los mismos códigos de color utilizados para el color primario.

Tamaño de la semilla

El tamaño de la semilla se expresa como el peso en gramos de 100 semillas escogidas al azar.

Pequeño: menos de 25 g

Mediano: 25 g a 40 g

Grande: más de 40 g

Brillo de la semilla

El brillo de la semilla se toma en semillas recién cosechadas; se consideran tres clases: 1) opaco; 2) intermedio; y 3) brillante.

Hábito de crecimiento

Para clasificar plantas con hábito de crecimiento determinado, la primera evaluación debe hacerse durante la etapa de desarrollo R6. Debe hacerse una segunda evaluación durante R9 para clasificar plantas cuyo hábito de crecimiento sea indeterminado.

La escala de evaluación para describir el hábito de crecimiento es la siguiente:

- I. Hábito determinado:
 - Ia: Tallo y ramas fuertes y erectos.
 - Ib: Tallo y ramas débiles.
- II. Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectos:
 - IIa: Sin guías.
 - IIb: Con guías y habilidad para trepar.
- III. Hábito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas débiles y rastreros:
 - IIIa: Guías cortas sin habilidad para trepar.
 - IIIb: Guías largas con capacidad para trepar.
- IV. Hábito de crecimiento voluble, con tallo y ramas débiles, largos y torcidos:

IVa: Vainas distribuídas por toda la planta.

IVb: Vainas concentradas en la parte superior de la planta.

No siempre se usa la subdivisión de cada hábito de crecimiento en a y b.

Días a la floración

Se calculan como días después de la siembra que coincidan con el inicio de la etapa de desarrollo R6, cuando el 50% de las plantas tiene una o más flores.

Días a la madurez

Se calculan como días después de la siembra que coincidan con el inicio de la etapa de desarrollo R9, cuando el 50% de las plantas hayan alcanzado su madurez fisiológica.

Adaptación vegetativa (vigor)

La evaluación debe hacerse cuando las plantas alcancen su máximo desarrollo, por lo general en R5, y teniendo en cuenta el efecto que ejerce el hábito de crecimiento en el vigor de la planta.

Escala: 1. Excelente
3. Buena
5. Intermedia
7. Pobre
9. Muy pobre

Adaptación reproductiva (carga)

La evaluación debe hacerse en R9. Las características que se deben considerar incluyen: número de vainas, forma de la vaina, número de semillas por vaina, y tamaño de la semilla.

- Escala: 1. Excelente
 3. Buena
 5. Intermedia
 7. Pobre
 9. Muy pobre

Nodulación producida por *Rhizobium* spp.

Esta evaluación debe hacerse en R6 (floración) cuando las plantas alcanzan los niveles máximos en número y masa de los nódulos. En el frijol arbustivo en monocultivo deben examinarse de 8 a 10 plantas por parcela. En el frijol voluble y en el frijol en asociación, es suficiente examinar de 4 a 6 plantas. Utilizando una pala, se excavan las plantas del final de cada surco y se retiran cuidadosamente; se separan luego con cuidado las raíces del suelo, y se pasa el suelo por un tamiz para recuperar cualquier nódulo que pudiera haberse desprendido. Se determina el número de nódulos aparentemente efectivos que presenten un color interno rojo o rosado. El número de nódulos por planta varía significativamente del frijol arbustivo al frijol voluble, y por ello se presenta a continuación una doble escala:

Escala	Número de nódulos rojos o rosados	
	Frijol arbustivo	Frijol voluble
1. Excelente	Más de 80	Más de 240
3. Buena	41 — 80	121 — 240
5. Intermedia	21 — 40	61 — 120
7. Pobre	10 — 20	30 — 60
9. Muy pobre	Menos de 10	Menos de 30

Nota: A causa de la gran variación en el tamaño de los nódulos, se utilizan las calificaciones pares. Por

ejemplo, para el frijol arbustivo, 30 nódulos grandes por planta corresponden a una calificación de 4; 30 nódulos medianos a una calificación de 5; y 30 nódulos pequeños a una calificación de 6.

Medición del Daño Causado por las Enfermedades

Enfermedades virales

Es posible diseñar una escala para evaluar la severidad de las enfermedades virales, pero las pérdidas en producción no se correlacionan necesariamente con los valores de severidad observados. Otra dificultad es la identificación de los numerosos virus que atacan el frijol. Las evaluaciones de campo pueden también alterarse por la presencia de varios virus cuando infectan simultáneamente una planta y dan como resultado síntomas complejos. Por consiguiente, se ha diseñado una escala de evaluación cualitativa sencilla para uso general, la cual no requiere experiencia previa en el diagnóstico de enfermedades virales.

Escala general para evaluar enfermedades virales. La escala consta de tres variables: síntomas, incidencia y rendimiento (Cuadro 3).

Síntomas. La planta debe examinarse totalmente antes de declarar cualquier ausencia de síntomas. Los síntomas 'intermedios' deben ser registrados por evaluadores que estén familiarizados con los posibles síntomas extremos de la enfermedad. Los síntomas 'generales' afectan toda la planta, en tanto que los 'intensos' indican un alto grado de expresión del síntoma, que incluye una reducción del crecimiento de la planta y la deformación de hojas o vainas. Las condiciones 'severas' incluyen síntomas extremos de enanismo, deformación de hojas o vainas, o alteraciones fisio-

lógicas. Finalmente, la 'necrosis sistémica' o necrosis apical comprende síntomas que frecuentemente conducen a la muerte de la planta.

Cuadro 3. Escala general de evaluación para enfermedades virales.

Calificación	Síntomas	Incidencia (%)	Rendimiento
1	Ausentes	0	Excelente
2	Dudosos	1 - 10	
3	Débiles	11 - 25	Bueno
4	Moderados	26 - 40	
5	Intermedios	41 - 60	Intermedio
6	Generales	61 - 75	
7	Intensos	76 - 90	Escaso
8	Severos	91 - 99	
9	Muerte	100	Muy escaso

Incidencia. Esta variable indica el grado relativo de confianza que se le puede dar a la evaluación. Se toman muestras al azar en sitios representativos del área que se está evaluando; por ejemplo, muestras de 20 o más plantas tomadas en una dirección bien sea longitudinal o bien diagonal a ésta. Se recomienda una evaluación visual de toda el área en aquellos casos en que se observan gradientes de la enfermedad (una intensidad variable, en sentido lineal, de la enfermedad) o focos de la misma.

La evaluación visual de la incidencia de la enfermedad es difícil puesto que, según la Ley de Weber-Fechner, la calificación visual progresa logarítmicamente. Por consiguiente, la escala logarítmica original de 1 a 12 de Horsfall y Barrat ha sido modificada según el sistema de la escala de 1 a 9, como se ilustra en el Cuadro 3. Esta escala también se recomienda cuando la estimación de la incidencia de la enfermedad se basa en recuentos reales de plantas.

Rendimiento. Esta variable corresponde a la adaptación reproductiva y es de suma importancia en aquellas enfermedades virales en que no se puede identificar fácilmente una fuente de resistencia genética.

Las evaluaciones de enfermedades virales se recomiendan en las siguientes etapas de desarrollo: floración (R6) para registrar síntomas e incidencia, excepto cuando se observa necrosis sistémica. La necrosis puede evaluarse desde el inicio del período vegetativo hasta la etapa del llenado de vainas (R8). El rendimiento debe evaluarse en R9 [véase **Adaptación reproductiva (carga)** en la página 14].

Códigos para enfermedades virales y variables evaluadas. Se emplean los siguientes códigos (tomados del inglés) para las enfermedades virales y las variables:

Códigos específicos (para enfermedades virales conocidas)

BCMV = Virus del Mosaico Común del Frijol
BR = Raíz Negra (BCMV)
BGMV = Virus del Mosaico Dorado del Frijol
BCIMV = Virus del Moteado Clorótico del Frijol
BYMV = Virus del Mosaico Amarillo del Frijol

Códigos generales (para enfermedades virales desconocidas)

MOS = Mosaico (clorosis o amarillamiento)
NEL = Necrosis (localizada)
NES = Necrosis (sistémica)
DEF = Deformación de órganos de la planta
DWA = Reducción en el tamaño de la planta

Variables

S = Síntomas
I = Incidencia
Y = Adaptación reproductiva (rendimiento)

Utilizando el sistema de evaluación de 1 a 9 se puede describir el efecto de las enfermedades virales en las variedades de frijol, como lo ilustra el siguiente ejemplo con el BCMV:

Variedad	Variable		
	Síntomas	Incidencia	Rendimiento
1	3	5	3
2	4	5	8

Enfermedades fungosas y bacterianas

El objetivo principal de este sistema de evaluación de enfermedades del frijol es tener un sistema estándar que sea uniforme, rápido y preciso para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos fungosos y bacterianos en condiciones de campo.

La 'severidad' de la enfermedad se utiliza como el criterio principal para evaluar algunas enfermedades, en tanto que para otras la 'incidencia' de la enfermedad se emplea como criterio principal.

La **severidad de la enfermedad** se define aquí como la cantidad de tejido de la planta afectado por los organismos causantes de la enfermedad y se expresa como porcentaje de la cantidad total de ese tejido.

La **incidencia de la enfermedad** se define como el número de unidades afectadas —se consideran generalmente plantas enteras, aunque también se consideran unidades las

partes de la planta como hojas, tallos, vainas o raíces— expresando luego estas unidades como porcentaje de la población total de unidades escogidas.

Los investigadores deben obtener un estimativo preciso e imparcial de la severidad o incidencia de la enfermedad, o de ambas, y también registrar de manera similar la etapa de desarrollo de la planta, puesto que ambos parámetros de la enfermedad están relacionados frecuentemente con la edad de la planta. Además, deben considerarse los tejidos cloróticos y necróticos asociados con las áreas infectadas. De manera semejante, es necesario considerar que para algunas enfermedades, especialmente para aquellas causadas por patógenos presentes en el suelo, la profundidad y la localización de la lesión pueden afectar e incapacitar un área mayor de la ocupada por la lesión. En ocasiones, estas enfermedades pueden afectar incluso la planta entera. Cuando se califica la severidad de la enfermedad, deben considerarse las áreas totales afectadas por la infección.

Con frecuencia, es necesario y recomendable hacer más de una evaluación durante el ciclo de cultivo, con el fin de obtener datos precisos que sean apropiados para hacer comparaciones y para calificar el germoplasma. Si la evaluación se realiza durante la última parte del ciclo de cultivo, el germoplasma de madurez temprana parecerá generalmente más susceptible a la enfermedad que el germoplasma de madurez tardía.

Las Figuras 1 a 6 son fotografías y diagramas que ilustran y clasifican varias categorías de enfermedades. El porcentaje de infección indicado en todos los casos representa el área real cubierta por lesiones, pústulas, y tejido clorótico y necrótico, y no es una estimación subjetiva de la infección. El Cuadro 4 contiene la escala general para la evaluación de las enfermedades del frijol.

Cuadro 4. Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos bacterianos y fungos.

Calificación	Categoría	Descripción	Comentarios
1 2 3	Resistente	Síntomas no visibles o muy leves	Germoplasma útil como progenitor o variedad comercial
4 5 6	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que sólo ocasionan un daño económico limitado	Germoplasma utilizable como variedad comercial o como fuente de resistencia a ciertas enfermedades
7 8 9	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento o la muerte de la planta	En la mayoría de los casos, germoplasma no útil, ni aun como variedad comercial

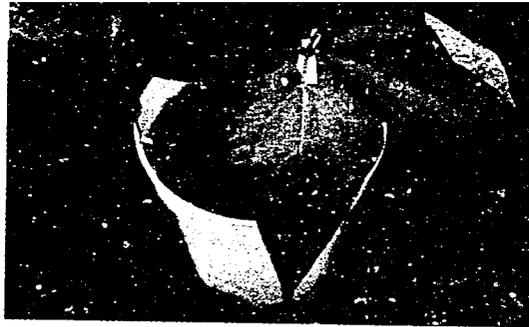
Mancha angular (y mancha de la hoja por *Alternaria*, mancha harinosa, mancha gris, y mancha blanca)

Phaeoisariopsis griseola (= *Isariopsis griseola*) [y *Alternaria* spp., *Mycovellosiella phaseoli* (= *Ramularia phaseoli*), *Cercospora castellanii* (= *C. vanderysti*), y *Pseudocercospora albida*]

Etapas para la evaluación: R6, R8.

Escala (Figura 1):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Presencia de unas pocas lesiones pequeñas sin esporulación que cubren aproximadamente 2% del área foliar o del área de las vainas.
5. Presencia de varias lesiones generalmente pequeñas, con esporulación limitada, que cubren aproximadamente 5% del área foliar o del área de las vainas.
7. Lesiones abundantes, generalmente grandes, con esporulación que cubren cerca del 10% del área foliar o del área de las vainas. En el follaje las lesiones pueden juntarse y el resultado son áreas infestadas más grandes asociadas con tejido clorótico. Las lesiones pueden también encontrarse en el tallo y en las ramas.
9. Un 25% del área foliar o del área de las vainas está cubierta por lesiones esporulantes grandes que tienden con frecuencia a juntarse. Los tejidos foliares son generalmente cloróticos lo que ocasiona una defoliación severa y prematura. Las vainas infectadas están, en general, deformadas y arrugadas y contienen un número bajo de semillas. Tanto en el tallo como en las ramas se observan lesiones esporulantes abundantes.



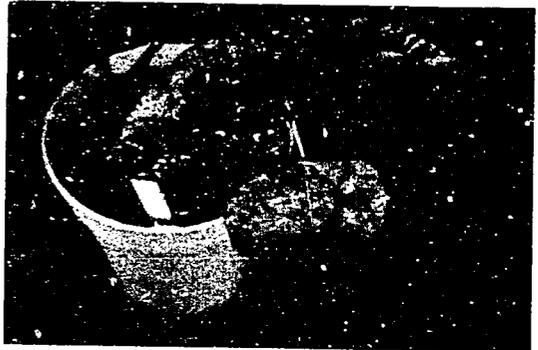
1



2



3



4



5

W

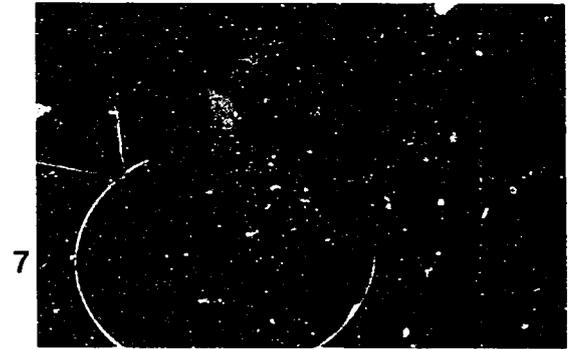


Figura 1. Hojas trifoliadas de frijol que muestran las nueve categorías de enfermedad (1 = sin síntomas visibles, 9 = síntomas muy severos de la enfermedad) empleadas para evaluar la reacción del germoplasma de frijol al patógeno de la mancha angular [*Phaeoisariopsis griseola* (= *Isariopsis griseola*)] y a otros patógenos (véase el texto).

56

Roya

Uromyces appendiculatus var. *appendiculatus* (= *U. phaseoli*)

Etapas para la evaluación: R6, R8.

Escalas:

Se ofrecen dos escalas. La primera es para los investigadores del frijol que trabajan en condiciones de campo y están interesados solamente en clasificar la reacción del germoplasma al patógeno de la roya en tres categorías discretas: resistente, intermedia o susceptible. Siendo éste el propósito, la severidad de la roya puede estimarse con una escala similar a la usada para la mancha foliar angular.

Escala 1:

1. Altamente resistente: ausencia, a simple vista, de pústulas de roya (inmune).
3. Resistente: presencia, en la mayoría de las plantas, de sólo unas pocas pústulas, por lo regular pequeñas, que cubren aproximadamente el 2% del área foliar.
5. Intermedia: presencia, en todas las plantas, de pústulas generalmente pequeñas o intermedias que cubren aproximadamente el 5% del área foliar.
7. Susceptible: presencia de pústulas generalmente grandes y rodeadas, con frecuencia, de halos cloróticos que cubren aproximadamente el 10% del área foliar.
9. Altamente susceptible: presencia de pústulas grandes y muy grandes, con halos cloróticos, las cuales cubren más del 25% del tejido foliar y causan defoliación prematura.

Escala 2:

Esta segunda escala es la misma que se utiliza en el Vivero Internacional de Roya de Frijol (IBRN); la escala aplica dos criterios: tipo de pústula e intensidad de la infección.

Tipo de pústula. Se utilizan seis grados para clasificar la reacción de la planta de frijol (tipo de pústula) al patógeno de la roya, de acuerdo con la Reunión Internacional de Trabajo Sobre Roya del Frijol celebrada en la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, en 1983. Anteriormente se usaban cinco.

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
2. Manchas necróticas sin esporulación.
3. Pústulas con esporulación de menos de 300 μm de diámetro.
4. Pústulas con esporulación de 300 a 500 μm de diámetro, a veces rodeadas por halos cloróticos.
5. Pústulas con esporulación de 500 a 800 μm de diámetro, frecuentemente rodeadas por halos cloróticos.
6. Pústulas con esporulación mayores de 800 μm de diámetro, rodeadas por halos cloróticos.

Cuando están presentes varios tipos de pústulas, éstos se registran en orden de predominancia: primero el tipo más predominante, y de último el menos prevalente. Se examinan ambas superficies foliares y si las calificaciones (tipos de pústulas) difieren, deben registrarse ambas calificaciones o la más alta.

Intensidad de la infección. La intensidad, expresada en porcentaje, es el área foliar visiblemente cubierta ya sea por manchas necróticas no esporulantes, por pústulas con esporulación, o por halos cloróticos alrededor de estas pústulas.

Para estimar el porcentaje de área foliar afectada, se aplica una escala de Cobb modificada, similar a la usada para variedades de frijol en el IBRN.

El tipo de pústula y la intensidad de la infección se combinan para obtener una clasificación final de la reacción de la planta que comprende cinco categorías, como se ilustra en la Figura 2.

Para el trabajo relacionado con plantas en invernadero, deben considerarse las siguientes adiciones:

El grado 2, correspondiente a la mancha necrótica, puede subdividirse en las siguientes categorías:

- 2 Manchas necróticas de menos de 300 μm de diámetro.
- 2+ Manchas necróticas de 300 a 1000 μm (1 mm) de diámetro.
- 2++ Manchas necróticas de 1 a 3 mm de diámetro.
- 2+++ Manchas necróticas de más de 3 mm de diámetro.

Signos suplementarios que se usan también en plantas de invernadero:

- C Halo clorótico tenue y pequeño.
- C+ Halo clorótico amarillo intenso, y grande.

Intensidad de infección	Resistente 3							
	1-0%							
	2-1%	2-5%	2-10%	2-15%	2-30%	2-40%	2-65%	2-100%
	3-1%	3-5%	3-10%	3-15%	3-20%	3-30%	3-40%	3-65%
	4-1%	4-5%						
	5-1%	5-5%						
	6-1%	6-5%						
Intermedia 5								
		4-10%	4-15%	4-20%	4-30%	4-40%	4-65%	4-100%
		5-10%						
		6-10%						
		5-15%	5-20%	5-30%	5-40%	5-65%	5-70%	5-100%
		6-15%	6-20%	6-30%	6-40%	6-65%	6-70%	6-100%
Susceptible 7								Muy susceptible 9

Figura 2. Clasificación de la reacción de la planta obtenida de la combinación del tipo de pústula, según una escala de 1 a 6, y de la intensidad de la infección, expresada en porcentaje. Por ejemplo, una pústula de tipo 4 (el número a la izquierda) con una intensidad de roya del 30% (el número a la derecha) corresponde a una reacción final de la planta igual a 5 o a la categoría intermedia (véase el texto).

Ascochita (y añublo de la hoja y de la vaina por *Diaporthe*, mancha roja por *Phoma*, mancha foliar por *Cercospora*, mancha redonda, carbón de la hoja por *Entyloma*, y mildew polvoso)

Phoma exigua var. *diversispora* (= *Ascochyta boltshauseri*) [y *Diaporthe phaseolorum*, *Phoma* sp., *Cercospora canescens*, *C. iaetoseptoria wellmanii*, *Entyloma petuniae* y *Erysiphe polygoni*]

Etapas para la evaluación: R6, R8.

Escala:

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Presencia de pocas lesiones concéntricas pequeñas y oscuras, que cubren aproximadamente el 2% del área foliar o del área de las vainas.
5. Presencia de varias lesiones de tamaño pequeño a mediano (hasta 1 cm de diámetro), con esporulación limitada, las cuales cubren aproximadamente el 5% del área foliar o del área de las vainas.
7. Presencia de lesiones grandes con esporulación que cubren aproximadamente el 10% del área foliar o del área de las vainas. También pueden aparecer lesiones en tallos y ramas. En el follaje, estas lesiones pueden juntarse.
9. Presencia de lesiones grandes con esporulación que cubren aproximadamente el 25% o más del área foliar o del área de las vainas. Las lesiones de las hojas se juntan con frecuencia causando necrosis de segmentos grandes que suelen desprenderse dejando orificios en las hojas; el resultado es una defoliación prematura y severa. Las

lesiones también cubren grandes segmentos del tallo y de las ramas, y las vainas infectadas, que contienen un número escaso de semillas, con frecuencia se muestran arrugadas.

Antracnosis

Colletotrichum lindemuthianum

Etapas para la evaluación: R6, R8.

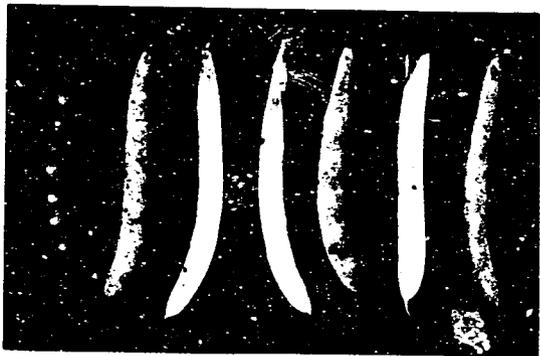
Escala (Figura 3):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Presencia de muy pocas y pequeñas lesiones, generalmente en la vena primaria del envés de la hoja o en la vaina, las cuales cubren aproximadamente el 1% del área foliar.
5. Presencia de varias lesiones pequeñas en el pecíolo o en las venas primarias y secundarias del envés de las hojas. En las vainas, las lesiones redondas y pequeñas (menos de 2 mm de diámetro), con esporulación reducida o sin ella, cubren aproximadamente el 5% de la superficie de la vaina.
7. Presencia de numerosas lesiones grandes en el envés de la hoja. También se pueden observar lesiones necróticas en la haz y en los pecíolos. En las vainas, presencia de lesiones de tamaño mediano (más de 2 mm de diámetro), aunque también pueden hallarse algunas lesiones pequeñas y grandes, generalmente con esporulación, que cubren aproximadamente el 10% de la superficie de las vainas.
9. Necrosis severa evidente en el 25% o más del tejido de la planta como resultado de lesiones en hojas, pecíolos, tallo, ramas e incluso en el punto de crecimiento; esta

1



2



3



4



5



19

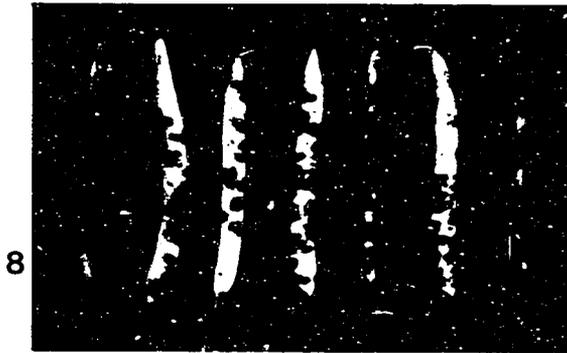


Figura 3. *Vainas de frijol en que se aprecian las nueve categorías de enfermedad (1 = sin síntomas visibles; 9 = síntomas de la enfermedad muy severos) usadas para evaluar la reacción del germoplasma de frijol al patógeno de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*).*

11

necrosis causa frecuentemente la muerte de gran parte de los tejidos de la planta. La presencia de chancros cóncavos, numerosos, grandes y con esporulación puede ocasionar la deformación de las vainas, un bajo número de semillas, y finalmente la muerte de las vainas.

Mustia hilachosa

Estado sexual: *Thanatephorus cucumeris*;

estado asexual: *Rhizoctonia solani*

Etapas para la evaluación: V4, R6, R8.

Los síntomas producidos por el estado asexual difieren de los del estado sexual, y generalmente causan más daño. Esos síntomas (los del estado asexual) aparecen primero en las hojas como manchas húmedas pequeñas, que luego se tornan de color marrón claro con márgenes oscuros. Estas lesiones generalmente se juntan, se tornan de color gris o marrón oscuro, y ocasionan con frecuencia la necrosis de la totalidad del área foliar. El crecimiento del micelio del hongo mantiene juntas las hojas dando la apariencia de una telaraña. En las vainas se desarrollan lesiones similares.

Los síntomas inducidos por el estado sexual en las hojas se manifiestan inicialmente como manchas redondas y necróticas de color marrón oscuro con centros de color más claro. Varias lesiones pueden juntarse y, con frecuencia, los tejidos necróticos caen dejando un orificio conocido como 'ojo de gallo'. Las vainas infectadas también desarrollan manchas necróticas con bordes oscuros y centros de color más claro.

Debe estimarse tanto la severidad como la incidencia de la enfermedad pero, en general, es más importante la severidad de ésta. En condiciones de campo, la unidad de área que se evalúa es generalmente el surco en las parcelas de un solo

surco, o el surco (o surcos) central(es) en las parcelas de surcos múltiples.

Se determina el porcentaje de infección de cada planta y luego se calcula el promedio para toda la parcela. El diagrama representado en la Figura 4 se utiliza para determinar el porcentaje de infección en plantas individuales.

Escala (Figura 4):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Aproximadamente de 5 a 10% de la parcela evaluada está infectada.
5. Aproximadamente de 20 a 30% de la parcela evaluada está infectada.
7. Aproximadamente de 40 a 60% de la parcela evaluada está infectada.
9. Más del 80% de la parcela evaluada está infectada.

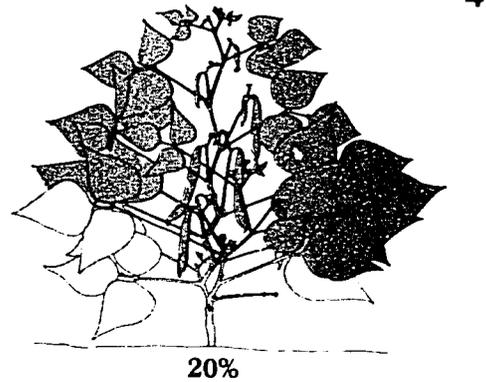
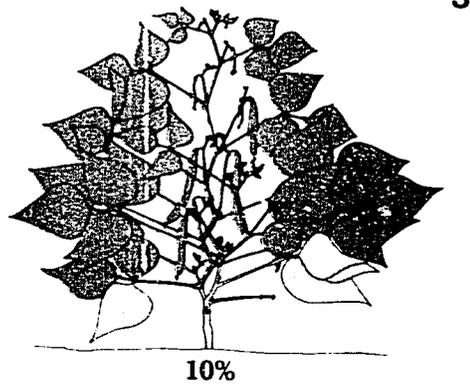
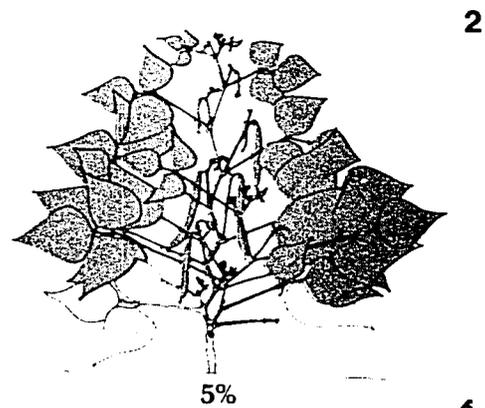
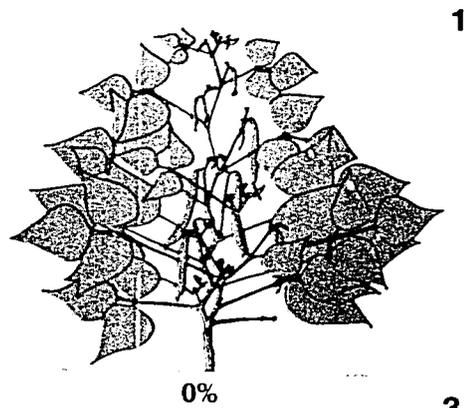
Moho blanco

Sclerotinia sclerotiorum

Etapas para la evaluación: R8, R9.

Las calificaciones deben hacerse ante todo en el tallo y en las ramas principales, para que reflejen el área de las partes aéreas de la planta que ha sido afectada por el patógeno. En la habichuela deben evaluarse las vainas empleando la misma escala.

Debe estimarse tanto la severidad como la incidencia de la enfermedad pero, en general, es más importante la severidad de ésta. En condiciones de campo, la unidad de área que se mide es generalmente el surco en las parcelas de un solo surco, o el surco (o surcos) central(es) en las parcelas de surcos múltiples.



17

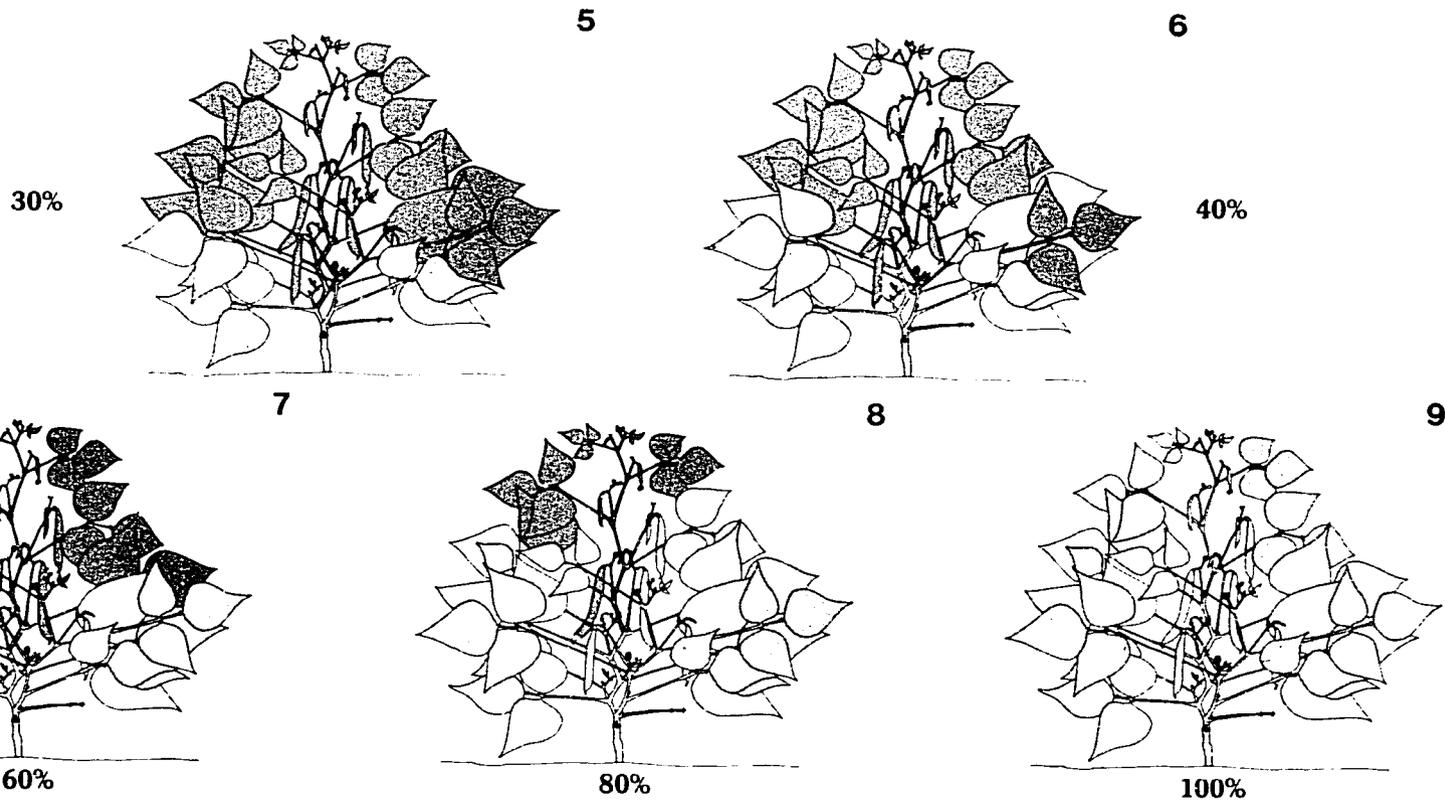


Figura 4. Plantas de frijol que muestran diferentes porcentajes de severidad de la enfermedad causada por los patógenos del moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) o de la mustia hilachosa (estado sexual: *Thanatephorus cucumeris*; estado asexual: *Rhizoctonia solani*).

6.

Se determina el porcentaje de infección de cada planta y luego se calcula el promedio para toda la parcela. El diagrama representado en la Figura 4 se utiliza para determinar el porcentaje de infección en plantas individuales.

Escala (Figura 4):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Aproximadamente de 5 a 10% de la parcela evaluada está infectada.
5. Aproximadamente de 20 a 30% de la parcela evaluada está infectada.
7. Aproximadamente de 40 a 60% de la parcela evaluada está infectada.
9. Más del 80% de la parcela evaluada está infectada.

Pudriciones radicales

Las pudriciones radicales del frijol pueden ser causadas por un solo organismo o por cualquier combinación de los siguientes organismos que actúan como un complejo de patógenos:

Pudrición radical causada por *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani*),

Pudrición radical causada por *Fusarium* (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*).

Pudrición negra de la raíz (*Thielaviopsis basicola*), y

Pudrición radical causada por *Pythium* (*Pythium* spp.).

Etapas para la evaluación: V1, R6, R8.

Los patógenos que causan pudrición radical del frijol no se encuentran uniformemente distribuidos en el suelo y, con

frecuencia, afectan la germinación de la semilla y la emergencia de la radícula. Por consiguiente, es importante registrar la incidencia de la enfermedad mediante la determinación del número de plántulas emergidas y el número de plantas sanas y productivas al momento de la cosecha.

La infección de la raíz principal es más severa y perjudicial que los puntos de infección en las raíces laterales. Muchas infecciones, en cambio, son superficiales y causan daños limitados a los tejidos corticales, como en el caso de la pudrición cortical por *Fusarium*, causada por *F. solani* f. sp. *phaseoli*. La totalidad de los tejidos del hipocótilo pueden quedar decolorados y cubiertos con lesiones corticales superficiales; sin embargo, a menos que los tejidos del tallo y de la raíz presenten síntomas de pudrición, la planta tal vez no sufra daño. De igual manera, la reacción de determinado germoplasma puede exhibir síntomas severos de la enfermedad aunque con poco daño; en este caso, se requiere ajustar la calificación por severidad de la enfermedad para incluir en ella el grado de daño. Las evaluaciones exigen frecuentemente un muestreo destructivo, ya que generalmente no se evidencian síntomas por encima del nivel del suelo. Se excava cuidadosamente para sacar las plantas y luego se remueve el suelo adherido alrededor de las raíces con una ligera sacudida o lavándolas con agua.

Se determina el porcentaje de infección en cada planta y luego se calcula el promedio para toda la parcela. Una accesión de frijol que sólo presente síntomas de decoloración no debe clasificarse como susceptible. En ausencia de síntomas de pudrición, la calificación debe ser 5 o menos.

Escala (Figura 5):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Decoloración ligera, ya sea sin lesiones necróticas o

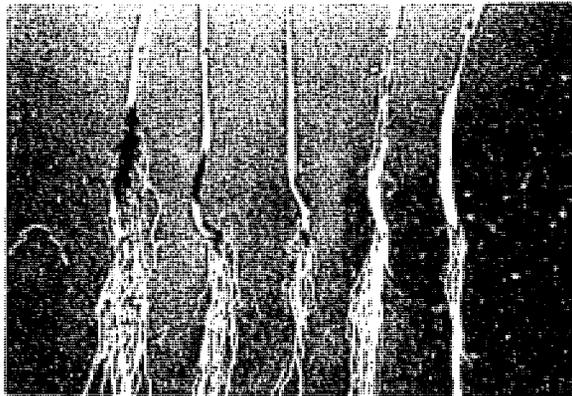
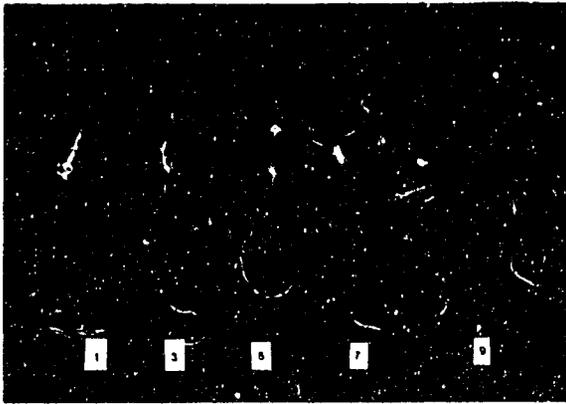


Figura 5. Raíces de frijol que muestran las categorías de enfermedad (1 = sin síntomas visibles; 9 = síntomas muy severos de la enfermedad) utilizadas para evaluar dos reacciones del germoplasma de frijol: arriba, al patógeno de la pudrición radical causada por *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani*); y abajo, al patógeno de la pudrición radical causada por *Fusarium* (*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*). También se usan esas categorías para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a otros patógenos de la pudrición radical (véase el texto).

con un 10% aproximadamente de los tejidos del hipocótilo y de la raíz cubiertos con lesiones.

5. Aproximadamente 25% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos con lesiones, pero los tejidos se conservan firmes y hay poco deterioro del sistema radical. Pueden observarse síntomas de decoloración fuerte.
7. Aproximadamente 50% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos con lesiones que se combinan con ablandamiento, pudrición y reducción considerables del sistema radical.
9. Aproximadamente 75% o más de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están afectados por estados avanzados de pudrición, en combinación con una reducción severa del sistema radical.

Pudrición gris y añublo sureño

Macrophomina phaseolina y *Sclerotium rolfsii*

Etapas para la evaluación: V3, R8.

Escala:

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Los síntomas de la pudrición gris (o carbonosa) están restringidos a los cotiledones. En el añublo sureño se da esta calificación cuando aproximadamente un 1% del hipocótilo tiene síntomas. Los tejidos inferiores del tallo están cubiertos con lesiones pequeñas y susceptibles.
5. Aproximadamente 10% del hipocótilo y de los tejidos inferiores del tallo están cubiertos con lesiones,

acompañadas frecuentemente por estructuras de fructificación del hongo.

7. Aproximadamente 25% del hipocótilo y de los tejidos inferiores del tallo están cubiertos con lesiones, acompañadas frecuentemente por estructuras de fructificación del hongo.
9. Aproximadamente 50% o más del hipocótilo y de los tejidos del tallo están cubiertos con lesiones y con un gran número de estructuras de fructificación del hongo.

Marchitamiento por *Fusarium* ***Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli***

Etapas para la evaluación: R6, R8.

Escala:

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Muy pocas hojas marchitas (1 a 3 hojas, que representan 10% o menos del follaje), síntoma acompañado de decoloración vascular limitada de los tejidos radicales y del hipocótilo.
5. Aproximadamente 25% de hojas y ramas presentan marchitamiento y clorosis.
7. Aproximadamente 50% de hojas y ramas presentan marchitamiento, clorosis y necrosis limitada. Las plantas manifiestan enanismo.
9. Aproximadamente 75% o más de las hojas y las ramas presentan marchitamiento, enanismo severo, y necrosis con defoliación prematura que frecuentemente dan por resultado la muerte de las plantas.

Bacteriosis común

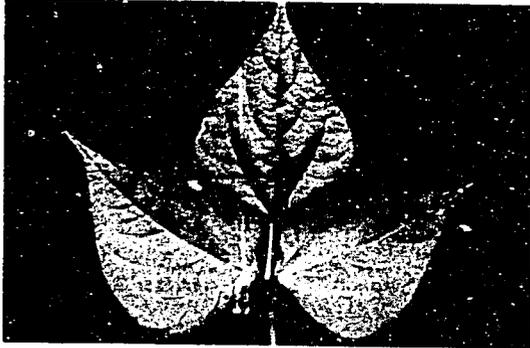
Xanthomonas campestris pv. phaseoli

Etapas para la evaluación: R6, R8.

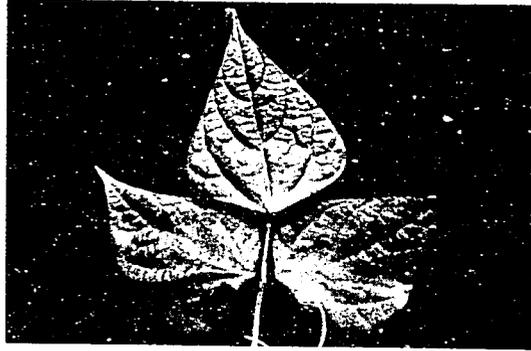
Escala (Figura 6):

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Aproximadamente 2% del área foliar está cubierta por unas pocas lesiones pequeñas. Generalmente, las vainas están libres de lesiones.
5. Aproximadamente 5% del área foliar está cubierta por lesiones pequeñas que comienzan a juntarse; éstas se hallan rodeadas a veces por halos amarillos que resultan en síntomas leves. Las lesiones en las vainas son generalmente pequeñas y no se juntan.
7. Aproximadamente 10% del área foliar está cubierta por lesiones medianas y grandes, generalmente acompañadas por halos amarillos y por necrosis. Las lesiones en las vainas son grandes, se juntan, y presentan con frecuencia exudados bacterianos.
9. Más del 25% del área foliar está cubierta por lesiones grandes, generalmente necróticas, que se juntan unas con otras, lo que ocasiona la defoliación de la planta. Las lesiones en las vainas se juntan para cubrir áreas extensas y exhiben abundante exudación bacteriana, lo que en ocasiones causa vainas deformes y vacías.

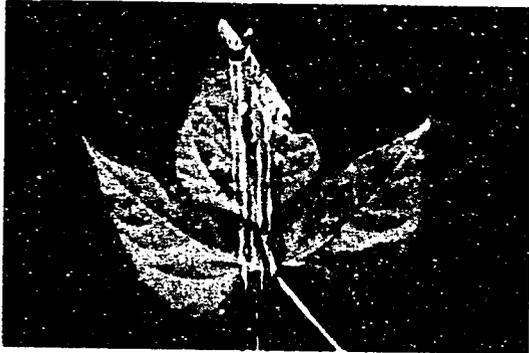
1



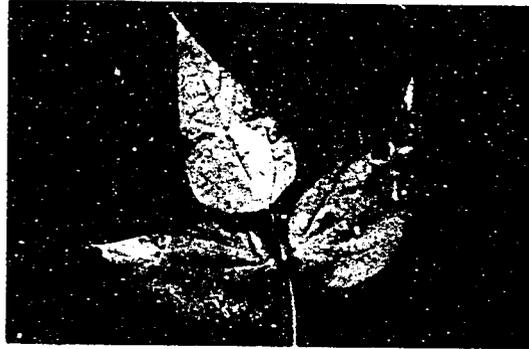
2



3



4



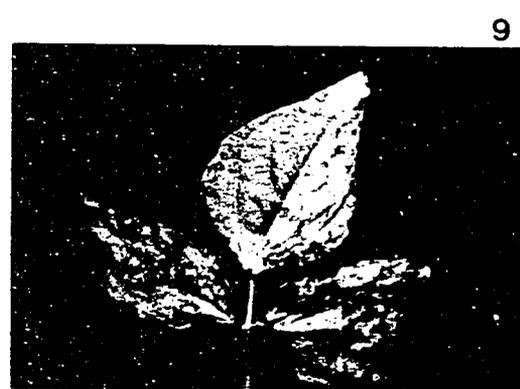
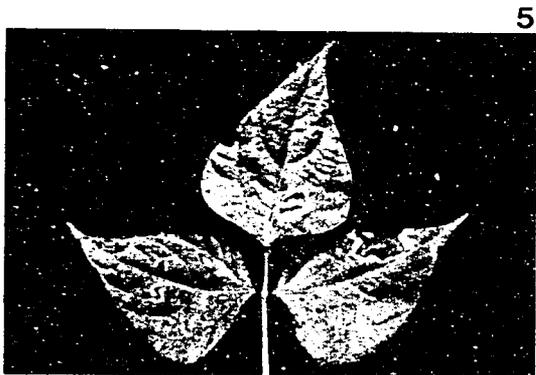


Figura 6. Hojas trifoliadas de frijol que muestran las nueve categorías de enfermedad (1 = sin síntomas visibles; 9 = síntomas muy severos de la enfermedad) utilizadas para evaluar la reacción del germoplasma de frijol al patógeno de la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*).

Añublo de halo (y mancha parda bacteriana)
Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola* [y
Pseudomonas syringae pv. *syringae*]

Etapas para la evaluación: R6, R8.

Escala:

1. Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3. Aproximadamente 2% del área de las hojas o de las vainas está cubierta con lesiones redondas. Puede evidenciarse una ligera clorosis sistémica.
5. Aproximadamente 5% del área de las hojas o de las vainas está cubierta con lesiones redondas de alrededor de 5 mm de diámetro. En los puntos de crecimiento puede presentarse una clorosis sistémica limitada.
7. Aproximadamente 10% de los tejidos foliares están afectados ya sea por lesiones o por la clorosis resultante de ella. Ocurre una deformación foliar limitada y las vainas presentan generalmente exudación bacteriana en las lesiones que se juntan, las cuales pueden medir alrededor de 10 mm de diámetro.
9. Un 25% o más de los tejidos foliares están afectados por lesiones y clorosis. Se observa distorsión foliar severa y las lesiones que se unen cubren áreas extensas en las vainas y causan su deformación y la producción de vainas vanas.

Medición del Daño Causado por Nematodos (*Meloidogyne spp.*)

Etapas para la evaluación: R6, R8.

La infección del sistema radical por los nematodos parasíticos de las plantas, tales como los nematodos de los nudos radicales, está acompañada con frecuencia por decoloración y necrosis como resultado de la actividad de ciertos microorganismos del suelo asociados con esos síntomas. Se puede usar la misma escala para evaluar el grado de decoloración y de necrosis asociadas con las infecciones causadas por nematodos.

Escala:

1. Sin síntomas de agallas o de necrosis.
3. Aproximadamente 10% de las raíces presentan agallas o necrosis.
5. Aproximadamente 25% de las raíces presentan agallas o necrosis.
7. Aproximadamente 50% de las raíces presentan agallas o necrosis.
9. Aproximadamente 75% o más de las raíces presentan agallas o necrosis.

Medición del Daño Causado por Artrópodos

Moscas del frijol

Ophiomyia phaseoli y *O. spencerella*

La uniformidad de las infestaciones de *Ophiomyia* es baja. Es necesario establecer repeticiones para evaluar el germoplasma de frijol por su resistencia a *Ophiomyia*. La reacción de dicho germoplasma a ambas especies (*O. phaseoli*, pupas color amarillo-marrón; *O. spencerella*, pupas negras) podría ser diferente. Por esta razón, debe registrarse el color de las pupas.

Se evalúan dos características en la etapa V4:

Incidencia (número de plantas con pupas): Se cuenta el número de plantas con pupas y sin ellas, y el porcentaje de plantas infestadas corresponderá a la calificación de infestación; y

Severidad (vigor de las plantas infestadas): Solamente se mide si hay plantas infestadas:

Escala:

1. Las plantas infestadas son tan vigorosas como las plantas no infestadas. La mosca del frijol, aparentemente, no causa daño considerable.
3. Plantas infestadas con ligero retraso en su crecimiento.

5. Plantas infestadas con retraso considerable en su crecimiento.
7. Plantas infestadas con retraso severo en su crecimiento.
9. Plantas infestadas muertas o casi muertas.

Afidos

***Aphis fabae* y otras especies**

Se mide, con esta escala, el daño sufrido por las hojas que, si lo hay, ocurre generalmente antes de la floración, en las etapas V4 y R5:

Escala:

1. Sin daño.
3. Hojas ligeramente 'encocadas'.¹
5. Hojas moderadamente encocadas, con cierto amarillamiento foliar.
7. Distorsión severa de las hojas con amarillamiento considerable, acompañada de secreciones de miel.
9. Distorsión foliar severa o muy severa, acompañada de amarillamiento y abundante secreción de miel.

Arañita roja

***Tetranychus* spp.**

El daño foliar se mide durante las infestaciones naturales o a los 8 y 15 días después de la infestación de las parcelas. El método de infestación artificial consiste en colocar una hoja

1. Regionalismo que describe la forma acopada, semejante a un coco partido por mitad, que adoptan las hojas enfermas.

trifoliada infestada en cada planta. Se recomienda que las infestaciones artificiales se hagan en las etapas de desarrollo V4 y R5.

Escala:

1. Sin daño.
3. La haz de las hojas en la porción media de la planta presenta un ligero moteado con manchas de color blanco.
5. El moteado, que cubre aproximadamente la tercera parte del área foliar, se extiende a todas las hojas intermedias y terminales.
7. Un moteado con puntos blancos cubre aproximadamente dos terceras partes del área foliar.
9. Todas las hojas presentan moteado, el cual cubre casi toda la hoja. Se observa amarillamiento severo y necrosis en las hojas, así como defoliación y aparición de estructuras en forma de telaraña.

Acaro blanco tropical

Polyphagotarsonemus latus

Las plantas pueden infestarse artificialmente colocando en ellas hojas infestadas durante la etapa R5. Los ataques ocurren generalmente en plena floración (R6). Se deben hacer dos o más evaluaciones a intervalos semanales.

Escala:

1. Sin daño.
3. Los márgenes de las hojas terminales se enrollan hacia arriba.

5. Los márgenes de las hojas en el tercio superior de la planta se enrollan hacia arriba. El envés de las hojas terminales se presenta bronceado.
7. Aproximadamente en dos tercios de la planta se observa el enrollamiento foliar. Hay bronceado en el envés, y también en la haz, de las hojas que no son terminales, combinado con la abscisión de las hojas terminales.
9. Casi toda la planta está afectada. El bronceado foliar da paso a una textura coriácea. Hay defoliación considerable acompañada por el bronceado de las vainas.

Saltahojas o chicharritas

Empoasca spp.

El daño debe evaluarse cuando ocurra, pero antes del final de R8.

Escala:

1. Sin daño.
3. Ligero enrollamiento, hacia abajo o hacia arriba, de las hojas de algunas plantas.
5. Enrollamiento moderado y algún amarillamiento foliar. La planta se muestra achaparrada.
7. El enrollamiento foliar, el amarillamiento y el achaparrado son más intensos.
9. Todas las hojas presentan amarillamiento y enrollamiento. La planta se muestra totalmente achaparrada, con muy escasa producción de flores y de vainas.

Comedores de hojas

Esta escala se utiliza para insectos tales como la conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*), los lepidópteros, los crisomélidos, las babosas, etc.

Primero se identifica la plaga responsable. La intensidad de la defoliación se evalúa en condiciones de infestación natural, cuando el daño ocurra.

Escala:

1. Sin defoliación.
3. Menos del 10% del área foliar ha sido consumida.
5. Entre el 10 y el 25% del área foliar ha sido consumida.
7. Entre el 25 y el 50% del área foliar ha sido consumida.
9. Más del 50% del área foliar ha sido consumida.

Picudo de la vaina

Apion godmani

Para evaluar el germoplasma de frijol por su resistencia al *A. godmani* o por el daño que éste le causa, es necesario establecer repeticiones. Al comienzo de R9 se toman, abren y revisan de 30 a 50 vainas por repetición, de cada material, y se cuentan las vainas sanas y las dañadas. Una vaina se considera dañada si tiene por lo menos una semilla afectada. No es necesario que el insecto esté presente para que la vaina se considere dañada.

Evaluación del daño. Se calcula el porcentaje de vainas y semillas dañadas. Los materiales de madurez tardía podrían escapar a la infestación.

Brúquidos (gorgojos del grano)

Zabrotes subfasciatus y

Acanthoscelides obtectus

Se toman 50 semillas de cada material y se infestan artificialmente con cinco pares sexuales de *Z. subfasciatus* o con 100 huevos de *A. obtectus*. Después de 30 días se cuentan diariamente los nuevos adultos hasta el estado final de emergencia de las plantas. Se puede contar la oviposición de *Z. subfasciatus* en las semillas.

Evaluación de la infestación. La calificación corresponde al número total de adultos emergidos de 50 semillas (porcentaje de emergencia). Se puede calcular también la oviposición de *Z. subfasciatus*, y el tiempo promedio requerido para la emergencia de los adultos de ambos insectos.

Medición de la Tolerancia a Factores Edáficos y Climáticos

Sequía

No es posible establecer una escala estándar para la tolerancia a la sequía porque los efectos que ésta causa varían mucho según las condiciones climáticas y edáficas del cultivo. Normalmente se emplean las escalas diseñadas para la adaptación vegetativa y la adaptación reproductiva (en las etapas de desarrollo R5 y R9). A causa del fenómeno del 'escape' en los materiales precoces, los evaluadores deben ser cautelosos cuando un vivero presenta un amplio rango de fechas de madurez fisiológica. En algunos casos se justifica hacer evaluaciones de síntomas específicos como el marchitamiento foliar, la orientación de las hojas para evitar el sobrecalentamiento y la caída de las flores, las deformaciones foliares, y la dificultad para arrancar las plantas del suelo.

Suelos ácidos

Se usan generalmente las escalas empleadas para la adaptación vegetativa y la adaptación reproductiva. Cuando se observan síntomas específicos de deficiencia de fósforo (P) y toxicidades por aluminio (Al) y por manganeso (Mn), deben hacerse evaluaciones adicionales para buscar diferencias entre los materiales.

En ensayos de selección en que se hacen aplicaciones de cal o fósforo, o de ambos, los evaluadores deben tener en

cuenta las múltiples respuestas que pueden obtenerse; por ejemplo:

Planta eficiente que responde: una planta que da altos rendimientos tanto en condiciones de estrés por P como con un suministro adecuado de P.

Planta eficiente que no responde: una planta que da buenos rendimientos en condiciones de estrés por P, pero su producción no aumenta considerablemente cuando la disponibilidad de P es óptima.

Planta ineficiente que responde: una planta que rinde menos en condiciones de estrés por P, pero cuyo rendimiento es igual o mayor que el de la planta eficiente que recibe suministro adecuado de P.

Planta eficiente de débil respuesta: una planta que produce menos en condiciones de estrés por P, pero cuyo rendimiento aumenta con un suministro adecuado de P.

Planta ineficiente que no responde: una planta genéticamente inferior que no da buenos rendimientos cuando el P disponible es adecuado ni cuando es inadecuado.

Nota: Estas respuestas no deben interpretarse como una escala.

Bibliografía

- Cardona, C.; Flor, C. A.; Morales, F. J. y Pastor-Corrales, M. 1982. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. 2a. ed. CIAT, Cali, Colombia. 100 p.
- Fernández, F.; Gepts, P. y López, M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia. 34 p.
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá). 1986. Métodos para establecer calidad tecnológica y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Publicación L-33. 41 p.
- Schwartz, H. F. y Gálvez, G. E. (eds.). 1980. Problemas de producción del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT, Cali, Colombia. 424 p.

Publicación del CIAT
Programa de Frijol y
Programa de Capacitación y Comunicaciones,
Unidades de Publicación y Servicios de Apoyo

Traducción: EDITEC, Bogotá
Edición: Francisco Motta
Diseño de carátula: María Claudia Ortiz
Dibujos: Ligia M. García
Producción e impresión: Unidad de Servicios de Apoyo
