

Problemas de Campo en los cultivos de frijol en el trópico



SB
608
.B3
C3

IT



CIAT

COLECCION HISTORICA

COLECCION HISTORICA

ional de Agricultura Tropical
nter for Tropical Agriculture

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se dedica al alivio del hambre y de la pobreza en los países tropicales en desarrollo, mediante la aplicación de la ciencia para el aumento de la producción agrícola, conservando, a la vez, los recursos naturales.

El CIAT es uno de los 16 centros internacionales de investigación agrícola auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAT).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por 23 donantes, entre los que figuran gobiernos de países, organizaciones para el desarrollo regional e institucional y fundaciones privadas. En 1995, los siguientes países son donantes del CIAT: Alemania, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Colombia, España, los Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Japón, Noruega, el Reino Unido, Suecia y Suiza. Las entidades donantes son el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial, la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, la Fundación Sasakawa, la Unión Europea (UE) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de los donantes.



Foto de la carátula:

Amarillamiento intenso y deformación de vainas inducidos por el BGMV.

SD
608
.B3
C3

ISBN 958-9183-55-7

Problemas de Campo **en los cultivos de frijol en el trópico**



César Cardona, Ph.D., Entomólogo
Carlos A. Flor, M.Sc., Agrónomo
Francisco J. Morales, Ph.D., Virólogo
Marcial A. Pastor Corrales, Ph.D., Fitopatólogo



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

26 SET. 1995

020777

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

Publicación CIAT No. 241
ISBN 958-9183-55-7
Tiraje: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia
Marzo, 1995

Cardona, César ; Flor, Carlos A. ; Morales, Francisco ;
Pastor Corrales, Marcial A.
Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. -- Cali,
Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1994.
220 p. : ilus.

1. Frijol -- Enfermedades y plagas. 2. Frijol -- Enfermedades
carenciales de las plantas. I. Tít.

Contenido

	Página
Prefacio	vii
Enfermedades	
M. A. Pastor Corrales	1
Enfermedades Causadas por Virus	
F. J. Morales	3
Virus transmitidos por áfidos	3
Virus del mosaico común del frijol	3
Virus del mosaico amarillo del frijol	7
Virus del mosaico del pepino	9
Virus transmitidos por coleópteros	11
Virus del mosaico rugoso del frijol	11
Virus del mosaico sureño del frijol	13
Virus del mosaico suave del frijol	15
Virus del mosaico severo del frijol	17
Virus del moteado amarillo del frijol	19
Virus transmitidos por la mosca blanca	20
Virus del mosaico dorado del frijol	20
Virus de mosaico enano del frijol	22
Otras enfermedades de posible etiología viral compleja	24
Enfermedades de las Partes Aéreas de la Planta	
M. A. Pastor Corrales	25
Enfermedades causadas por hongos	25
Antracnosis	25
Mancha angular	31
Roya	36
Mustia	40
Ascochyta	45

	Página
Moho blanco	48
Marchitamiento por <i>Fusarium</i>	51
Pudrición carbonosa, pudrición gris o tizón cenizo	53
Oidio, mildew polvoso	56
Mancha harinosa	58
Moho gris	60
Mancha gris	62
Mancha blanca	65
Mancha redonda	66
Carbón	68
Mancha foliar por <i>Cercospora</i>	70
Mancha foliar por <i>Alternaria</i>	72
Mildew velloso	74
Roña	76
Añublo por <i>Diaporthe</i> , tizón de la vaina	78
Enfermedades causadas por bacterias	80
Bacteriosis común, añublo común o fusco	80
Añublo de halo o tizón de halo	84
Marchitamiento bacteriano	86
Mancha café bacteriana	88
Quemazón bacteriana	90
Enfermedades causadas por organismos similares a micoplasmas	92
Machismo	92
Enfermedades de las Partes Subterráneas de la Planta	
M. A. Pastor Corrales	95
Enfermedades causadas por hongos	95
Pudrición radical por <i>Rhizoctonia</i>	95
Pudrición radical por <i>Fusarium</i>	99
Añublo sureño	101
Pudriciones por <i>Pythium</i> , marchitamiento por <i>Pythium</i>	103
Pudrición negra	106

Pudrición radical y del hipocótilo por <i>Aphanomyces</i>	108
Enfermedades causadas por nematodos	110
Nematodos de los nudos radicales	110
Nematodos de las lesiones radicales	112
Patología de la Semilla y Producción de Semilla Limpia	114
Insectos y otros Invertebrados Dañinos	
C. Cardona	119
Insectos que atacan las plántulas	122
Grillos, grillotopos, hormigas, gallinaciegas, chizas, mayates o mojoyes	122
Trozadores, cortadores, lagarta militar, nocheros, tierreros, rosquillas	124
Mosca del frijol	126
Coralillo, barrenador del tallo, elasmó	128
Mosca de la semilla, mosca de la raíz, gusano de la semilla	130
Insectos comedores del follaje	132
Gusano peludo, pega-pega, falso medidor, gusano fósforo o cabezón	132
Crisomélidos, cucarroncitos de las hojas, doradillas, tortuguillas, vaquitas, diabroticas	136
Conchuela	139
Minadores	141
Babosas, lesmas	143
Insectos chupadores	145
Afidos	145
Lorito verde, chicharrita, saltahojas, cigarra	147
Arañita roja, ácaro rajado o bimaclado, ácaros tetraniquídeos	
Acaro blanco, ácaro tropical	150
Moscas blancas	153
Chinches hediondas	156

Insectos que atacan las vainas	158
Picudo de la vaina, picudo del ejote, picudo, apion	158
Polilla del frijol, barrenador de los brotes, barrenador de la vaina, epinotia	161
Heliotis, helotero, bellotero, yojota	162
Maruca, gusano perforador de la vaina	164
Insectos de granos almacenados	165
Gorgojo, gorgojo común del frijol	165
Gorgojo pintado del frijol	167

Desórdenes Nutricionales

C. A. Flor	171
------------	-----

Diagnóstico de los desórdenes nutricionales	176
Toxicidad por aluminio	179
Deficiencia y toxicidad de boro	182
Deficiencia de hierro	185
Deficiencia de magnesio	186
Deficiencia y toxicidad por manganeso	188
Deficiencia de nitrógeno	190
Deficiencia de fósforo	192
Deficiencia de potasio	195
Deficiencia de zinc	196
Deficiencia de cobre	197
Deficiencia de azufre	198
Deficiencia de calcio	199
Toxicidad por sodio y sales	200
Deficiencias dobles y múltiples	201

Problemas Misceláneos en la Producción del Frijol	205
--	-----

Daños por productos químicos	206
Factores ambientales	210
Anormalidades genéticas	212

Bibliografía	215
---------------------	-----

Indices de Nombres Científicos de Patógenos y de Insectos que Atacan el Frijol	217
---	-----

Prefacio

El frijol es un componente particularmente importante de la dieta de la población de América Latina y Africa, por su alto contenido de proteínas y carbohidratos. Se encuentra cultivado bajo las más diversas condiciones, desde los 52° latitud norte a los 32° latitud sur, y desde el nivel del mar hasta más de 3000 m.s.n.m. Se estima que más del 90% de la producción mundial del frijol común se da bajo condiciones de estrés donde los rendimientos promedio son bajos (< 600 kg/ha). Estas regiones se encuentran en el trópico y subtrópico de América Latina y Africa, donde las fincas son pequeñas, el frijol se cultiva intercalado, en muchos casos para autoconsumo, y los agricultores, debido a sus limitados recursos, aplican pocos insumos (o ninguno). El potencial de producción, sin embargo, es superior a 5000 kg/ha. Esta diferencia significativa entre la producción corriente y la potencial se atribuye principalmente al ataque severo de enfermedades, a los daños causados por insectos y a problemas de falta de disponibilidad adecuada de agua y nutrimentos del suelo.

La preparación de este manual tuvo como base, en parte, la segunda edición de *Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina* (1982), de los mismos autores. Esta vez, el enfoque se ha ampliado para incluir cultivos de frijol de todo el mundo. El objetivo es ayudar a los científicos, técnicos, extensionistas y agricultores a identificar los problemas de producción y almacenamiento del frijol, y a desarrollar medidas adecuadas de control.

Para facilitar el uso del manual, se incluyen con el texto los nombres comunes de enfermedades e insectos en español, inglés y portugués, y el nombre científico del agente causal de cada plaga.

Los autores agradecen a todas las personas que aportaron información para la preparación de esta publicación y a quienes proporcionaron las fotos que la ilustran.

Julia Kornegay
Líder, Programa de Frijol

Enfermedades

Marcial A. Pastor Corrales*

Las enfermedades son uno de los factores de mayor importancia económica que afectan al frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en el trópico. Estas son causadas principalmente por hongos, virus y bacterias que pueden reducir significativamente los rendimientos y la calidad de la vaina y de la semilla. En el trópico las enfermedades del frijol generalmente ocurren en complejos de dos o más que pueden variar según la época del año en que se siembre, la localidad, la variedad y el sistema de cultivo que se use.

Muchos factores influyen en la importancia de las enfermedades del frijol en el trópico. Las condiciones climáticas que favorecen la sobrevivencia y diseminación de los patógenos, o de sus vectores en el caso de algunos virus, durante la mayor parte del año, son uno de los más importantes. La siembra de variedades susceptibles también contribuye a su prevalencia e importancia. Además, muchas de las prácticas culturales utilizadas por el agricultor contribuyen mucho a la importancia de las enfermedades. Entre aquéllas, las siembras continuas y escalonadas, como ocurre en algunas regiones donde el frijol es un cultivo intensivo, el uso de semilla infectada con patógenos y la poca rotación de los cultivos son las prácticas que más influyen en su prevalencia.

Varias estrategias pueden ser usadas para manejar las enfermedades del frijol. La selección de una estrategia depende de una serie de factores biológicos, climáticos, edáficos, económicos y sociales. Es importante tener en cuenta que en el trópico el frijol es muchas veces un cultivo de riesgo, producido mayormente por pequeños agricultores

* Fitopatólogo, Programa de Frijol, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

que tienen muy poco capital y que esperan aumentar sus rendimientos y tener mínimos costos de producción. Por eso, la estrategia más práctica y barata para manejar las enfermedades del frijol es el uso de variedades resistentes. Estas deben ser usadas con prácticas culturales que desfavorezcan las enfermedades. Entonces, el manejo integrado, que combine el uso de variedades resistentes con buenas prácticas culturales y otros métodos de control, debe ser la estrategia a usarse en el manejo de las enfermedades del frijol.

Para poder escoger los componentes más apropiados de una estrategia de control o manejo de las enfermedades del frijol, es muy importante, ante todo, tener un diagnóstico adecuado tanto de las enfermedades como de los factores que contribuyen a su importancia. En las siguientes páginas se describen los principales síntomas de cada una de las enfermedades más importantes del frijol, así como las condiciones climáticas y otros factores edáficos o biológicos que influyen en ellas.

Esta información debe permitir un diagnóstico correcto y la formulación de la estrategia más apropiada para el manejo de las enfermedades del frijol.

Enfermedades Causadas por Virus

Francisco J. Morales*

Virus transmitidos por áfidos

Virus del mosaico común del frijol

Bean common mosaic virus

Virus do mosaico comum do feijoeiro

El virus del mosaico común del frijol (BCMV) es el patógeno viral más importante de este cultivo, debido a que puede ser transmitido, en un alto porcentaje, mecánicamente, por la semilla, y por varias especies de áfidos en el campo. De acuerdo con la variedad del frijol, la cepa (variante) del virus, y la época de infección, un promedio de 35% de las semillas producidas por una planta infectada antes de la floración podrían dar origen a plantas con mosaico común. La transmisión secundaria del virus puede ser efectuada por un áfido vector en el lapso de un minuto, antes de que un insecticida pueda eliminar al insecto vector.

Los síntomas causados por el BCMV en frijol dependen de la variedad, de la cepa del virus y de las condiciones ambientales. El mosaico es el síntoma característico producido por el virus en las variedades susceptibles, el cual se manifiesta con áreas verde claras y oscuras; estas últimas a lo largo de las nervaduras. Las hojas de las plantas infectadas generalmente se enrollan hacia el envés, lo cual les da una apariencia ahusada (Figura 1).

* Virólogo, Jefe de la Unidad de Investigación en Virología, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

Figura 1.
Síntomas de mosaico y
deformación foliar cau-
sados por el BCMV.



Este síntoma se observa en las variedades de frijol cuyos genes de resistencia recesivos no son efectivos contra la cepa del BCMV que infecta la planta.

El síntoma conocido como “raíz negra”, se presenta como una necrosis sistémica descendente desde los trifolios más jóvenes, la cual se extiende al resto del sistema vascular de la planta, incluyendo las vainas (Figuras 2 y 3). La raíz negra es el resultado de una reacción de hipersensibilidad de plantas que poseen un gen dominante (I), a algunas cepas del BCMV conocidas como “necróticas”.

Estas variedades se consideran resistentes al mosaico común porque no presentan síntomas de esta enfermedad (mosaico).

Los síntomas inducidos por algunas cepas del BCMV también aparecen como ampollas sobre la superficie de la hoja. Las temperaturas medias (18-25 °C) favorecen el desarrollo del síntoma del mosaico, y las temperaturas altas (por encima de los 28 °C) favorecen la expresión de la necrosis sistémica “raíz negra”.

En algunos casos, el BCMV puede causar infecciones “latentes” en plantas de frijol (ausencia de síntomas).

Las plantas afectadas por el BCMV generalmente no alcanzan su tamaño normal, siendo el número de vainas por planta el componente de rendimiento más afectado.

El método de control más recomendado es el genético, mediante la incorporación del gen dominante I en variedades de frijol susceptibles al mosaico. Existen también genes recesivos de resistencia contra las cepas necróticas del BCMV, los que junto con el gen dominante de necrosis, protegen las plantas contra las cepas conocidas del BCMV. Debido a que la mayoría de las especies de áfidos que transmiten el BCMV no colonizan el frijol sino que migran de diversos cultivos aledaños, el control químico se hace impracticable. Se puede



Figura 2.

Síntomas de marchitamiento y necrosis sistémica (foto superior), y necrosis de nervaduras (foto inferior), inducidos por cepas necróticas del BCMV.

reducir la incidencia de la enfermedad mediante el uso de semilla libre de virus cuando ésta se haya producido bajo la supervisión de técnicos expertos en el reconocimiento del virus y únicamente en aquellas áreas donde exista una alta población de áfidos vectores. En presencia de cepas necróticas del BCMV, como es el caso de varias regiones de Africa Oriental, se recomienda proteger el gen I con genes recesivos efectivos contra cepas necróticas del BCMV.



Figura 3. Necrosis inducida por cepas necróticas del BCMV en el sistema vascular de las vainas de plantas de frijol afectadas por "raíz negra".



Virus del mosaico amarillo del frijol

Bean yellow mosaic virus

Virus do mosaico amarelo do feijoeiro

El virus del mosaico amarillo del frijol (BYMV) pertenece al mismo grupo del virus del mosaico común (potyvirus) y, por lo tanto, posee características similares que incluyen la transmisión mecánica y biológica por áfidos. Sin embargo, a pesar de que el BYMV posee un número mayor de hospedantes, tales como la soya, la arveja, el haba, el trébol, el lupino y el gladiolo, su distribución e importancia mundial es menor que la del virus del mosaico común, debido a que el BYMV aparentemente no se transmite por medio de la semilla de frijol. Este virus está limitado a los países del extremo sur de América del Sur, en especial a Chile, donde es uno de los factores que más limitan el cultivo de frijol.

Los síntomas del mosaico amarillo se caracterizan por el amarillamiento de las hojas (Figura 4), las cuales también pueden mostrar epinastia, deformaciones o lesiones necróticas o cloróticas según la variedad de frijol, la cepa del virus y el medio ambiente. A pesar de que en América Latina no existe una gran variabilidad patogénica del virus en frijol, algunas cepas poseen una gran patogenicidad en diversos genotipos de frijol.

Se recomienda usar como medida de control genético variedades resistentes, aunque las fuentes de resistencia al BYMV son más limitadas que las que hay para el mosaico común. En América Latina se han identificado y seleccionado algunas fuentes de resistencia, tales como: Great Northern 31, 123 y 164557; Pinto 114 y Amanda. Estas variedades no son resistentes a todas las cepas del BYMV que existen en América Latina. No se aconseja el control químico de los insectos porque el virus se transmite en segundos, antes de que el insecticida pueda actuar. Una medida de control eficiente es el aislamiento de los cultivos de frijol de áreas donde existan hospedantes del virus o de regiones donde existan poblaciones altas de áfidos vectores.



Figura 4. Amarillamiento y deformación foliar inducidos por el BYMV.

Virus del mosaico del pepino

Cucumber mosaic virus

Virus do mosaico-em-faixas-das nervuras

La presencia de virus isométricos pertenecientes al grupo de los cucumovirus, en plantaciones de frijol, era conocida desde 1914. En América Latina, estos virus también habían sido detectados en Brasil, en 1963, y recientemente en Chile. La importancia de los cucumovirus que infectan las leguminosas ha venido creciendo en todo el mundo, siendo actualmente uno de los virus más frecuentemente encontrados en los principales países productores de frijol.

La principal causa de la amplia diseminación de los cucumovirus a nivel mundial es su transmisión en la semilla de varias especies de plantas, incluyendo el frijol. Estos virus también son eficientemente transmitidos en el campo por diversas especies de áfidos, y por medios mecánicos.

Los síntomas inducidos en frijol por las cepas de cucumovirus adaptadas a las leguminosas varían de acuerdo al genotipo infectado. Los síntomas más comunes son los mosaicos y moteados, que algunas veces siguen un diseño a lo largo de las nervaduras.

La presencia de manchas amarillas angulares ha sido también observada, principalmente en algunas variedades de grano negro como Porrillo Sintético. La ocurrencia de necrosis local y sistémica es posible, particularmente con aislamientos agresivos de estos virus. Por último, el enanismo y las malformaciones, tanto foliares como de vainas, son también parte de la sintomatología inducida por cucumovirus en frijol (Figura 5).

El control de cucumovirus en cultivos de frijol debe comenzar por la producción de semilla libre de estos virus. Afortunadamente, la transmisión de cucumovirus por semilla ocurre en porcentajes relativamente bajos (1%-5%), si se compara al virus del mosaico común (promedio de 30%). Esto

facilitará la selección de plantas sanas bajo condiciones de campo, casa de malla, o invernadero, especialmente en ausencia de áfidos vectores.

El control químico no es aconsejable porque los áfidos vectores adquieren y transmiten los cucumovirus en segundos, antes de que un insecticida pueda actuar. Sin embargo, de conocerse la planta hospedera de los áfidos vectores (especies(s) donde se crían los áfidos) se podrían disminuir sus poblaciones mediante prácticas apropiadas de control químico o biológico.

Las prácticas culturales son importantes y deben buscar evitar la exposición del cultivo, especialmente en estados tempranos de desarrollo, a poblaciones altas de áfidos vectores.

Por último, el control genético es obviamente el más indicado, pero éste depende de la patogenicidad de la cepa de cucumovirus existente en la región afectada. Es necesario, por eso, aislar y caracterizar la(s) cepa(s) existente(s) usando un número adecuado de diferentes variedades de frijol, antes de seleccionar fuentes de resistencia o tolerancia.



Figura 5.

Mosaico y deformación foliar causados por un cucumovirus.

Virus transmitidos por coleópteros

Virus del mosaico rugoso del frijol

Bean rugose mosaic virus

Virus do mosaico em desenhos do feijoeiro

El virus del mosaico rugoso del frijol (BRMV) fue identificado por primera vez en América Central, donde causa la enfermedad denominada ampollado, debido a la deformación que se produce en las láminas de las hojas afectadas (Figura 6).

El BRMV es un virus muy estable, y debido a que alcanza una alta concentración en las plantas infectadas, se transmite fácilmente por contacto manual. Varias especies de crisomélidos son vectores eficientes del virus, entre ellas: *Cerotoma ruficornis*, *Diabrotica balteata* y *D. adelpha*.

Hasta el momento, este virus no limita la producción del frijol, por lo tanto no ha exigido un estudio a fondo sobre la genética de resistencia. Sin embargo, se conocen en frijol algunas variedades resistentes. Se recomienda control químico del insecto vector, especialmente cuando cumple su ciclo de vida en el cultivo; estos vectores requieren hasta 24 horas para alcanzar su eficiencia máxima de transmisión. El aislamiento de las áreas donde se encuentre el virus es también una medida práctica de control porque el BRMV no se transmite por semilla de frijol.

La asociación de frijol-maíz no se recomienda en áreas de alta incidencia de virus transmitidos por crisomélidos del género *Diabrotica*, ya que estos insectos se reproducen abundantemente en maíz.



Figura 6. Rugosidad y deformación foliar inducidas por el BRMV.

Virus del mosaico sureño del frijol

Bean southern mosaic virus

Virus do mosaico do sul do feijoeiro

El virus del mosaico sureño del frijol (BSMV) es de los de más amplia distribución en los países productores, debido a que se transmite en la semilla producida por plantas infectadas, como es el caso del virus del mosaico común. Sin embargo, el porcentaje de transmisión del BSMV por medio de la semilla es menor que el del BCMV, debido a que el BSMV se inactiva considerablemente en la semilla seca del frijol.

Este virus induce una sintomatología de difícil diagnóstico que en la mayoría de los casos se limita a cambios ligeros de tonalidad y textura de las hojas, sin que sean afectadas con deformaciones o una clorosis apreciable. Por lo general, las hojas infectadas se tornan de un color verde grisáceo u oliva y su textura es ligeramente coriácea (Figura 7). Los síntomas más severos descritos sobre este virus, como la deformación de las hojas y la aparición de ampollas en la lámina foliar, casi siempre están asociados a infecciones múltiples con otros virus que atacan el frijol.

El BSMV es transmitido en el campo por especies de coleópteros de los géneros *Cerotoma*, *Diabrotica* y *Epilachna*; y también mecánicamente, por medio de las herramientas agrícolas o la contaminación manual.

Un método de control posible es la resistencia varietal, debido a que existen variedades resistentes de tipo hipersensible, tales como Kentucky Wonder. Debe mencionarse, sin embargo, que hay variantes del virus que poseen diferentes espectros de patogenicidad. El control químico del insecto vector se recomienda también junto con el aislamiento del cultivo de áreas donde exista el virus. La eliminación de plantas infectadas puede ser un método de control pero, porque es difícil reconocer el virus en el campo, la producción de semilla sana tiene que complementarse con pruebas serológicas.



Figura 7. Clorosis y deformación foliar leves causadas por el BSMV.

Virus del mosaico suave del frijol

Bean mild mosaic virus

Virus do mosaico suave do feijoeiro

El virus del mosaico suave del frijol (BMMV) fue aislado originalmente en El Salvador. Luego se encontró en Colombia. Se cree que puede estar ampliamente distribuido en América Latina, pero debido a que sus síntomas son muy débiles, su presencia pasa desapercibida.

Por lo general, las plantas de frijol infectadas naturalmente sólo presentan un mosaico suave (Figura 8) o no muestran síntomas. En inoculaciones artificiales se observa en algunas variedades una clorosis de nervaduras que se puede generalizar a toda la lámina foliar. La soya puede ser un hospedante del virus en el campo.

El BMMV es transmitido por especies de los géneros *Ceratomyza*, *Diabrotica*, *Epilachna* y *Gynandrobrotica*. También se transmite fácilmente por contaminación manual, con herramientas de trabajo y, aparentemente, por contacto de las raíces entre plantas infectadas y sanas.

Algunos trabajos preliminares llevados a cabo en el CIAT sugieren que existe germoplasma de frijol resistente al virus, el cual puede emplearse en programas de mejoramiento genético.

El control del insecto vector también podría ser un método eficiente, especialmente cuando el vector se multiplica dentro del cultivo del frijol. Es posible que en algunas variedades el virus sea transmitido como contaminante, en un bajo porcentaje, por la semilla.



Figura 8. Clorosis inducida por el BMMV en frijol.

Virus del mosaico severo del frijol

Bean curly dwarf mosaic virus

Virus do mosaico severo do feijoeiro

El virus del mosaico severo del frijol (BCDMV) fue observado por primera vez en El Salvador, donde coexistía con el virus del mosaico suave. Sin embargo, el BCDMV posee un mayor número de hospedantes naturales que los del mosaico suave, como son: los frijoles común y lima, el guandul, el chícharo, la soya, la arveja, el haba y especies de *Vigna*, entre otros. Este virus se encuentra ya ampliamente distribuido en América Latina, desde México hasta Brasil.

Los síntomas inducidos por el BCDMV son severos; deforman las hojas (Figura 9), causan enanismo de la planta afectada, y pueden inducir necrosis en algunos genotipos de frijol.

Este virus es transmitido por especies de coleópteros de los géneros *Cerotoma*, *Diabrotica* y *Epilachna*. El BCDMV es transmitido también mecánicamente, y por herramientas contaminadas.

No se conocen resultados sobre métodos de control, pero se aconseja el control químico del vector mientras se determina si existen fuentes de resistencia.



Figura 9. Variación en los síntomas foliares producidos por el BCDMV en las variedades de frijol 27-R, Porrillo No. 1 y El Salvador 184 (de izquierda a derecha).

Virus del moteado amarillo del frijol

Bean yellow stipple virus

Virus do mosqueado amarelo do feijoeiro

El virus del moteado amarillo del frijol (BYSV) es de importancia sólo en algunos países como Costa Rica y Cuba.

Los síntomas se manifiestan como puntos amarillos que al agrandarse pueden formar áreas amarillas de mayor tamaño (Figura 10), según la variedad de frijol, la época de infección y el medio ambiente. El BYSV es transmitido por especies de coleópteros de los géneros *Diabrotica* y *Cerotoma*, y mecánicamente por medios artificiales.

No se conocen métodos de control para este virus; por lo tanto, se recomienda el control químico del insecto vector, y el aislamiento geográfico del virus, ya que éste no parece transmitirse por la semilla del frijol.



Figura 10. Amarillamiento de nervaduras inducido por el BYSV.

Virus transmitidos por la mosca blanca

Virus del mosaico dorado del frijol

Bean golden mosaic virus

Virus do mosaico dourado do feijoeiro

El virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) es uno de los más importantes del cultivo en las áreas tropicales de América Latina, particularmente durante las épocas de verano cuando ocurren altas poblaciones del insecto vector, la mosca blanca, *Bemisia tabaci*. Las bajas temperaturas y las épocas de lluvia afectan las poblaciones de este insecto y disminuyen la incidencia del virus.

En las variedades altamente susceptibles, los síntomas aparecen como un mosaico amarillo intenso, con deformación de las plantas, vainas y semillas (Figura 11). Las pérdidas por el virus pueden alcanzar el 100%, cuando las plantas son atacadas en épocas tempranas del cultivo.

El control del BGMV se ha visto obstaculizado por la falta de variedades inmunes; inicialmente sólo se encontró tolerancia al virus en variedades de frijol de grano negro, tales como Porrillo Sintético, Turrialba 1, ICA-Pijao, así como en Carioca, Rosinha G2 y Aeté 1.

Ultimamente se han identificado para su utilización, en proyectos de mejoramiento, nuevas variedades de otros colores de grano, resistentes o tolerantes al BGMV.

Para controlar el insecto vector se recomienda usar variedades tolerantes en áreas donde la población de la mosca blanca no es muy alta. También se aconseja aislar los cultivos de frijol de siembras comerciales como la soya, el algodón, el tomate y otros hospedantes preferidos por la mosca blanca. La siembra en épocas de menor temperatura y de precipitación moderada constituye una práctica cultural

efectiva para el control de la enfermedad. El control químico es posible pero exige el uso de insecticidas sistémicos al momento de la siembra. El BGMV no se transmite por la semilla de frijol.



Figura 11. Amarillamiento intenso y deformación de vainas inducidos por el BGMV.

Virus del mosaico enano del frijol

Bean dwarf mosaic

Mosaico anão do feijoeiro

El mosaico enano del frijol (BDM), enfermedad anteriormente conocida como "moteado clorótico", ocurre en varias regiones productoras de frijol de América Latina. Los síntomas descritos varían desde un mosaico (Figura 12) hasta el enanismo y la deformación severa de las hojas, las vainas y la planta en general (Figura 13), y son causados por un geminivirus transmitido por la mosca blanca, *Bemisia tabaci*.

Siendo el BDMV estrechamente relacionado al virus del mosaico dorado (BGMV) anteriormente descrito, las medidas de control, tales como el uso de variedades tolerantes, zonificación, selección de épocas de siembra, e insecticidas, recomendadas para el BGMV, pueden aplicarse para el BDMV.

Afortunadamente, las epidemias de mosaico enano son menos frecuentes que las de mosaico dorado, y existen más fuentes de resistencia en frijol para el BDMV. Este virus tampoco se transmite en la semilla de frijol.



Figura 12. Mosaico causado por el BDMV en cultivares tolerantes.



Figura 13. Enanismo y deformación severa causados por el BDMV en cultivares susceptibles.

Otras enfermedades de posible etiología viral compleja

Existen varios informes sobre la aparición de síntomas de mosaico, enanismo y deformación de plantas de frijol en zonas de cultivo de América Latina y, en especial, en América Central y en Brasil (Figura 14).

Por lo general, estos síntomas son causados por la infección simultánea de complejos de virus transmitidos por diferentes vectores. Por ejemplo, en Brasil el virus del mosaico de la soya y otros virus del frijol y de las malezas transmitidos por la mosca blanca y coleópteros causan a menudo síntomas severos y complejos en cultivos de frijol.

Se recomienda la aplicación de insecticidas y herbicidas para conservar los campos libres de hospedantes y vectores potenciales de los virus implicados.



Figura 14.

Deformación foliar severa inducida por infección doble causada por el BCDMV y el BMMV.

Enfermedades de las Partes Aéreas de la Planta

Marcial A. Pastor Corrales*

Enfermedades causadas por hongos

Antracnosis

Anthracnose

Antracnose

Agente causal

Colletotrichum lindemuthianum, estado asexual

Glomerella lindemuthiana, estado sexual

La antracnosis es una de las enfermedades del frijol de mayor importancia económica y distribución geográfica a nivel mundial. Es muy frecuente en localidades con climas frescos a fríos y alta humedad relativa. Es favorecida por temperaturas entre 13 y 26 °C, con una óptima alrededor de 17-18 °C, y lluvias moderadas a intervalos frecuentes. Las lluvias acompañadas de vientos son muy importantes para la diseminación de las esporas del patógeno a corta distancia, de una planta a otra, o de un surco a otro. La antracnosis es frecuente en localidades con elevaciones superiores a 1000 m.s.n.m. Rara vez ocurre en lugares con climas secos y calientes. La semilla infectada es el medio más común de diseminación del patógeno tanto a corta como a larga distancia. La transmisión del hongo en la semilla es alta. La antracnosis puede causar pérdidas muy altas en el rendimiento, sobre todo si se siembra semilla infectada de variedades susceptibles en clima fresco y lluvioso que favorece la enfermedad.

* Fitopatólogo, Programa de Frijol, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

También puede causar daños muy severos en la calidad de la vaina verde y del grano, ya sea de habichuela o de frijol seco (Figura 15).

Los síntomas de la antracnosis ocurren en las partes aéreas de la planta, menos en la flor. Cuando se siembra semilla infectada, los primeros síntomas generalmente se observan en los cotiledones como pequeñas lesiones de color café oscuro a negro. Estas pueden aumentar en tamaño, convirtiéndose en pequeños chancros deprimidos en los que muchas veces el hongo produce esporulación. La lluvia puede transportar las esporas al hipocótilo y a las hojas. En el hipocótilo los síntomas iniciales se presentan como manchas longitudinales y después como lesiones ovaladas y deprimidas. En el follaje los síntomas inicialmente aparecen en el envés de las hojas como lesiones pequeñas de color púrpura oscuro a rojo ladrillo, localizadas a lo largo de las nervaduras (Figura 16, lado izquierdo). Estas posteriormente aumentan muy poco en tamaño, pero sí se oscurecen, tornándose de color café oscuro a negro.

Cuando la enfermedad es severa, se forman manchas necróticas en los tejidos adyacentes a las nervaduras, y eventualmente las lesiones se notan también en la haz de las hojas (Figura 16, lado derecho). Lesiones similares, pero más ovaladas, deprimidas y de coloración más oscura, ocurren en los pecíolos, en las ramas, en los tallos y aun en los meristemas apicales. Cuando los síntomas son muy severos, las hojas se muestran un poco retorcidas y la planta parece de menor tamaño, con apariencia raquítica, como si estuviera afectada por un virus.

En el hipocótilo ocurren también chancros profundos que hacen que la planta se quiebre en el sitio de la lesión.

Los síntomas de la antracnosis en las vainas son muy definidos y fáciles de reconocer. Inicialmente se notan como pequeñas manchas o lesiones redondas de color rojo-púrpura. Estas aumentan en tamaño y profundidad paulatinamente, llegando a ser chancros de forma circular y profundos,



Figura 15. Un cultivo de frijol infectado con antracnosis.



Figura 16. Síntomas iniciales en las hojas causados por el hongo de la antracnosis.

rodeados de un borde púrpura oscuro, el cual, a su vez, muchas veces está rodeado de un borde rojo ladrillo (Figura 17). Bajo condiciones favorables a la enfermedad, el patógeno produce en el centro del chancro abundante esporulación que se manifiesta como masas gelatinosas de esporas de color rosado-amarillento (Figura 18). Con el tiempo, las masas de esporas se secan, apareciendo como gránulos de color café oscuro o negro. Cuando la infección es severa, las vainas jóvenes se deforman por las lesiones y producen poca semilla o no la producen. La semilla infectada puede ser de menor tamaño y muestra manchas que generalmente son pequeñas, semi-redondas y oscuras (Figura 19). En algunos casos, estas lesiones también llegan a tener la apariencia de chancros. Estos síntomas son más fáciles de observar en semilla de color claro.

Las principales estrategias para el manejo o control de la antracnosis son la resistencia genética, las prácticas culturales y el uso de fungicidas. El uso de variedades resistentes es la medida más práctica y apropiada en el trópico; sin embargo, el patógeno es conocido por tener amplia variación patogénica (tiene muchas razas). Por eso una variedad resistente en una región no es necesariamente resistente en otra. Algunas fuentes de resistencia han sido ampliamente evaluadas como resistentes en muchos lugares, por lo cual se recomienda su uso como progenitores o fuentes de resistencia en los programas de mejoramiento varietal. El uso de semilla libre del patógeno ha servido en algunos países de regiones templadas para disminuir la importancia de la enfermedad; sin embargo, en el trópico la utilización de semilla libre del patógeno como la única estrategia de control no es práctico, porque generalmente existe mucho inóculo asociado con los residuos de cosecha. Por eso es recomendable hacer rotación con cultivos como maíz, sorgo u otros cereales que no sean hospederos de los patógenos del frijol. La rotación con otros cultivos permite que los residuos de frijol infectados con el patógeno se descompongan y dejen de ser una fuente de inóculo. Se han reportado varios fungicidas como benomil y tiofenato-metil que se pueden usar para el tratamiento de la



Figura 17. Planta de frijol infectada con antracnosis.



Figura 18. Vainas de frijol con lesiones en esporulación ocasionadas por el hongo de la antracnosis.

semilla. Las aspersiones foliares en condiciones favorables a la enfermedad no son muy efectivas, sobre todo con variedades susceptibles. Algunos de los fungicidas que se han usado incluyen benomil, captafol, clorotalonil, carbendazim y tiofenato-metil. Los fungicidas sistémicos generalmente son más eficientes, sobre todo en regiones con lluvias abundantes.



Figura 19. Semilla de frijol con antracnosis.

Mancha angular

Angular leaf spot

Mancha angular

Agente causal

Phaeoisariopsis griseola

La mancha angular es una de las enfermedades más importantes del frijol por su amplia distribución geográfica y las pérdidas que causa en las regiones frijoleras del trópico y subtrópico. La enfermedad es favorecida por temperaturas moderadas entre 16 y 28 °C, con un óptimo de 24 °C. Es necesaria la presencia de una lámina de agua en el follaje, los tallos, las ramas y las vainas que permita la germinación de las esporas y la penetración del patógeno en la planta. La mancha angular es más severa cuando ocurren períodos alternos de alta y baja temperatura, alta y baja humedad relativa y mucha y poca luz solar. Bajo estas condiciones fluctuantes de clima, una epidemia de mancha angular se puede desarrollar muy rápido, causando una severa defoliación prematura y altas pérdidas de rendimiento y calidad del grano y de las vainas.

El patógeno ataca casi todas las partes aéreas de la planta de frijol, pero los síntomas típicos que caracterizan y le dan el nombre a la enfermedad son las lesiones o manchas angulares observadas en las hojas.

Los primeros síntomas en los trifolios aparecen como pequeños puntos de color gris o café que a veces, dependiendo de la variedad, pueden presentar un pequeño margen clorótico indefinido. Estas lesiones aumentan de tamaño y llegan a tener una apariencia angular por estar localizadas o delimitadas entre los ángulos formados por las nervaduras (Figura 20).

Las lesiones maduras en los trifolios generalmente son pequeñas (5 mm), de color gris o pardo rojizo en la haz y gris

en el envés. Esta coloración está dada por el color de la esporulación del hongo, que sólo ocurre en el envés de los trifolios. En condiciones favorables a la enfermedad, el patógeno produce abundante esporulación en forma de sinemas que son las estructuras asexuales de fructificación del patógeno. Los sinemas a simple vista en la hoja, y también en la vaina, se observan como pequeños manojos de hebras similares a las de un cepillo dental (Figura 21). En algunos casos, las lesiones en los trifolios aumentan 3 a 4 veces en tamaño, toman una forma casi redonda y presentan círculos concéntricos. Esta clase de lesión es la que predomina en las hojas primarias, en las cuales se observa abundante esporulación, sobre todo en la haz, pero también en el envés, por lo que estas lesiones casi siempre son de color gris. Cuando el ataque es severo, las lesiones en los trifolios se juntan, resultando en lesiones grandes que producen amarillamiento de las hojas, muerte del tejido foliar y defoliación prematura.

En la vaina, los síntomas iniciales se observan como pequeñas manchas circulares de color rojo-marrón. Estas aumentan en tamaño hasta convertirse en manchas grandes (1 cm o más de diámetro) de forma ovalada a redonda de color rojo-marrón (Figura 22). En algunos casos, estas lesiones son un poco deprimidas y pueden presentar un borde más oscuro. Después, el patógeno esporula en las lesiones, por lo cual éstas se tornan grises. Cuando el ataque es severo o empieza temprano, estas lesiones se juntan, causando mucho daño y resultando en vainas mal formadas, generalmente con poca o ninguna semilla, o en semillas más pequeñas, arrugadas y manchadas. El patógeno puede sobrevivir en la semilla, la cual es un medio eficiente de su diseminación.

En los tallos y en las ramas, los síntomas característicos son manchas grandes de color café-rojizo oscuro que pueden presentar abundante esporulación del hongo durante condiciones favorables a la enfermedad (Figura 22). El hongo sobrevive de una estación a otra en los residuos de cosecha.



Figura 20. Síntoma típico de la mancha angular en una hoja de frijol.



Figura 21. Producción de sinemas en el envés de la hoja causados por el patógeno de la mancha angular.

Como con la antracnosis, la estrategia más apropiada para el manejo de la mancha angular es el manejo integrado. Sin embargo, la resistencia genética y las prácticas culturales que desfavorecen y disminuyen la enfermedad son los dos componentes más importantes del control integrado de la mancha angular en el trópico. Se han identificado varias fuentes de resistencia evaluadas en muchos lugares de América Latina y África. Estas deben usarse en un programa de mejoramiento por resistencia a la mancha angular. También se han identificado muchas variedades resistentes. Es necesario hacer evaluaciones locales del germoplasma de frijol a usarse como variedades porque el patógeno posee una amplia variación patogénica (tiene razas) en el trópico. Una variedad que es resistente en una región no necesariamente lo es en otra. En algunos lugares, las variedades de grano pequeño son resistentes mientras que las de grano grande son susceptibles. Lo contrario sucede en otras regiones. Entre las prácticas culturales más eficientes para el manejo de la mancha angular están el uso de semilla libre del patógeno y la rotación de cultivos, la cual permite que los residuos de cosecha infectados con el patógeno se desintegren. También se han reportado fungicidas eficientes para el manejo de esta enfermedad que se pueden usar para tratar la semilla o en aspersiones foliares.



Figura 22. Síntomas de la mancha angular en tallos y vaina.

Roya

Rust

Ferrugem

Agente causal

Uromyces appendiculatus

La roya del frijol está ampliamente distribuida en la mayoría de las regiones frijoleras del mundo. Es más importante en lugares con temperaturas moderadas de 17-27 °C y períodos prolongados de 10-18 horas de alta humedad relativa, mayor del 95%. La roya del frijol comúnmente no ocurre en lugares calientes y con abundantes y continuas lluvias. Cuando la infección aparece en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, antes de la floración, la roya puede ser muy severa, causando defoliación prematura y pérdidas considerables de rendimiento.

Síntomas típicos de la roya se pueden observar en ambos lados de la hoja (Figura 23), pero también pueden ocurrir en las vainas y a veces en los pecíolos (Figura 24). Los síntomas iniciales aparecen en la haz o envés de la hoja, pero generalmente se observan primero en el envés como pequeñas manchas blancas, ligeramente levantadas (Figura 25), en las cuales posteriormente se forman pústulas maduras de color café-rojizo, llamadas uredos.

Las pústulas son los signos más típicos de la roya del frijol (Figura 26). Estas varían en tamaño y pueden estar rodeadas de un halo clorótico o necrótico, según la raza del patógeno, el cultivar de frijol y las condiciones ambientales (Figura 27).

Durante su etapa de crecimiento, una pústula contiene miles de uredinósporas (esporas del hongo) de color café. El viento es la forma principal de diseminación de las uredinósporas. También pueden ser diseminadas por el hombre, los animales y las herramientas agrícolas. El viento, al diseminar las uredinósporas, las transporta a tejido no infectado, donde inician nuevas pústulas. Si las condiciones



Figura 23. Infección de roya en ambos lados de la hoja.



Figura 24. Pústulas de roya en una vaina.

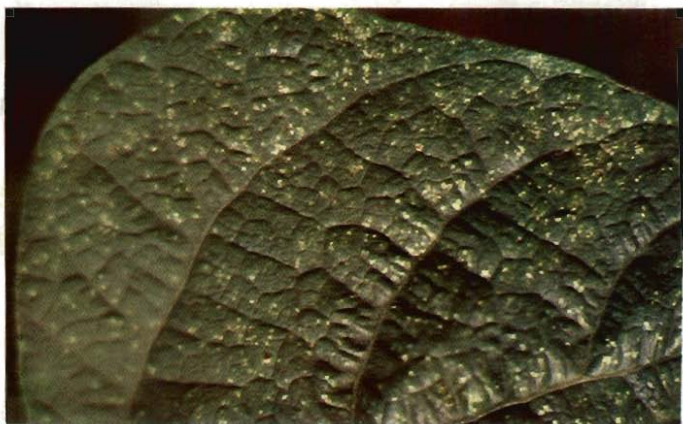


Figura 25. Pústulas inmaduras de roya 5 a 6 días después de la infección.



Figura 26. Pústulas maduras de roya en hojas de frijol.

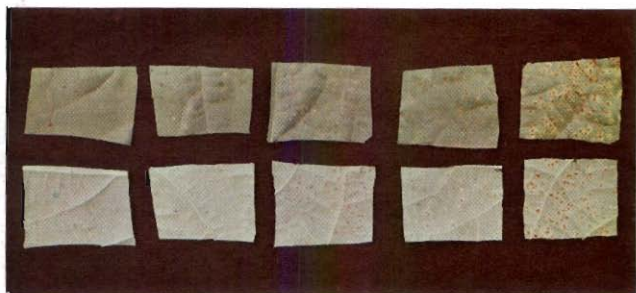


Figura 27. Tipos de pústulas de roya.

climáticas son favorables a la roya, el ciclo de aparición de nuevas pústulas se puede repetir varias veces durante la época en que el frijol está en el campo.

Al final del período de cultivo, el patógeno puede producir en las hojas otro tipo de esporas, llamadas teliósporas. Estas

se encuentran en pústulas de color café oscuro a negro, conocidas como telios.

La resistencia en el frijol al patógeno de la roya es una de las medidas más prácticas de manejo de esta enfermedad. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el patógeno de la roya posee una amplísima variación patogénica y es muy conocido por la gran cantidad de razas que tiene y que pueden afectar la resistencia.

Las variedades resistentes en un lugar o año no necesariamente lo son en otro. La mayoría de las variedades son resistentes sólo a unas razas del patógeno; sin embargo, se han identificado fuentes resistentes a un gran número de razas. Es muy importante evitar sembrar una sola variedad de frijol en un área grande porque pueden existir razas del patógeno que ataquen y destruyan el cultivo en toda el área sembrada. El manejo de la roya con variedades resistentes es más eficiente cuando se usa la mayor diversidad posible de variedades disponibles. En los programas de mejoramiento de frijol por resistencia a la roya se deben usar las fuentes que han sido evaluadas como resistentes en muchas localidades o como resistentes a muchas razas del patógeno.

En las medidas de control que usan prácticas culturales se incluye la fecha de siembra. Esta debe hacerse en la época en que generalmente ocurre menos roya. Se deben buscar fechas para que la prefloración y floración del frijol coincidan con una incidencia reducida o insignificante de la roya. La rotación de cultivos y la eliminación de los residuos de cosecha disminuyen los residuos de cosecha infectados, pero son de uso limitado en el control de la roya.

El uso de fungicidas como oxicarboxin, bitertanol, clorotalonil, mancozeb y maneb para controlar la roya es más efectivo cuando éstos se aplican durante las etapas iniciales de la enfermedad.

No es necesario tratar la semilla con fungicidas para controlar el patógeno porque el hongo no se transmite dentro de la semilla.

Mustia

Telaraña (Costa Rica)

Web blight

Mela

Agente causal

Thanatephorus cucumeris, estado sexual

Rhizoctonia solani, estado asexual

La mustia es una enfermedad económicamente importante en el trópico húmedo, sobre todo en lugares donde la siembra del frijol coincide con lluvias abundantes. El desarrollo y la diseminación del patógeno de la mustia son muy favorecidos por períodos de alta y frecuente precipitación, y por temperatura y humedad moderadas a altas. La mustia es más severa en plantas con elevado contenido de nitrógeno y bajo contenido de calcio. En condiciones favorables, la mustia puede destruir completamente un cultivo de frijol en unos pocos días.

El patógeno tiene estado sexual y asexual. Ambos estados pueden iniciar la enfermedad. Las estructuras asexuales son el micelio del hongo que generalmente se encuentra asociado con los residuos de cosecha infectados y los esclerocios que son estructuras de sobrevivencia. Los esclerocios pueden permanecer viables por mucho tiempo, libres en el suelo o asociados con tejido vegetal que se desprende de la planta.

La lluvia es necesaria para que los esclerocios y micelio presentes en el suelo sean diseminados, por el salpique, a la parte inferior de la planta, iniciando así la enfermedad. La mayoría de lugares de América Latina donde ocurre la mustia reciben abundantes lluvias. En estas condiciones, la enfermedad es iniciada por las lluvias que salpican las estructuras asexuales del patógeno.

Los primeros síntomas que aparecen en las hojas causados por el estado asexual se manifiestan como pequeñas lesiones acuosas circulares, de 1-3 mm de diámetro. Estas

lesiones tienen una apariencia de escaldado, y un color que varía de gris verdoso a café rojizo. Generalmente están rodeadas de un borde oscuro (Figura 28).

En condiciones húmedas, las lesiones crecen rápido y se unen, formando áreas que con frecuencia tienen zonas de color café rodeadas de bordes oscuros que pueden cubrir la hoja totalmente (Figura 29). A medida que se expande el área afectada, el micelio del patógeno crece muy rápido y avanza hacia el tejido no infectado, eventualmente cubriendo la planta entera, uniendo las hojas, los pecíolos, las flores y las vainas con micelio en forma de telaraña (Figura 30). Los típicos síntomas de la telaraña son muy comunes bajo condiciones ambientales de alta precipitación, alta humedad relativa y temperaturas favorables. En las vainas jóvenes, las lesiones iniciales producen lesiones de color café claro, de forma irregular, que a menudo se unen, resultando en el deterioro de la vaina y de las semillas. Las vainas y hojas muchas veces están cubiertas de micelio y de esclerocios del patógeno. El hongo puede ser transmitido en la superficie o en el interior de la semilla infectada.

Las basidiósporas, que son las esporas producidas por el estado sexual del hongo, producen en el follaje y en las vainas los síntomas conocidos como ojo de gallo. Estos síntomas se caracterizan por ser lesiones pequeñas, casi circulares, de color café con un borde rojizo-ladrillo. Normalmente, estas lesiones no crecen mucho y en las vainas se pueden confundir con los síntomas producidos por el patógeno de la antracnosis.

Pero el centro de las lesiones ojo de gallo es de color blanco, mientras que el de la antracnosis es de color anaranjado oscuro por la esporulación del patógeno.

El manejo integrado de la mustia, usando variedades por lo menos con resistencia intermedia y prácticas culturales efectivas, es la manera más eficiente de manejar esta severa enfermedad. Las prácticas culturales que cubren el suelo y evitan que los esclerocios sean salpicados por la lluvia a la parte inferior de la planta de frijol han sido usadas con mucho



Figura 28. Síntomas iniciales en la hoja producidos por el hongo causal de la mustia.



Figura 29. Síntomas foliares maduros producidos por el hongo causal de la mustia.



Figura 30. Planta con mustia totalmente afectada.

éxito. Esta es la razón por la que muchos agricultores en América Central usan el "tapado" para controlar la mustia. En este sistema, el agricultor corta las malezas durante la siembra y las deja esparcidas para cubrir los esclerocios presentes en las capas superiores del suelo. Un control similar también se ha obtenido usando labranza mínima o labranza cero, en la cual el suelo es también cubierto por malezas muertas ("mulch"), evitándose el salpique de los esclerocios. La labranza cero en algunos lugares ha estimulado la reproducción rápida de plagas como las babosas.

Otras prácticas culturales que se han usado son la siembra del frijol en camellones o en lomillos que aumentan la distancia entre la planta y los esclerocios presentes en el suelo. También se recomiendan las siguientes prácticas: la siembra de semilla libre del patógeno, el cambio de la fecha de siembra para que el cultivo no esté expuesto a lluvias fuertes, la eliminación de los residuos de cosecha infectados, y la rotación con cultivos no hospedantes del patógeno como las gramíneas.

En lugares donde las lluvias no son abundantes, es posible un control adecuado de la mustia con fungicidas foliares. Se han usado benomil, carbendazim, captafol e hidróxido de trifeniltín.

No se disponen de variedades de frijol con un alto grado de resistencia a la mustia, pero algunas tienen niveles aceptables de resistencia. Se deben sembrar variedades que además de tener resistencia tengan arquitectura erecta y follaje abierto que permitan una buena aireación.

Ascochyta

Ascochyta blight

Mancha-de-ascochyta

Agente causal

Phoma exigua var. *diversispora*

La Ascochyta es muy severa en las regiones con temperaturas frías a moderadas, lluvias continuas y humedad relativa alta. En América Latina es común encontrar Ascochyta en regiones frijoleras de clima frío ubicadas a más de 1500 m.s.n.m.

Los síntomas iniciales en las hojas son pequeñas lesiones casi circulares, de color café a gris oscuro. Estas lesiones aumentan rápidamente en tamaño y forman una serie de anillos concéntricos que son muy característicos de esta enfermedad (Figura 31). Los bordes de los anillos concéntricos son más oscuros que el resto de la lesión. En condiciones ambientales favorables a la enfermedad, las lesiones crecen rápidamente y su resultado es, generalmente, una quemadura muy severa de las hojas.

Lesiones muy similares que muestran picnidios también se pueden encontrar en pedúnculos, pecíolos, tallos y vainas (Figura 32).

Las lesiones en las vainas causadas por Ascochyta se diferencian de las de antracnosis (chancros deprimidos) y de las de la mancha angular (lesiones ovales y circulares) en que las de Ascochyta son círculos concéntricos. Los ataques severos de la enfermedad pueden resultar en defoliación prematura y muerte de la planta. El hongo puede transmitirse por la semilla y sobrevivir en los residuos de cosecha.

Por la severidad con que se presenta la Ascochyta, su manejo es difícil. Además, no se disponen de variedades con buenos niveles de resistencia y el control que se obtiene con

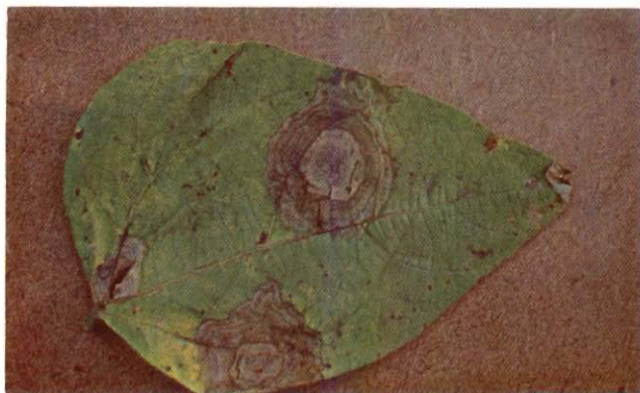


Figura 31. Síntomas de la Ascochyta en la hoja de frijol.



Figura 32. Síntomas de la Ascochyta en la vaina de frijol.

fungicidas no es muy eficiente. Algunas de las prácticas culturales recomendadas para su manejo son la siembra de semilla limpia, la rotación con cultivos que no sean hospederos de los patógenos del frijol y mayor espaciamiento entre las plantas. Los fungicidas, como carbendazim y clorotalonil, se han usado para tratar la semilla o en aplicaciones foliares. Existen algunos cultivares con niveles intermedios de resistencia genética que deben ser usados como progenitores en un programa de mejoramiento de frijol por su resistencia a la *Ascochyta*.

Moho blanco

White mold

Moho branco

Agente causal

Sclerotinia sclerotiorum

El moho blanco es más importante en las regiones frijoleras con clima fresco o frío, sobre todo en las zonas templadas del hemisferio norte y sur. También ocurre en áreas frijoleras del trópico durante las épocas frías o de temperaturas moderadas y de alta humedad. El número de hospedantes que el patógeno del moho blanco puede atacar es muy amplio e incluye verduras, plantas ornamentales, frutales y cultivos.

El patógeno primero coloniza los tejidos senescentes de la planta de frijol, especialmente las flores muertas que aún están pegadas a la planta, y después penetra en el hospedero. Por eso los primeros síntomas que se observan en condiciones de campo generalmente ocurren después de la floración. Los síntomas iniciales aparecen como lesiones redondas, húmedas o acuosas, de color verde oscuro. Estas aumentan rápidamente en tamaño, eventualmente matando todo el tejido. Bajo condiciones de alta humedad, se ve inicialmente un micelio blanco y después el crecimiento de un moho blanco algodonoso que cubre los órganos afectados, como los tallos, las ramas y las vainas (Figura 33). Por lo general, la infección del tallo y de las ramas va acompañada por el marchitamiento del follaje. Pocos días después de la infección, el hongo produce dentro y fuera del tejido infectado unas estructuras de supervivencia que inicialmente tienen la apariencia de pequeños nudos algodonosos de color blanco, de varios milímetros de diámetro y de forma irregular. Estos son los esclerocios que después se vuelven muy duros y adquieren un color negro. El tejido infectado se seca y adquiere un color claro y una apariencia blanquecina.



Figura 33. Tallo, rama y vaina afectados por el hongo del moho blanco.

Los esclerocios al caer al suelo se diseminan durante la preparación del terreno y por medio de las aguas de riego. Los esclerocios presentes en las vainas pueden ser recogidos al momento de cosechar la semilla, y después ser transportados con éstas. Los esclerocios presentes en suelos húmedos con temperaturas bajas (11-20 °C) producen unas estructuras llamadas apotecios que atraviesan el suelo para liberar miles de esporas. La mayoría de las esporas al ser liberadas con mucha fuerza alcanzan el tejido de las plantas de frijol presentes en un campo cercano. Las esporas infectan el tejido vegetal senescente al caer sobre él.

El control del moho blanco es difícil porque se disponen de muy pocas variedades comerciales con resistencia al patógeno. Los cultivares de arquitectura erecta con follaje no muy denso que permitan una buena aireación y penetración de luz tienden a evitar la enfermedad. La arquitectura erecta es menos efectiva en climas húmedos y lluviosos que favorecen la enfermedad. El ancho del surco, la densidad de población, el hábito de crecimiento y la fertilización son algunos de los factores que influyen en la incidencia de moho blanco. Los surcos angostos y el exceso de abono nitrogenado generalmente resultan en ataques más severos. Se deben usar prácticas culturales que reduzcan la humedad del follaje y del suelo. Los surcos deben ser paralelos a la dirección del viento y se deben evitar riegos pesados.

Se ha encontrado resistencia en germoplasma de *Phaseolus vulgaris* y de *P. coccineus*.

Generalmente se recomienda aplicar los fungicidas durante el período de floración; sin embargo, el manejo del moho blanco con fungicidas es muy difícil en variedades ramosas y postradas bajo condiciones favorables a la enfermedad. Las aplicaciones de fungicidas antes o después de la floración usualmente no son efectivas.

Marchitamiento por *Fusarium*

Fusarium wilt o

Fusarium yellows

Agente causal

Fusarium oxysporum f. sp. *phaseoli*

Esta enfermedad también se conoce en América Latina como Fusariosis y tizón por *Fusarium*. La infección ocurre generalmente a través de heridas en las raíces o en los hipocótilos y causa una coloración rojiza en el sistema vascular de la raíz, del hipocótilo, del tallo y de los pecíolos (Figura 34). Los síntomas iniciales resultan en un leve amarillamiento de las hojas. Después se observa un envejecimiento prematuro de las hojas inferiores, que progresa hacia las hojas jóvenes ubicadas en la parte superior de la planta (Figura 35). A medida que avanza la enfermedad, el amarillamiento de las hojas se hace más pronunciado y la planta aparece marchita. Los ataques a las plántulas pueden resultar en plantas más pequeñas y atrofiadas, y los ataques a las vainas, en lesiones acuosas. El patógeno puede ser transportado en las semillas en forma de esporas adheridas a la superficie de la testa.

Algunas medidas de control incluyen el tratamiento de la semilla con fungicidas y la siembra de variedades resistentes.

El patógeno tiene razas, y las variedades resistentes a una raza no necesariamente lo son a otras. En algunos lugares las variedades resistentes son de grano grande, mientras que en otros son de grano pequeño. Se ha identificado germoplasma de frijol resistente a todas las razas, lo que debe ser usado en un programa de mejoramiento genético por resistencia al amarillamiento.

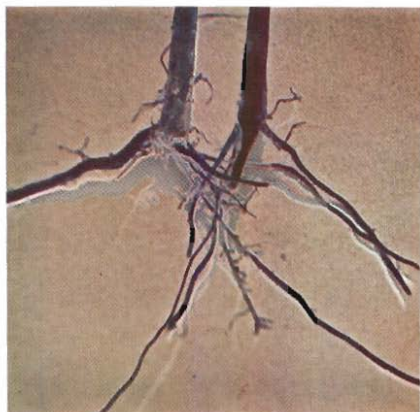


Figura 34. Síntomas en la raíz y en el hipocótilo producidos por *Fusarium oxysporum*.



Figura 35. Amarillamiento foliar ocasionado por *Fusarium oxysporum*.

Pudrición carbonosa, pudrición gris o tizón cenizo

Ashy stem blight

Charcoal rot

Podridão cinzenta do caule

Agente causal

Macrophomina phaseolina

El patógeno tiene muchos hospederos, incluyendo el frijol. La pudrición carbonosa es muy severa en plantas de frijol que sufren estrés de sequía bajo temperaturas altas. Los síntomas se pueden observar como chancros negros en plántulas, antes o inmediatamente después de la emergencia, deprimidos en los tallos cerca de la superficie del suelo en la base de los cotiledones (Figura 36). Los chancros, que tienen bordes bien definidos, a menudo presentan bordes concéntricos. La infección puede destruir el punto de crecimiento de la planta o quebrar el tallo en el lugar debilitado por el chancro. La lesión avanza en ambas direcciones, hacia el hipocótilo y las raíces, y hacia los pecíolos de las hojas primarias; con frecuencia es más pronunciada en un lado de la planta (Figura 37). En plantas viejas puede causar clorosis, defoliación prematura, atrofiamiento, degradación de la raíz y del hipocótilo, y muerte.

Las lesiones posteriormente se vuelven grises y con frecuencia tienen estructuras de supervivencia o esclerocios lisos, de color negro, presentes interna y externamente en el tejido afectado (Figura 38). También se pueden encontrar picnidios de color negro, sumergidos bajo un fondo gris, lo que le da al tallo una apariencia gris o ceniza característica (Figura 39). El hongo puede ser transportado internamente en la semilla.

En condiciones de sequía, el manejo de la pudrición carbonosa es muy difícil. Por eso riegos oportunos son importantes para disminuir la incidencia de la enfermedad. Entre

las medidas que pueden reducir la supervivencia de los esclerocios está la rotación con cultivos no hospederos del patógeno por varios años y la inundación del terreno por varias semanas. Se debe sembrar semilla limpia y tratada con fungicidas como benomil. Se han identificado algunas variedades resistentes.



Figura 36. Síntomas en las plántulas producidos por *Macrophoma phaseolina*.



Figura 37. Síntoma ocasionado por el bongo de la pudrición gris del tallo en un lado de la planta.



Figura 38.

Esclerocios de *Macrophomina phaseolina* sobre un tallo infectado.



Figura 39.

Picnidios de *Macrophomina phaseolina* sobre un tallo infectado.

Oidio, mildew polvoso

Powdery mildew

Míldio pulverulento

Agente causal

Erysiphe polygoni

El oidio tiene distribución mundial y prevalece en muchas condiciones ambientales, pero generalmente es más severo en condiciones de sequía, de baja humedad y temperaturas moderadas. La infección en plantas jóvenes puede resultar en defoliación y daños severos. Es más común ver los síntomas asociados con plantas adultas. Estos síntomas se inician en la haz de las hojas como manchas oscuras y moteadas; después se llenan de un micelio blanco que les da una apariencia polvosa (Figura 40).

De las hojas se esparce a las vainas, en las que causa una decoloración generalmente púrpura, casi redonda, con centro gris (Figura 41). La enfermedad puede deformar las vainas. Los síntomas en los tallos son, por lo general, decoloraciones rojizas o púrpuras. El micelio puede cubrir toda la planta (Figura 42). El hongo puede ser portado externamente en la semilla y por el viento que disemina las esporas.

Se usan para su control fungicidas azufrados y otros como benomil. Existen variedades resistentes; sin embargo, la existencia de diferentes razas fisiológicas o patotipos puede afectar el uso de estas fuentes de resistencia.



Figura 40. Síntomas producidos por el hongo del oidio en la hoja de frijol.



Figura 41. Síntoma en la vaina causado por el hongo del oidio.



Figura 42. Planta de frijol totalmente infectada por el hongo del oidio.

Mancha harinosa

Floury leaf spot

Mancha farinhosa

Agente causal

Mycovellosiella phaseoli

Esta enfermedad se presenta en regiones con temperaturas moderadas a bajas y humedad de moderada a alta.

Los síntomas se observan más claramente en el envés de las hojas como lesiones más o menos redondas en las que el hongo produce una masa blanca de conidióforos y conidios (Figura 43).

Se puede confundir la mancha harinosa con mildew polvoso, el cual también produce micelio blanco, pero éste generalmente es más compacto y sólo se produce en la haz de las hojas. Los síntomas de la mancha harinosa pueden aparecer en la haz de la hoja con una decoloración muy leve, verde clara o amarilla, sin evidencia de micelio o esporas. Casi siempre la infección ocurre primero en el follaje más viejo. La infección severa causa defoliación prematura.

Por lo general no es necesario usar medidas de control porque la enfermedad rara vez causa defoliación o daños severos. Se obtiene un buen control con aplicaciones de benomil o tiofanato.



Figura 43. Síntomas causados por el hongo de la mancha harinosa en el envés de la hoja.

Moho gris

Gray mold

Bolor-cinzeno

Agente causal

Botrytis cinerea, estado asexual

Botryotinia fuckeliana, estado sexual

El moho gris ocurre en zonas frijoleras con clima fresco o frío y es más severo durante los períodos de alta humedad. También es una pudrición común en habichuelas almacenadas y en tránsito. La infección es favorecida por heridas en los tejidos de la planta, en los que la enfermedad produce áreas acuosas que son fáciles de reconocer por el color entre gris y verde del hongo que coloniza estas lesiones (Figura 44). El tejido afectado se marchita y muere. Las plántulas también pueden ser atacadas pero, por lo general, el daño es más común en las plantas más maduras que tienen las vainas en contacto con el suelo.

Inicialmente la infección ocurre con mucha frecuencia en las partes aéreas de las plantas y en los botones florales envejecidos. Los tejidos infectados del patógeno pueden formar varias estructuras como estomas negros y esclerocios sobre los que se pueden desarrollar conidios y apotecios similares a los producidos por el hongo que causa el moho blanco.

Como medidas de control se recomiendan la disminución de la densidad de la siembra y la aplicación de fungicidas.



Figura 44. Infección de la vaina causada por el agente causal del moho gris.

Mancha gris

Gray leaf spot

Agente causal

Cercospora vanderysti y *C. castellanii*

La mancha gris es una enfermedad foliar que prevalece en regiones por encima de 1500 m.s.n.m., donde existen temperaturas bajas a moderadas y alta humedad.

En la haz de la hoja, los síntomas y signos se presentan como lesiones pequeñas y angulares, de 2-5 mm de diámetro, delimitadas por las venas, de color verde claro o levemente amarillento (Figura 45). En estas lesiones se observa en el envés de la hoja un crecimiento del micelio y de las esporas del patógeno que forman una capa gris muy densa que cubre la lesión (Figura 46). Este síntoma es el diagnóstico de la mancha gris. La infección es más severa y ocurre primero en las hojas viejas. Ataques severos pueden causar defoliación prematura (Figura 47). En el inicio de esta enfermedad, sus síntomas en la haz de la hoja pueden confundirse con los síntomas de la mancha blanca. En el envés, las lesiones de la mancha blanca son de color blanco. Ambas enfermedades pueden ocurrir en una misma planta (Figura 48).

Esta enfermedad se controla con fungicidas como benomil e hidróxido de cobre y con variedades resistentes como Rico 23 y B.H. 4935.



Figura 45. Síntomas en la haz de la hoja causados por el hongo de la mancha gris.



Figura 46. Síntomas en el envés de la hoja causados por el hongo de la mancha gris.



Figura 47. Infección severa de la planta ocasionada por el agente causal de la mancha gris.



Figura 48. Infección foliar mixta causada por los hongos de la mancha gris y de la mancha blanca

Mancha blanca

White leaf spot

Mancha branca

Agente causal

Pseudocercospora albida

Esta enfermedad se ha observado en las regiones montañosas de Colombia y Guatemala. Los síntomas de la mancha blanca son similares a los de la mancha gris, pero se manifiestan inicialmente en el envés de las hojas viejas como manchas pequeñas, de 2-5 mm de diámetro, angulares y delimitadas por las venas. Manchas muy similares se presentan en la haz. Las lesiones del envés se cubren por una capa densa de micelio y esporas de color muy blanco (Figura 49), lo que las diferencia de la mancha gris, que forma una capa muy densa de micelio y esporas de color gris oscuro.

Ataques severos del patógeno de la mancha blanca pueden resultar en necrosis foliar y defoliación prematura, sobre todo de las hojas más viejas. No hay estudios sobre la influencia de la mancha blanca en los rendimientos del frijol. Existen variedades resistentes como México 114, Puebla 40-4 y BAT 527 (línea del CIAT).



Figura 49.

Síntomas foliares ocasionados por el hongo de la mancha blanca.

Mancha redonda

Chaetoseptoria leaf spot

Agente causal

Chaetoseptoria wellmanii

La mancha redonda ocurre con frecuencia en América Central y en las Indias Occidentales, en regiones con temperaturas moderadamente frías y con alta humedad.

Los síntomas se manifiestan en las hojas como lesiones circulares de tamaño mediano a grande, con el centro café claro o crema, rodeadas de un borde más oscuro de color café rojizo (Figura 50). El centro de la lesión puede presentar unos puntitos grises o negros que son los picnidios (estructuras frutales) del patógeno.

La infección es común en las hojas primarias y la enfermedad puede inducir una defoliación severa. El patógeno puede ser transmitido por la semilla.

Las medidas de control usadas incluyen las aspersiones foliares con benomil, el uso de semilla limpia y el desarrollo de variedades resistentes.

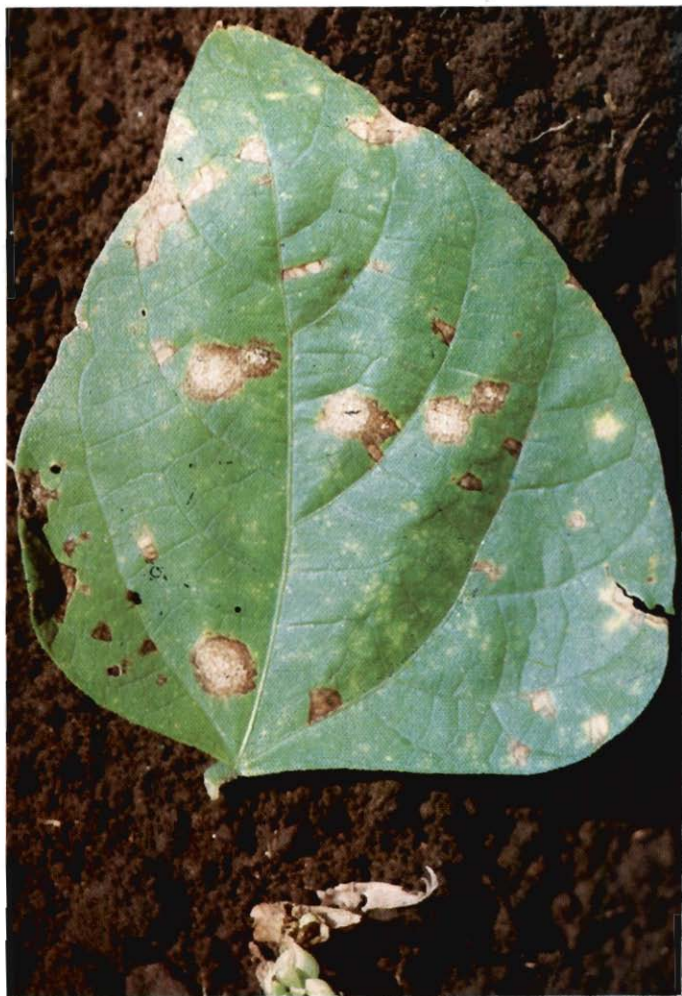


Figura 50. Síntomas foliares producidos por el hongo de la mancha redonda.

Carbón

Entyloma leaf smut

Agente causal

Entyloma petuniae

Esta enfermedad se presenta en muchas regiones de América Central y en las islas del Caribe. Se identifica fácilmente por las lesiones o ampollas que aparecen en la haz de la hoja, de color gris oscuro, donde se encuentran el micelio y las masas subepidérmicas de clamidósporas negras del patógeno. Inicialmente las ampollas, que son casi redondas u ovaladas, tienen una apariencia acuosa; después toman un color café que varía a grisáceo en la haz y azul grisáceo en el envés (Figura 51).

Con frecuencia las lesiones están delimitadas por las venillas de la hoja, y algunas se juntan. En general, la infección se limita a las hojas primarias o a los primeros trifolios, pero se han encontrado daños hasta en un 60% del follaje.

Para el control de esta enfermedad se puede tratar la semilla con carboxin y hacer aspersiones al follaje con benomil.

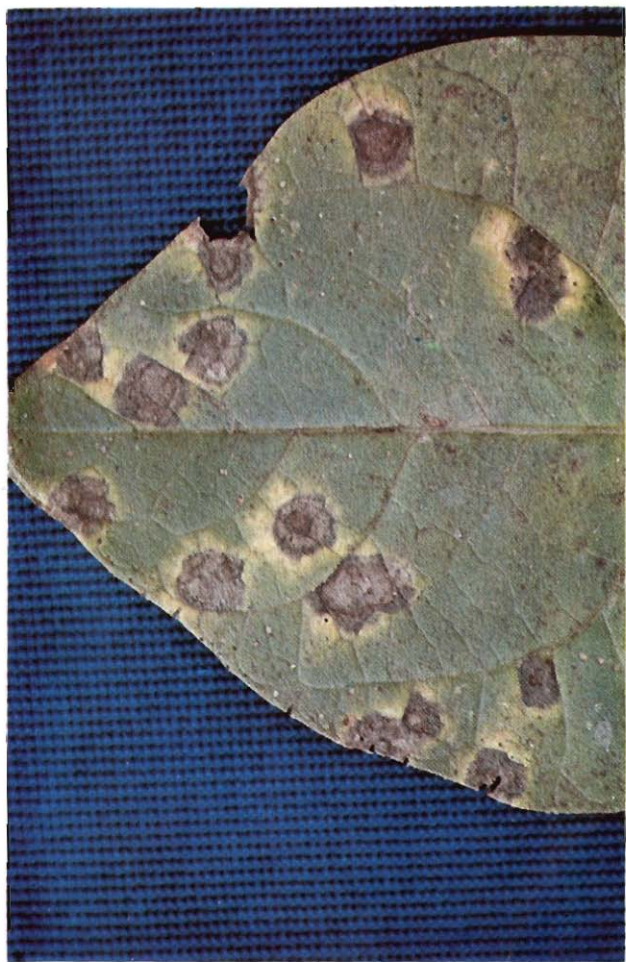


Figura 51. Síntomas foliares causados por el hongo del carbón.

Mancha foliar por *Cercospora*

Cercospora leaf spot

Cercosporeose

Agente causal

Cercospora canescens y *C. cruenta*

Los síntomas se manifiestan como lesiones de color café o amarillo a rojizo; tienen tamaños y formas variables (Figura 52).

Con frecuencia las lesiones producidas por *C. canescens* ocurren en las hojas más viejas, pero también en las vainas y en las ramas. Por lo general, en las hojas, los síntomas se presentan en forma irregular, y son de color café a gris o café claro, con un centro gris y un borde levemente rojizo (Figura 53). Algunas veces estas lesiones se secan, se desprenden y dejan un agujero.

Comúnmente *C. cruenta* ataca las hojas primarias; las cubre de unas manchas pequeñas en forma de lunares. Rara vez ataca los trifolios.

Manchas similares se pueden observar también en los tallos y en las vainas.

Las medidas de control rara vez son necesarias, pero aplicaciones foliares de fungicidas cúpricos son eficaces. Se han encontrado variedades resistentes.



Figura 52. Síntomas en hojas ocasionados por *Cercospora* spp.



Figura 53. Síntomas foliares causados por *Cercospora canescens*.

Mancha foliar por *Alternaria*

Alternaria leaf spot

Mancha-parda-da-folha

Agente causal

Alternaria alternata (sin. *A. tenuis*), *A. brassicae* f. *phaseoli* y *A. brassicola*

En general, los hongos que causan esta enfermedad se consideran como parásitos de heridas que atacan los tejidos en senescencia, expuestos a períodos de alta humedad. Aunque a veces pueden causar defoliación prematura, las pérdidas en rendimiento ocasionadas por *Alternaria* usualmente no son considerables.

Los síntomas son más comunes en las hojas primarias y se manifiestan como manchas pequeñas e irregulares, de color café rojizo, rodeadas por un borde más oscuro. Al agrandarse estas lesiones pueden formar anillos concéntricos que muchas veces se caen y dejan orificios redondos en la lámina foliar (Figura 54). Las lesiones se pueden unir y así cubrir grandes áreas de la hoja. El hongo también puede dañar las vainas, a las que les produce lesiones grandes de color café donde se puede notar esporulación (Figura 55); además, daña las semillas en desarrollo.

Otro tipo de síntoma se manifiesta en las hojas, en forma de puntos de color café (Figura 56). Las semillas pueden ser portadoras de *Alternaria* spp.

Los productos químicos recomendados para el control de la mancha por *Alternaria* son: clorotalonil, tiofanato y zineb. Se ha notado que benomil no es efectivo en el control de *A. alternata*.

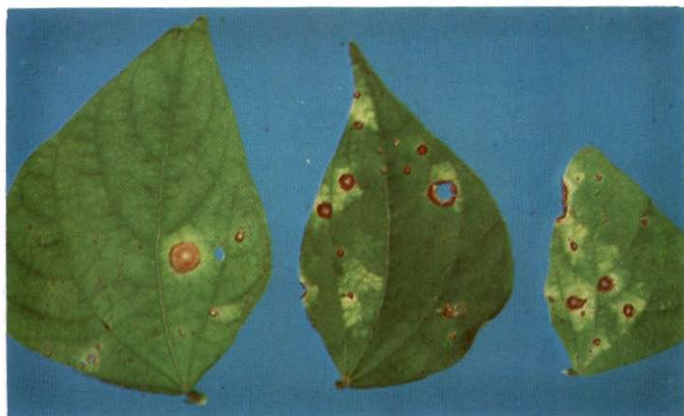


Figura 54. Síntomas foliares ocasionados por *Alternaria* spp.

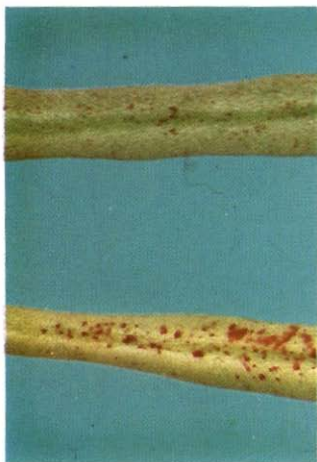


Figura 55. Síntomas en las vainas ocasionados por *Alternaria* spp.



Figura 56. Otro tipo de síntomas foliares ocasionados por *Alternaria* spp.

Mildeo velloso

Downy mildew

Agente causal

Phytophthora nicotianae var. *parasitica* y *P. phaseoli*

El mildew velloso ocurre en el altiplano de México y en algunos valles altos de Costa Rica. La enfermedad es favorecida por bajas temperaturas y alta humedad. Los síntomas se manifiestan con manchas blancas en los pecíolos; estas manchas aumentan de tamaño y paulatinamente ocasionan el marchitamiento y la muerte de las hojas. El patógeno también ataca las flores, las yemas y los ovarios, sobre todo cuando están en contacto con el suelo. Es común que las vainas sean colonizadas por el micelio blanco que se localiza en parches, rodeado de un borde café rojizo (Figura 57). Las vainas severamente atacadas se arrugan y mueren.

Entre las medidas de control usadas se incluye el desarrollo de variedades erectas, con vainas que no estén en contacto con el suelo y que tengan el follaje poco tupido, para que permita una buena aireación. Algunos fungicidas usados son zineb, maneb y nabán.



Figura 57 Infección de la vaina ocasionada por el agente causal del mildew velloso.

Roña

Scab

Costra

Agente causal

Elsinoë phaseoli, estado sexual

La roña como enfermedad del frijol ocurre en Africa pero no en América Latina, aunque el estado sexual del patógeno se encuentra en América Central y en el Caribe, donde causa roña en el frijol lima (*Phaseolus lunatus*). El estado asexual del hongo, *Sphaceloma* sp., también se encuentra en América Latina y ocurre por lo menos en Brasil y Surinam, causando roña en caupí. Posiblemente las poblaciones del patógeno sean muy específicas hacia un hospedero y por eso las que causan roña en frijol lima y caupí en las Américas no atacan el frijol común. En Africa la roña no es considerada una enfermedad de alta prioridad, y sólo es importante en unos pocos lugares de Kenia, Tanzania, Malawi, Zambia y Zimbabwe; sin embargo, las pérdidas pueden llegar hasta el 70% del rendimiento.

Los síntomas de la roña se desarrollan primero en los tallos, en los pecíolos y en el follaje como manchas redondas a ovaladas de color grisáceo plateado (Figura 58).

En las hojas, las lesiones tienden a concentrarse a lo largo de las nervaduras. Las hojas con muchas lesiones pueden aparecer deformes y con huecos cuando el tejido necrótico del centro de las lesiones se desprende. Durante ataques severos, las lesiones en los pecíolos se juntan causando deformación y aborto de las yemas florales. Las vainas que se forman en estas condiciones presentan deformación, muchas manchas redondas de color grisáceo plateado y vaneamiento (Figura 59). El patógeno sobrevive en los residuos de cosecha y en la semilla, por lo que la eliminación de los residuos de cosecha del campo y la rotación del frijol con cereales son medidas apropiadas para el manejo de la roña.



Figura 58. Lesiones causadas por la roña en la hoja de frijol.



Figura 59. Lesiones causadas por la roña en las vainas de frijol.

Añublo por *Diaporthe*, tizón de la vaina

Diaporthe pod blight

Agente causal

Phomopsis subcircinata, estado asexual

Diaporthe phaseolorum, estado sexual

Los síntomas iniciales se notan en ambos lados de la hoja, como manchas que pueden ser semicirculares y también de forma irregular, de color café rojizo, con un borde definido (Figura 60). Las lesiones pueden observarse por toda la hoja, pero con más frecuencia en asociación con la nervadura central. En las lesiones moribundas se presentan muchas veces las estructuras asexuales del hongo (picnidios) y ocasionalmente las sexuales (peritecios). Después se notan los síntomas en las vainas, que se inician con manchas pequeñas casi circulares que se expanden concéntricamente. Muchas de estas lesiones tienen picnidios que se distribuyen en círculos concéntricos sobre la superficie total de la lesión (Figura 61). El hongo ataca las semillas en las que también puede ser portado.

Las medidas de control incluyen: siembra de semilla libre de patógeno, rotación de cultivos y aspersión con fungicidas como benomil.

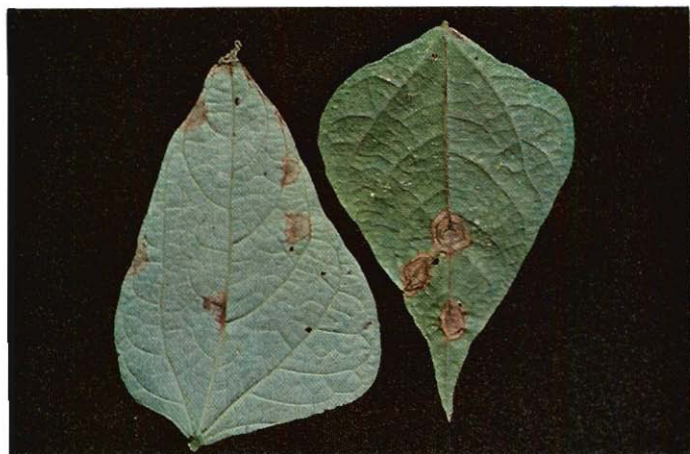


Figura 60. Síntomas foliares causados por el hongo del añublo de la vaina.



Figura 61. Síntomas en las vainas causados por el hongo del añublo de la vaina.

Enfermedades causadas por bacterias

Bacteriosis común, añublo común o fusco

Common bacterial blight

Crestamento-bacteriano-comum

Agente causal

Xanthomonas campestris pv. *phaseoli* y *X. campestris* pv. *phaseoli* var. *fuscans*

La bacteriosis común tiene amplia distribución geográfica, y por su importancia económica es considerada una de las principales enfermedades del frijol. La enfermedad es más importante en climas cálidos y húmedos, donde puede causar pérdidas importantes en el rendimiento. Ambos patógenos inducen los mismos síntomas en las hojas, vainas, semillas y tallos, pero se pueden diferenciar en medios de cultivo. La infección inicial en las hojas se manifiesta en forma de puntos acuosos en el envés de la lámina foliar (Figura 62). Estos puntos aumentan de tamaño en forma irregular, y con frecuencia las lesiones adyacentes se unen y se puede observar exudación bacterial en la hoja. El tejido infectado se vuelve flácido; las lesiones tienen una delgada zona de tejido amarillo (Figura 63). Ataques severos resultan en un amplio necrosamiento de las hojas y en defoliación prematura (Figura 64).

Ocasionalmente también se puede observar una reducción del diámetro del tallo y pudrición en la unión del nudo cotiledonario, lo que hace que se quiebre el tallo (Figura 65).

En las vainas, los síntomas se manifiestan como manchas pequeñas húmedas, que aumentan gradualmente de tamaño; son ligeramente deprimidas y de color rojo oscuro. La semilla infectada se arruga y por lo general se pudre (Figura 66). Las bacterias pueden estar presentes y ser transmitidas en la semilla, interna o externamente.



Figura 62. Síntomas iniciales de la bacteriosis común en forma de puntos acuosos.



Figura 63. Síntomas típicos de la bacteriosis común en la hoja.

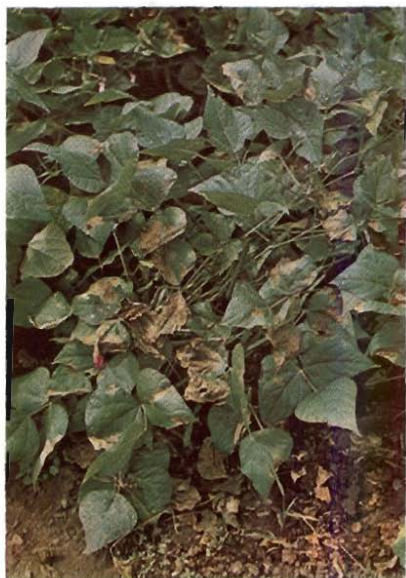


Figura 64.

Planta de frijol con síntomas severos de bacteriosis común.



Figura 65

Rompimiento del tallo producido por el patógeno de la bacteriosis común.



Figura 66. Síntomas de la bacteriosis común en la vaina y semilla de frijol.

Dos prácticas culturales muy importantes para el control de la bacteriosis común son la siembra de semilla libre de estos patógenos bacterianos y la rotación con cultivos que no sean hospederos de las bacterias, como los cereales. La remoción de los residuos de cosecha infectados reduce el inóculo que puede iniciar la enfermedad en la siguiente siembra. Para proteger la semilla o el follaje se pueden usar bactericidas a base de sulfato e hidróxido de cobre o antibióticos. Los antibióticos no deben ser aplicados al follaje porque pueden inducir la formación de mutantes resistentes. Se han identificado muchas fuentes con niveles aceptables de resistencia. Se recomienda la siembra de variedades resistentes. No se tiene evidencia de razas en el patógeno, y la reacción de una variedad a los patógenos básicamente es la misma en todos los lugares.

Añublo de halo o tizón de halo

Halo blight

Crestamento-bacteriano-de-halo

Agente causal

Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola*

La enfermedad es más común y seria en regiones con temperaturas frías o moderadas (18-22 °C) y alta humedad. Los síntomas iniciales en el envés de la hoja aparecen de 3 a 5 días después de la infección, como pequeñas manchas húmedas; posteriormente alrededor de las manchas acuosas se forma un halo amarillo verdoso (Figura 67). También puede ocurrir una clorosis sistémica con amarillamiento y deformación de las hojas, sin que haya síntomas externos aparentes. Las vainas infectadas presentan manchas acuosas de color café o rojo con apariencia grasosa (Figura 68). En las lesiones acuosas de las hojas y de las vainas se puede observar un exudado bacteriano de color plateado (Figura 69). El patógeno es diseminado de una hoja o planta a otra por medio de la lluvia acompañada de viento. También es transmitido en la semilla y puede sobrevivir asociado con los residuos de cosecha.

Entre las prácticas culturales más importantes para el manejo del añublo de halo está la siembra de semilla limpia libre del patógeno y la rotación con cultivos que no son hospederos de las bacterias, como los cereales. Se debe evitar el desplazamiento de personal dentro de los cultivos infectados hasta que la humedad ambiental del follaje se haya secado para evitar transportar el patógeno en la ropa y en las herramientas de trabajo. Se pueden usar aspersiones foliares con bactericidas a base de cobre para controlar la enfermedad. La semilla puede ser tratada con bactericidas cúpricos o soluciones antibióticas. Se deben sembrar cultivares resistentes. El patógeno tiene razas, y las variedades resistentes a una raza no necesariamente lo son a otra. Hay germoplasma de frijol con resistencia a todas las razas.



Figura 67. Síntomas del añublo de halo en las hojas.



Figura 68. Manchas grasosas producidas por la bacteria del añublo de halo en las vainas.



Figura 69. Exudado bacteriano producido por el patógeno del añublo de halo.

Marchitamiento bacteriano

Bacterial wilt

Murcha bacteriana

Agente causal

Curtobacterium flaccumfaciens subsp. *flaccumfaciens*

No existen informes sobre esta enfermedad en América Latina. Favorecen su desarrollo las temperaturas mayores de 32 °C y condiciones de sequía. El patógeno sobrevive en la semilla. La infección puede iniciarse desde la semilla infectada o por heridas en las hojas y en las raíces. La bacteria es sistémica y el desarrollo de la enfermedad es muy rápido una vez que las bacterias lleguen al sistema vascular.

Los síntomas iniciales de marchitamiento con flacidez de las hojas se aprecian mejor durante la parte más calurosa del día. Si las condiciones de baja humedad y altas temperaturas persisten, las hojas se tornan color café y la planta se marchita y muere. En condiciones de alta humedad y baja temperatura, las hojas flácidas pueden recuperarse y adquirir su turgencia. El patógeno es sistémico; invade el sistema vascular de la planta e incita el marchitamiento.

La bacteria en la semilla infectada produce decoloraciones amarillas, anaranjadas o azules (Figura 70). El patógeno puede también sobrevivir en los residuos de las plantas infectadas.

Para controlar la enfermedad se recomiendan: la siembra de semilla libre de patógeno, la rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes.

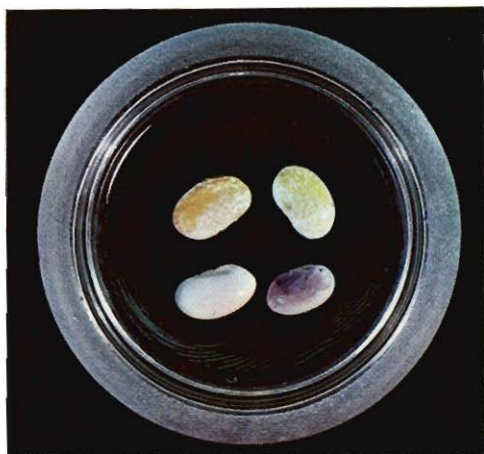


Figura 70. Decoloración de la semilla debida al marchitamiento bacteriano.

Mancha café bacteriana

Brown spot

Mancha bacteriana

Agente causal

Pseudomonas syringae pv. *syringae*

Esta enfermedad se conoce también como punto café bacteriano. La bacteria que la causa tiene muchos hospedantes; sin embargo, sólo los aislamientos de frijol son altamente virulentos para este cultivo. Los síntomas característicos de la mancha café bacteriana son lesiones necróticas o puntos de color café, que a veces están rodeados por una zona clorótica (Figura 71). El tamaño de las lesiones es variable y generalmente éstas no son acuosas, pero en ellas se observa un exudado bacteriano. El patógeno es sistémico y causa lesiones en el tallo.

Es común observar que las vainas infectadas se doblen y presenten manchas oscuras (Figura 72). Las plantas adultas son más resistentes. El patógeno puede ser diseminado por el agua de riego por aspersión.

Para controlar la enfermedad en el follaje y en las vainas se puede asperjar con sulfato de cobre e hidróxido de cobre. Se recomienda el uso de variedades resistentes.



Figura 71. Síntomas de infección foliar ocasionados por el agente causal de la mancha café bacteriana.



Figura 72 Doblamiento de las vainas con mancha café bacteriana

Quemazón bacteriana

Wildfire

Fogo selvagem

Agente causal

Pseudomonas syringae pv. *tabaci*

Esta enfermedad tiene poca importancia económica y sólo ha sido observada en algunos estados del litoral central y sur de Brasil (São Paulo, Río de Janeiro, Paraná) y en la provincia de Salta, Argentina.

Los síntomas causados por la bacteria sólo han sido observados en el follaje como pequeñas manchas necróticas de color marrón claro rodeadas por un halo amarillo muy pronunciado y con márgenes bien delimitados (Figura 73). Las manchas se pueden juntar resultando en un área grande de la hoja con tejido necrosado, el cual generalmente se desprende. Las hojas infectadas también pueden presentar clorosis sistémica, deformación y reducción en su tamaño.

Se desconoce mucho sobre la epidemiología de la quemazón bacteriana, por lo tanto es difícil recomendar estrategias para su manejo. El patógeno jamás ha sido observado en condiciones naturales en vainas, por lo que se cree que no se transmite en la semilla. También se han observado diferencias en la reacción de las variedades al patógeno.



Figura 73. Síntomas de la quemazón bacteriana en follaje de frijol.

Enfermedades causadas por organismos similares a micoplasmas

Machismo

Machismo

El machismo fue detectado en 1968 en el Valle del Cauca, Colombia, primero en soya y después en frijol; sin embargo, la enfermedad no se ha expandido ni tiene importancia económica. El agente causal del machismo del frijol, un organismo similar a micoplasma, es transmitido por el saltahoja *Scaphytopius filiginosus* que, además de la soya, también infecta el frijol lima, el guandul, *Crotalaria spectabilis* y *Rhynchosia minima*. El patógeno no se transmite por semilla ni mecánicamente, pero sí por injerto.

Los síntomas más salientes del machismo se manifiestan durante la floración y formación de vainas, época en la que una parte o la totalidad del estado reproductivo de la planta se transforma en estado vegetativo. Cuando la infección es temprana, los pétalos se tornan virescentes, o sea, adquieren un color verde claro a oscuro; los sépalos se alargan pero las flores son más pequeñas. Del ápice floral cerrado emerge una filodia, que es una estructura corrugada y filiforme en la parte superior, y que parece una hoja enrollada cuando se le disecta (Figura 74). Si la infección es tardía, generalmente hay producción de vainas, pero éstas son deformes, rígidas, delgadas, corrugadas, erectas, en forma de medialuna, orientadas hacia arriba y con poca o ninguna semilla (Figura 75). Síntomas severos del machismo se manifiestan en la reducción de las flores a yemas pequeñas sostenidas por un pecíolo largo del cual pueden proliferar hojas y pecíolos pequeños (Figura 76), y la planta forma escobas de bruja o superbrotamiento (Figura 77). El machismo también puede inducir la germinación prematura de las semillas presentes en vainas inmaduras (Figura 78).



Figura 74.

Filodia causada por infección del micoplasma del frijol.



Figura 75.

Deformación de la vaina causada por la infección de micoplasma del frijol.



Figura 76.

Deformación de la hoja y del pecíolo causada por infección de micoplasma del frijol.

Para el manejo del machismo se debe practicar la rotación de cultivos evitando la siembra continua de especies susceptibles. También se deben eliminar del campo las plantas infectadas.



Figura 77. Síntoma de escoba de bruja en una planta infectada.



Figura 78. Germinación prematura de semillas de frijol en una vaina inmadura.

Enfermedades de las Partes Subterráneas de la Planta

Marcial A. Pastor Corrales*

Enfermedades causadas por hongos

Pudrición radical por *Rhizoctonia*

Rhizoctonia root rot

Podridão radicular de *Rhizoctonia*

Agente causal

Rhizoctonia solani Kühn

Esta enfermedad se desarrolla en temperaturas moderadas a bajas y en humedad de suelo moderada a alta. El patógeno puede atacar severamente las plántulas y causar podredumbre del pie ("damping-off"), pudrición radical y chancros en el tallo. Esta enfermedad es mucho más severa en plántulas. El patógeno puede también atacar las vainas y las ramas en contacto con el suelo.

Los ataques iniciales en la raíz y en el hipocótilo resultan en chancros o depresiones de color café rojizo, casi siempre oblongos o alargados y algunas veces casi circulares, que pueden estar rodeados por un borde un poco más oscuro (Figura 79). Después, estos chancros aumentan de tamaño, se tornan más profundos y más rojizos (Figura 80) y llegan a la médula (Figura 81). La formación de chancros es óptima en

* Fitopatólogo, Programa de Frijol, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

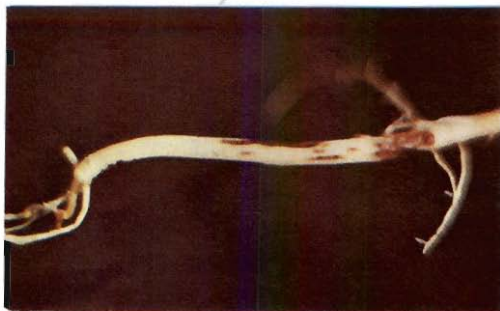


Figura 79. Síntomas iniciales causados por *Rhizoctonia solani*

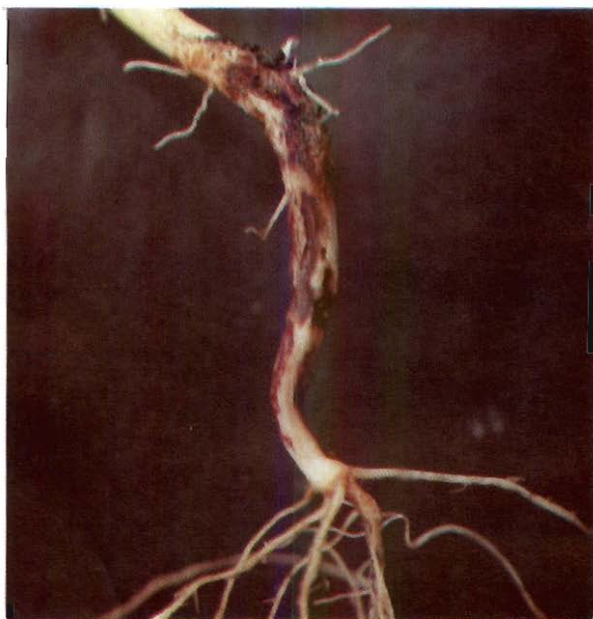


Figura 80. Chancros en el hipocótilo producidos por *Rhizoctonia solani*.



Figura 81. Chancros viejos e infección medular causados por *Rhizoctonia solani*.

temperaturas de suelo de 18 °C, pero es inhibida por temperaturas superiores a 21 °C. Las plantas con chancros son generalmente más pequeñas y menos vigorosas.

Muchas veces se pueden encontrar esclerocios sobre los chancros o en el interior del tallo. Los esclerocios sirven como fuente de inóculo y pueden sobrevivir en el suelo en los residuos de cosecha. El ataque en las vainas en contacto con el suelo resulta en lesiones acuosas, un poco deprimidas y de color café. La semilla infectada se decolora y puede transportar el patógeno internamente.

Las prácticas culturales son muy importantes para el manejo de esta enfermedad. La siembra poco profunda reduce los ataques en las plántulas pero puede aumentar el acame. La siembra debe realizarse en suelos bien drenados

y cuando la temperatura del suelo sea lo suficientemente alta para disminuir la infección favorecida en suelos húmedos y por temperaturas de suelo bajas. La rotación con cereales contribuye a reducir los niveles del inóculo en el suelo. Varios fungicidas pueden controlar la enfermedad en las plántulas si se aplican a la semilla o al surco antes de o durante la siembra. Estos son efectivos durante la germinación y el desarrollo inicial de la plántula, pero generalmente no protegen las raíces en desarrollo de plantas adultas. Las plantas adultas usualmente poseen más resistencia a la enfermedad. Son pocos los cultivares con niveles altos de resistencia a *R. solani*.

Pudrición radical por *Fusarium*

Fusarium root rot

Podridão radicular seca

Agente causal

Fusarium solani f. sp. *phaseoli*

Los síntomas iniciales se observan en el hipocótilo y en la raíz primaria, una o dos semanas después de que las plantas hayan emergido (Figura 82). Por lo general se presentan como decoloraciones o lesiones rojizas; gradualmente se vuelven más oscuras, de color café, y aumentan en tamaño. Pueden llegar a cubrir toda la raíz o cubrirla en vetas, o en agrietamientos longitudinales (Figura 83). Rara vez pasan las lesiones por encima de la superficie del suelo. Con frecuencia la raíz principal y las raíces secundarias mueren, la parte inferior del tallo se vuelve medulosa o hueca y se desarrollan raíces laterales por encima del tejido infectado, lo que permite que la planta sobreviva.

Por lo general no se nota un marchitamiento asociado con esta enfermedad, pero las plantas severamente atacadas en condiciones deficientes de humedad se vuelven raquíticas y pueden morir. El patógeno no se transmite por la semilla, pero es probable que se encuentre en la mayoría de los suelos



Figura 82.

Síntomas iniciales en la raíz y en el hipocótilo ocasionados por *Fusarium solani*.



Figura 83. Decoloraciones en la raíz y en el hipocótilo causadas por *Fusarium solani*.

como estructuras de supervivencia llamadas clamidósporas o asociado con tejido vegetal y residuos de cosecha. Estimula la germinación de las clamidósporas el contacto con los exudados producidos por la semilla en germinación, por los hipocótilos y por las raíces de plantas susceptibles y no susceptibles.

Las prácticas culturales que mejoran las condiciones del suelo y estimulan el crecimiento vigoroso de las raíces son muy importantes para controlar la enfermedad. La práctica más eficiente para este control es reducir la compactación del suelo. Por eso la rotación del frijol con cereales y la incorporación de la materia orgánica al suelo para reducir la compactación y mejorar el drenaje dan un buen control. También se puede reducir la compactación del suelo con aradas profundas y subsolación. El control de la enfermedad usando fungicidas no es eficiente. Cuando se hacen tratamientos de semilla con fungicidas se deben usar fungicidas sistémicos. Se deben sembrar variedades con resistencia a la enfermedad.

Añublo sureño

Southern blight

Murcha de Sclerotium

Agente causal

Sclerotium rolfsii

El añublo sureño es importante en regiones con temperatura y humedad altas. La temperatura óptima para el crecimiento del hongo es 30 °C. El frijol sembrado bajo estas condiciones, y con abundante materia orgánica en el suelo, puede sufrir de ataques muy severos, sobre todo en las plántulas. El patógeno tiene más de 500 hospederos, pero es muy severo en las leguminosas, cucurbitáceas y solanáceas, y en las verduras que se rotan con el frijol.

Inicialmente los síntomas se manifiestan como un ligero amarillamiento de las hojas inferiores acompañado de una lesión oscura y acuosa, ubicada en el tallo o hipocótilo, debajo de la superficie del suelo (Figura 84). La lesión se expande a la raíz principal, y puede causar una pudrición cortical (Figura 85) que eventualmente, en condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, puede causar el marchitamiento y la muerte de la planta. En la base del tallo, en contacto con el suelo, es común observar la presencia de un micelio blanco y de esclerocios redondos y blancos a café claros, característicos del patógeno, que se adhieren a las raíces, al hipocótilo y a partículas del suelo en contacto con la planta (Figura 86).

Al madurar, los esclerocios se vuelven color café. Las vainas en contacto con el suelo son atacadas y se pudren. El patógeno puede ser transportado por la semilla.

Se debe evitar la introducción del patógeno a suelos vírgenes a través de semilla contaminada. Se recomienda destruir los residuos de cosecha, eliminar los huéspedes alternos y hacer un buen drenaje del suelo. Los fungicidas se pueden aplicar al surco al momento de la siembra. Existen algunas fuentes de resistencia a la enfermedad y variedades con niveles adecuados de resistencia.



Figura 84. Síntomas iniciales del hipocótilo y de la raíz producidos por el hongo del añuble sureño.



Figura 85. Pudrición cortical de la raíz principal causada por *Sclerotium rolfsii*.



Figura 86. Esclerocios y micelio producidos por *Sclerotium rolfsii*.

Pudriciones por *Pythium*, marchitamiento por *Pythium*

Pythium root rot

Murcha de *Pythium*

Agente causal

Pythium spp.

Esta enfermedad también se conoce en América Latina como marchitamiento por *Pythium*. Es causada por varias especies de *Pythium* como *P. aphanidermatum* (*P. butleri*), *P. irregulare*, *P. myriotylum*, *P. ultimum* y otras especies menos frecuentes.

Las especies de *Pythium* pueden atacar la plántula que emerge, los cotiledones, la radícula y el hipocótilo, y producir podredumbre del pie ("damping-off") de preemergencia. Igualmente pueden causar la muerte de la plántula antes de emerger por la pudrición acuosa que se forma, lo que después resulta en podredumbre del pie de posemergencia. Además, cuando se manifiestan lesiones humedecidas y alargadas en la parte más baja del hipocótilo y en las raíces, es frecuente un marchitamiento de la plántula atacada una a tres semanas después de iniciarse la enfermedad. Si la enfermedad progresa, las lesiones se secan y cambian de color bronceado a canela o café claro, y son ligeramente deprimidas (Figura 87).

En ataques severos el hipocótilo y las raíces se destruyen (Figura 88). El ataque a las plántulas resulta en su marchitamiento y muerte tan pronto como emergen (Figura 89).

En clima cálido y en condiciones de alta humedad del suelo, las plantas adultas pueden ser atacadas. El patógeno invade la corteza del tallo y de las ramas laterales, lo que resulta en el marchitamiento o la muerte de estas plantas. La alta humedad del suelo favorece las especies de *Pythium*.

Se recomienda sembrar en suelos bien drenados y dar una mayor distancia de siembra que favorezca una buena aireación y que disminuya la transmisión del patógeno entre plantas. Algunos fungicidas disminuyen la severidad de la enfermedad. El tratamiento de la semilla con fungicidas ha dado buenos resultados. También existen variedades resistentes.



Figura 87. Lesiones deprimidas causadas por la pudrición radical por *Pythium* spp.



Figura 88. Síntomas de pudrición radical por *Pythium* spp. en plantas infectadas (izquierda) y sanas (derecha).



Figura 89. Marchitamiento y muerte de la plántula ocasionados por *Pythium* spp.

Pudrición negra

Black root rot

Agente causal

Thielaviopsis basicola

Los síntomas característicos son lesiones negras en el hipocótilo, en la raíz principal y en las raicillas (Figura 90). Al principio el patógeno ataca el hipocótilo por debajo de la superficie del suelo y le produce lesiones que son más o menos púrpuras o rojizas. Posteriormente las lesiones se oscurecen. Se vuelven color café y después negro carbón, y le dan a la raíz una apariencia negra.

El patógeno sobrevive en el suelo por períodos indefinidos y ataca las raíces durante las épocas de temperaturas bajas y húmedas. Las temperaturas entre 15 y 18 °C hacen que la enfermedad sea más severa.

Cuando la planta también es atacada por otros organismos como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., y algunas especies de nematodos, la enfermedad es más severa. El hongo produce en el tejido infectado clamidósporas que son estructuras que le permiten sobrevivir en el suelo. El patógeno es transportado en residuos infectados de la planta, en partículas de suelo o adherido a las herramientas agrícolas.

Se recomiendan la siembra en suelos bien drenados y el uso de variedades resistentes.



Figura 90. Síntomas de infección de la raíz ocasionados por el hongo de la pudrición negra de la raíz.

Pudrición radical y del hipocótilo por *Aphanomyces*

Aphanomyces root-and-hypocotyl rot

Agente causal

Aphanomyces euteiches f. sp. *phaseoli* y *A. euteiches* f. sp. *pisi*

Esta enfermedad sólo ha sido reportada en los Estados Unidos. El patógeno tiene dos formas: *A. euteiches* f. sp. *phaseoli*, que sólo infecta el frijol *Phaseolus vulgaris*, y *A. euteiches* f. sp. *pisi*, que infecta tanto el frijol como la arveja (*Pisum sativum*). Estos patógenos generalmente ocurren en suelos arenosos e irrigados y pueden infectar tanto las plántulas como las plantas adultas, para lo cual requieren alta humedad del suelo y temperaturas entre 24 y 28 °C. Los síntomas iniciales se observan en la raíz y en el hipocótilo como lesiones húmedas, un poco alargadas en forma de vetas de color marrón claro. Las lesiones se juntan, se tornan necróticas y pueden extenderse en el hipocótilo observándose por encima de la línea del suelo como lesiones necróticas cóncavas. Estas lesiones se expanden rápidamente llegando al tejido cortical y resultando en decoloración y pudrición de los tejidos del hipocótilo y de la raíz (Figura 91).

Las raíces muy afectadas se pudren y se tornan de color marrón oscuro (Figura 92).

Los suelos bien drenados disminuyen la severidad de la enfermedad, así como la siembra del frijol en camellones altos. El patógeno sobrevive en el suelo, y asociado con los residuos de cosecha infectados; por eso la rotación de cultivos es también importante para reducir la severidad de esta enfermedad. Algunas líneas de frijol son altamente resistentes a estos patógenos y deben ser usadas como progenitores para obtener frijol resistente a estos patógenos.



Figura 91. Decoloración y pudrición de los tejidos de la raíz y del hipocótilo del frijol causados por *Aphanomyces euteiches*.



Figura 92. Pudrición severa de la raíz y del hipocótilo causados por *Aphanomyces euteiches*.

Enfermedades causadas por nematodos

Nematodos de los nudos radicales

Root-knot nematodes

Galhas das raízes

Agente causal

Meloidogyne incognita, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*

Los nematodos de los nudos radicales están ampliamente distribuidos mundialmente y tienen un extenso rango de hospederos que incluye cultivos y malezas. También forman parte del complejo de las pudriciones radicales y marchitamientos vasculares, al predisponer al frijol y a otros cultivos a los hongos del suelo que causan estas enfermedades. Los nematodos del nudo generalmente ocurren en suelos de textura liviana o ligera, arenosos y con buen drenaje.

Los síntomas que causan los nematodos del nudo al alimentarse del sistema radicular se manifiestan en las partes aéreas. Las plantas se ven raquíticas, con follaje clorótico y con quemazón en los bordes de las hojas, las que terminan por marchitarse, sobre todo durante los períodos de poca humedad. Sin embargo, los síntomas típicos producidos por las especies de *Meloidogyne* se observan en las raíces primarias y secundarias como agallas de forma y tamaño irregular entre 1 y 12 mm o más de diámetro (Figura 93).

El tamaño de las agallas o nudos depende de la especie de nematodo y de la parte de la raíz afectada. Las raíces afectadas sufren deformación, acortamiento y engrosamiento de las raíces, así como reducción del volumen y número de raíces laterales. Las agallas interfieren con la capacidad de la planta de absorber agua y minerales, lo que resulta en marchitamiento, defoliación prematura, reducción del rendimiento y, muchas veces, en la muerte de la planta. Las agallas producidas por los nematodos de los nudos radicales



Figura 93. Agallas en las raíces que se forman en respuesta a la infección por *Meloidogyne* sp.

no deben ser confundidas con los nódulos de *Rhizobium*, los cuales se encuentran localizados en la parte exterior de las raíces, unidos a ésta en un solo lado, por lo que se pueden desprender fácilmente. Las agallas de los nematodos del nudo no se separan fácilmente.

Tanto *M. incognita* como *M. arenaria* tienen razas. Se han identificado variedades y germoplasma de frijol resistentes a las diferentes especies y razas de los nematodos del nudo. Otras medidas de manejo incluyen las rotaciones que duran dos o tres ciclos, sobre todo con cereales. A veces es necesario dejar el campo libre de cultivos por varios ciclos para reducir drásticamente el número de nematodos en el suelo. También se sabe que la siembra de algunos cultivos como la flor de muerto (*Tagetes minuta*) y la crotalaria (*Crotalaria spectabilis*) reduce las poblaciones de estos nematodos.

Nematodos de las lesiones radicales

Lesion nematodes

Agente causal

Pratylenchus penetrans, *P. brachyurus* y *P. scribneri*

Estos nematodos, aunque tienen distribución mundial, son más comunes en las regiones templadas. Como los nematodos de los nudos radicales, tienen un amplio rango de hospederos y también son parte del complejo de las pudriciones radicales. Su presencia muchas veces exacerba la severidad de otros patógenos como la pudrición radical causada por *Fusarium*.

Las raíces de frijol infestado con nematodos de las lesiones radicales generalmente sufren reducción en tamaño y típicamente muestran pequeñas lesiones, alargadas, de color marrón oscuro que son más comunes en las raíces secundarias (Figura 94). Las lesiones individuales muchas veces se juntan produciendo lesiones necróticas grandes que pueden resultar en la muerte de la raíz secundaria.

La rotación del frijol con otros cultivos como estrategia para manejar esta enfermedad tiene limitaciones por el amplio rango de hospederos de estos nematodos; sin embargo, la flor de muerto (*Tagetes minuta*) y la avena (*Avena sativa*) reducen las poblaciones de éstos. El mismo efecto tiene la incorporación de materia orgánica al suelo, que resulta en un incremento de los parásitos y depredadores de estos nematodos.



Figura 94. Daño en las raíces causado por *Pratylenchus scribneri*.

Patología de la Semilla y Producción de Semilla Limpia

Un gran número de hongos, bacterias y virus pueden ser transmitidos interna o externamente en la semilla de *Phaseolus vulgaris* usada por el agricultor para su producción (Figura 95). En general, mucha de la semilla de frijol que usa el pequeño agricultor latinoamericano no es de buena calidad y muchas veces transporta agentes fitopatógenos que inciden sobre su germinación. Muchos de estos patógenos pueden sobrevivir internamente en la semilla por largos períodos y después atacar las plántulas germinadas (Figura 96). También pueden sobrevivir como epífitos en la planta en desarrollo, hasta que las condiciones ambientales favorezcan su establecimiento como patógenos.

La semilla del frijol es un medio muy eficiente de diseminación de organismos fitopatógenos de una localidad a otra. Muchos son los agentes causantes de enfermedades del frijol que pueden ser transportados internamente en la semilla, y gran parte de ellos se encuentran dentro de la testa.

Además de los muchos organismos fitopatógenos transmitidos en la semilla, existe un grupo de hongos que puede producir pérdidas considerables en las semillas en almacenamiento.

La mayoría de estos hongos contaminantes afectan el embrión, causan su muerte y, por consiguiente, reducen el porcentaje de germinación de la semilla. Se han reportado alrededor de 150 especies de hongos que afectan, además de la germinación, la calidad industrial y las propiedades alimenticias del frijol almacenado. Algunos géneros de hongos asociados con problemas de almacenamiento como *Aspergillus* y *Penicillium* son conocidos por su capacidad de producir toxinas. La temperatura del almacenamiento, la humedad

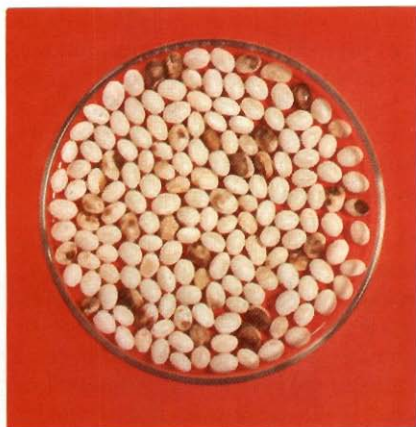


Figura 95. Muestra de semillas severamente contaminadas por organismos portados por la semilla.



Figura 96. Muestra de semillas contaminadas, desinfectadas e incubadas en agar con papa y dextrosa.

ambiental, el contenido de humedad del grano, el estado de la semilla y la duración del período de almacenamiento son algunos de los factores que influyen en la invasión de hongos en granos almacenados. Para combatir esto se recomiendan temperaturas de almacenamiento bajas, alrededor de 10 °C, y una buena aireación. Se debe evitar el almacenamiento de semillas frescas con altos contenidos de humedad.

Varias medidas son efectivas en la producción de semilla limpia. Para empezar se debe sembrar semilla limpia, libre de patógenos, y semilla tratada con fungicidas e insecticidas. El tratamiento de la semilla con fungicidas protectores incide sobre los hongos que están en la testa pero no es efectivo contra los hongos que se encuentran en los cotiledones. Los fungicidas sistémicos pueden penetrar tanto la testa como los cotiledones y brindar un mejor grado de protección. Aplicaciones foliares con fungicidas durante la formación y la madurez de las vainas reducen también la incidencia de patógenos fúngicos, tanto en las vainas como en las semillas. No es posible controlar con efectividad la transmisión de bacterias dentro de las semillas de frijol. Muchos de los métodos y compuestos químicos usados han dado resultados erráticos. La contaminación externa de la semilla con bacterias se puede reducir aplicando a la semilla antibióticos como la estreptomicina. Igualmente, una vez que un virus se ha establecido en la semilla, no hay métodos efectivos o prácticos de eliminarlo.

Otro método usado para obtener semilla limpia es la producción de semilla en un área donde las condiciones ambientales y las prácticas culturales no permiten la supervivencia, infección y diseminación de organismos fitopatogénicos. La región debe ser relativamente seca, con pluviosidad anual menor de los 300 mm, una humedad relativa menor del 60%, temperaturas entre 25 y 35°C, y donde el riego se haga por gravedad. De preferencia, la producción de semilla limpia debe hacerse en áreas donde no se cultiva frijol u otras leguminosas relacionadas. Un método eficiente de producción de semilla libre de un patógeno específico consiste en usar una variedad que sea inmune o

resistente a dicho patógeno; sin embargo, aun así es posible aislar patógenos de semillas provenientes de variedades resistentes y sin síntomas externos de la enfermedad.

Se puede reducir la incidencia de los patógenos transmitidos internamente en la semilla si se siguen las siguientes recomendaciones:

- 1) Cosechar la semilla a tiempo o en una etapa más temprana para reducir el período durante el cual hay mayor exposición a agentes patógenos y contaminantes secundarios (Figuras 97, 98 y 99).
- 2) Cosechar sólo las vainas que no hayan estado en contacto con el suelo o las que se hayan desarrollado en plantas que no fueron infectadas por organismos patogénicos durante su etapa de crecimiento.
- 3) Seleccionar la semilla visualmente y eliminar todos los granos dañados o decolorados.



Figura 97. Muestra de semillas cosechadas tan pronto maduraron, desinfectadas e incubadas en agar con papa y dextrosa.



Figura 98. Muestra de semillas cosechadas 2 semanas después de la maduración, desinfectadas e incubadas en agar con papa y dextrosa.

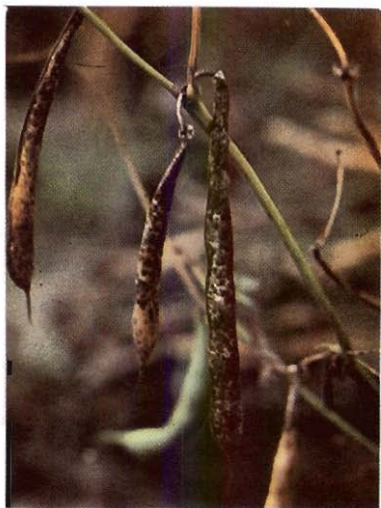


Figura 99. Cosecha tardía; mayor exposición a agentes patógenos.

Insectos y otros Invertebrados Dañinos

César Cardona*

Se han reportado más de 150 especies de insectos y otros invertebrados dañinos al frijol en América Latina. Sin embargo, sólo un reducido número de estas especies tiene importancia económica por su prevalencia, la naturaleza del daño o sus efectos en la producción. Las especies más importantes económicamente pueden atacar la planta en cualquiera de sus estados de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha y después de ésta (Figura 100). Sus daños se manifiestan en pérdidas en población de plantas, defoliación y daños a raíces, tallos, flores, botones y vainas. Hay también insectos que atacan los granos almacenados.

En general, el corto período vegetativo del frijol dificulta algunas de las prácticas de manejo integrado de plagas; sin embargo, la corta exposición del cultivo al ataque de ciertos insectos permite que la planta escape antes de que las poblaciones alcancen niveles económicos.

Por otra parte, la práctica común de sembrar el frijol en asociación con otros cultivos y en diversos ambientes contribuye a mantener el equilibrio entre las plagas y sus agentes de control natural.

En contraposición, hay factores que pueden favorecer la presencia y el aumento de las poblaciones de insectos. Entre ellos se pueden citar el uso indiscriminado de insecticidas, las siembras a destiempo o escalonadas, y ciertas prácticas culturales que estimulan ataques fuertes. En años recientes, el uso abusivo e indiscriminado de insecticidas ha agravado el problema de plagas en ciertas regiones como consecuencia

* Entomólogo, Programa de Frijol, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

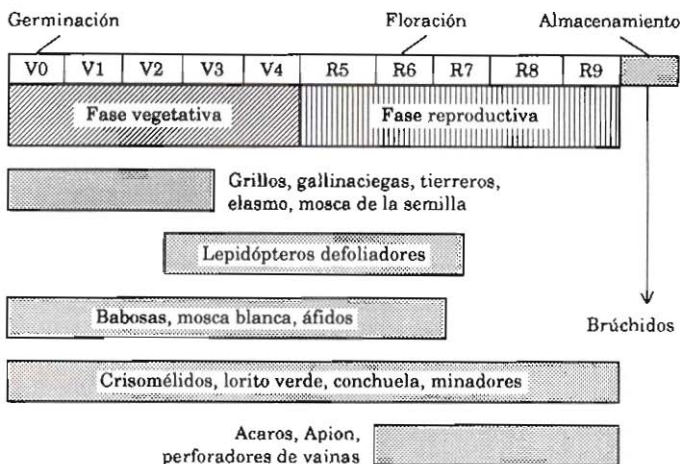


Figura 100. Épocas de aparición y mayor actividad de las principales plagas de frijol en América Latina.

de la destrucción de la fauna benéfica, la resurgencia de insectos, la elevación de insectos secundarios a la categoría de insectos de primera importancia económica, el estímulo para que las plagas desarrollen resistencia, la aparición de residuos tóxicos en la cosecha y problemas generales de contaminación ambiental.

Algunos insectos, ácaros y otros invertebrados se encuentran ampliamente distribuidos en América Latina. Otros, tales como la conchuela, la mosca blanca, las babosas y el picudo de la vaina, ocurren en áreas restringidas y tienen por consiguiente importancia regional. Las páginas siguientes presentan información básica sobre las plagas más importantes. En general se ha tratado de hacer recomendaciones de control que no contemplen el uso excesivo de insecticidas. Para el uso racional de insecticidas es importante tener en cuenta que su uso debe estar precedido de una estimación de la población presente y del estado fenológico en que se encuentra el cultivo.

Las aplicaciones deben hacerse cuando las poblaciones de insectos lleguen al nivel denominado umbral económico o umbral de acción. Esta es la población a la cual se debe tomar la acción de control antes de que la población empiece a causar daños económicos. El Cuadro 1 resume los umbrales económicos o de acción para algunas de las más importantes plagas del frijol en América Latina.

Cuadro 1. Umbrales económicos o de acción* para algunas plagas importantes del frijol en América Latina.

Plaga	Umbral económico
<i>Acrosternum</i>	2 ninfas de último instar/m ²
Bahosa	1 babosa/m ² ó 1 babosa/trampa
Crisomélidos	2-4 adultos/planta
<i>Empoasca</i>	2-3 ninfas/hoja, 2 adultos/planta (plántula)
Enrollador	26 larvas de 4° instar ó 4-5 larvas de 5° instar/planta
<i>Heliothis</i>	8 larvas/m ²
Minador	1-2 larvas/hoja
Pega-pegas	33% de defoliación
Tierreros	10% de plantas trozadas

a. Ver explicación en el texto.

Insectos que atacan las plántulas

Grillos, grillotopos, hormigas, gallinaciegas, chizas, mayates o mojojotes

Crickets, mole crickets, ants, whitegrubs

Grilhões

Gryllus spp.

Varias especies de insectos pueden atacar el cultivo de frijol durante la germinación de las plantas o inmediatamente después. Estos insectos son plagas de aparición errática, difíciles de predecir que, bajo ciertas condiciones, pueden causar daños muy severos en zonas restringidas.

Los grillos cortan las hojas primarias o los puntos de crecimiento de las plántulas (Figura 101). Los grillotopos se alimentan de las partes subterráneas de la planta, pero en general no tienen mucha importancia económica. Las gallinaciegas, mayates o chizas (Figura 102) se alimentan de las raíces y pueden causar el retardo de las plantas o su muerte. Algunas especies de hormigas pueden destruir la semilla en germinación.

El enmalezamiento previo de los lotes y condiciones de alta humedad pueden favorecer la presencia de algunos de estos insectos.

En el caso de las gallinaciegas o mayates, se sabe que lotes con suelos con alto contenido de materia orgánica pueden ser más afectados. Como los ataques de estas plagas son imprevisibles, el control químico preventivo se justifica solamente en casos excepcionales, en lotes muy enmalezados con tradición de problemas de esta clase. Para las gallinaciegas, se recomienda la aplicación de insecticidas granulares al suelo antes de la siembra o la incorporación de clorpirifos en polvo. Los grillos se pueden controlar mediante el uso de cebos tóxicos preparados a base de aserrín o afrecho de arroz mezclados con miel de purga e insecticidas tales como carbaril o triclofón.



Figura 101. Daño ocasionado por grillos.



Figura 102. Larvas de chiza o mayate.

Trozadores, cortadores, lagarta militar, nocheros, tierreros, rosquillas

Cutworms

Lagarta rosca

Agrotis ipsilon (Hufnagel), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *S. eridania* (Cramer) y *Spodoptera* spp.

Las larvas de trozadores o tierreros son de color café o gris en diferentes tonalidades. Se pueden encontrar escarbando al lado de la base de la planta a unos pocos centímetros de profundidad. Son insectos nocturnos. Las larvas se alimentan del hipocótilo o del tallo de las plantas, y al hacerlo separan la raíz del tallo, por lo cual causan el marchitamiento y la muerte de la plántula (Figura 103). En plantas de mayor edad, las larvas roen los tallos y dan lugar a la aparición de estrangulamientos característicos. Generalmente estos daños causan la marchitez de las plantas.

Los ataques de tierreros o trozadores ocurren con frecuencia en focos definidos. En estos casos se puede limitar el uso de cebos tóxicos a base de carbaril o triclorfón a las áreas afectadas. Si el ataque está generalizado y sobrepasa el nivel del 10% de plantas trozadas por metro lineal, y se desea ejercer un control más rápido, se puede aplicar metomil a la base de las plantas.

Como son plagas de aparición errática, el uso de controles químicos preventivos se justifica únicamente en lotes enmalezados y con antecedentes de ser muy afectados por esta clase de insectos. La buena preparación del suelo y la destrucción oportuna de malezas son prácticas que ayudan en la represión de tierreros.



Figura 103. Daño en la plántula de frijol causado por trozador.

Mosca del frijol

Bean fly

Bean stem maggot

Stem fly

Ophiomyia phaseoli (Tryon), *O. spencerella* (Greatehead) y *O. centrosematis* (de Meijere)

La mosca del frijol es, sin lugar a dudas, la plaga más importante del cultivo en África, Asia y Oceanía, aunque no ha sido registrada en ninguna parte del continente americano. El nombre común de mosca del frijol se usa para designar un complejo de especies que pueden atacar simultáneamente el cultivo y que son difíciles de distinguir a simple vista.

La mosca del frijol es una plaga de plántulas que aparece en las primeras etapas del cultivo. Los adultos (Figura 104) son pequeñas moscas de color negro brillante que colocan sus huevos en las hojas cotiledonales (algunas especies) o en los tallos de las plántulas (otras especies). Antes de ovipositar, los adultos hacen pequeñas perforaciones en las hojas para alimentarse de la savia, pero este daño no tiene importancia económica. El verdadero daño es hecho por las larvas, las cuales barrenan los tallos hacia abajo hasta alcanzar la zona de raíces. Los pequeños gusanos (2-3 mm) son de color blanco-crema, no tienen patas y se caracterizan por sus fuertes partes bucales. Las pupas son de color café o negro, dependiendo de la especie, y se encuentran en el interior de los tallos.

El daño causado por las larvas (Figuras 105 y 106) puede ser muy importante, llegando a causar la muerte de la planta o un retraso considerable en su desarrollo. Las pérdidas son mayores cuando hay sequía o cuando el frijol ha sido sembrado en suelos muy pobres o sembrado muy tarde.

Para reducir el daño por la mosca del frijol se recomienda hacer siembras tempranas, rotar el frijol con otros cultivos, aporcar las plantas afectadas para que produzcan raíces adventicias y, en lo posible, abonar. Este insecto puede ser controlado por medio de tratamiento de la semilla de siembra



Figura 110.

Larvas y daño de mosca de la semilla en una plántula en germinación.



Figura 111.

Plántulas de frijol afectadas por mosca de la semilla.

Insectos comedores del follaje

Gusano peludo

Saltmarsh caterpillar

Estigmene acrea (Drury)

Pega-pegá

Webworm

Omiodes indicata (F.)

Falso medidor

Cabbage looper

Trichoplusia ni (Hubner)

Gusano fósforo o cabezón

Bean leafroller

Urbanus proteus (L.)

Varias especies de lepidópteros atacan el follaje de frijol a diferentes edades del cultivo. En general, aunque causan diferentes grados de defoliación, se estima que sólo en ocasiones sus daños alcanzan a tener importancia económica. Se estima que las pérdidas son importantes cuando se pierde más del 30% del área foliar, principalmente en plantas muy jóvenes o en plantas en plena floración. Los ataques en la etapa de llenado y maduración de vainas no revisten importancia económica.

El gusano peludo es gregario en las primeras etapas de su desarrollo larval (Figura 112). Posteriormente las larvas son solitarias y de diversos colores, y se caracterizan por tener el cuerpo cubierto de setas o pelos (Figura 113).

El pega-pegá es una larva de color verde y algo translúcida (Figura 114) que se alimenta del parénquima de las hojas. Se

con algunos insecticidas, pero, dadas las circunstancias socioeconómicas en que se siembra el frijol en algunas partes de Africa y Asia, esta recomendación puede tener riesgos.



Figura 104. Los adultos de la mosca del frijol.



Figura 105. Plántulas de frijol marchitándose y secándose después de ser atacadas por la mosca del frijol.



Figura 106. Daño de la mosca del frijol en el tallo y el hipocótilo.

Coralillo, barrenador del tallo, elasmó

Lesser corn stalk borer

Lagarta elasmó

Elasmopalpus lignosellus (Zeller)

El coralillo o barrenador menor del tallo del maíz es un insecto que ataca varios cultivos, tales como la caña de azúcar, el tabaco, el algodón y el maíz. En frijol se ha reportado como problema especialmente en Brasil y Perú.

Los adultos colocan los huevos en las hojas o en los tallos de las plantas o directamente en el suelo. La larva es de color gris (Figura 107). Penetra en el tallo justo debajo de la superficie del suelo, barrena hacia arriba dentro de la planta y puede causar su muerte. Las plantas afectadas se reconocen por su apariencia flácida y de marchitez (Figura 108). Antes de empupar, la larva forma una cámara pupal que puede aparecer pegada al tallo (Figura 109).

El control de este insecto es difícil. Se recomienda la aplicación de insecticidas granulares como carbofurán antes de la siembra para prevenir los daños. El mejor control se logra cuando los campos se mantienen libres de cultivo por períodos prolongados; también por medio de riegos abundantes.

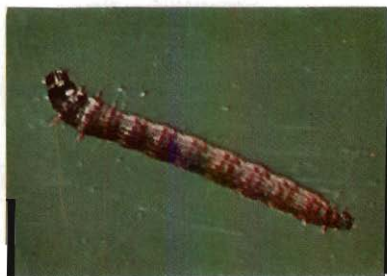


Figura 107. Larva de coralillo o barrenador del tallo.



Figura 108. Daño causado por coralillo en una plántula de frijol.



Figura 109. Cámara pupal de coralillo o barrenador del tallo pegada a una plántula de frijol.

Mosca de la semilla, mosca de la raíz, gusano de la semilla

Seedcorn maggot

Delia platura (Meigen)

La mosca de la semilla tiene importancia como plaga de plántulas de frijol en Chile y México. Las larvas son blancas y sin patas (ápodas) y atacan las semillas en germinación en el punto de crecimiento (Figura 110). Esto detiene el proceso de germinación o deforma y atrasa considerablemente el crecimiento de las plántulas que sobreviven (Figura 111). Las larvas pueden también barrenar los tallos. Los ataques pueden ser devastadores, reduciendo hasta en 90% la población de plantas. La alta humedad y la presencia de residuos vegetales con alto contenido de materia orgánica favorecen la presencia de adultos, los cuales ovipositan en los residuos, cerca de la planta de frijol o en el suelo.

El mejor control de la mosca de la semilla se logra mediante el tratamiento de la semilla con insecticidas tales como clorpirifos o diazinón o mediante la aplicación al suelo de los insecticidas granulares carbofurán y diazinón. También se recomienda la siembra un poco tardía, después del invierno.



Figura 112. Larvas jóvenes de gusano peludo viviendo gregariamente.



Figura 113. Larva madura del gusano peludo.



Figura 114. Larva madura de pega-pega.

caracteriza por el hábito de doblar las hojas, pegarlas o entrelazarlas, y habitar en el interior de las cámaras que forma cuando pega el follaje. Esto lo protege de las aplicaciones de insecticidas.

El falso medidor es una larva verde que posee una línea blanca o crema a cada lado del cuerpo; se caracteriza por caminar doblando el cuerpo (Figura 115). Aunque prefiere alimentarse de follaje, puede atacar las vainas cuando las infestaciones son altas. En este caso puede reducir drásticamente los rendimientos.

El gusano fósforo o cabezón se distingue fácilmente por su cabeza prominente y grande, de color café rojizo (Figura 116).

Característicamente, las larvas doblan los bordes de las hojas y allí se alimentan (Figura 117).

Las larvas consumen muy poco follaje y esto hace que el gusano cabezón tenga poca importancia económica.

El control natural de estos lepidópteros es en general eficiente. Los huevos son atacados por microhimenópteros parásitos, especialmente *Trichogramma* sp. Las larvas son parasitadas por varias especies de moscas y avispa. Si no se afecta el equilibrio, los enemigos naturales mantienen las poblaciones de todos estos lepidópteros por debajo de los niveles de daño económico, por lo cual no es conveniente recurrir a aplicaciones de insecticidas de amplio espectro. Se debe usar en cambio la bacteria patogénica *Bacillus thuringiensis* en cualquiera de sus formulaciones comerciales. Sólo en casos excepcionales se pueden usar productos como acefato, metamidofos o monocrotofos.



Figura 115. Larva madura del falso medidor.



Figura 116. Larva madura del gusano cabezón.



Figura 117. Hoja de frijol doblada en el borde por una larva joven del gusano cabezón.

Crisomélidos, cucarroncitos de las hojas, doradillas, tortuguillas, vaquitas, diabroticas

Chrysomelids

Vaquinhas

Cerotoma facialis (Erickson), *C. ruficornis* (Olivier), *Cerotoma* spp., *Diabrotica balteata* (Le Conte), *D. adelpha* Harold y *Diabrotica* spp.

Diabrotica y *Cerotoma* son los dos géneros más importantes de crisomélidos como plagas del frijol en América Latina. De menor importancia son los géneros *Colaspis*, *Neobrotica*, *Systema*, *Maecolaspis* y *Gynandrobrotica*, entre otros. Las especies más importantes por su ocurrencia en amplias regiones son *Diabrotica balteata* y *Cerotoma facialis*.

Los adultos son unos cucarroncitos de diversos colores (Figuras 118 y 119) que miden aproximadamente 1 cm de longitud. Los adultos consumen el follaje del frijol (Figura 120) y pueden atacar el cultivo desde la germinación hasta la madurez. Cuando las poblaciones son altas, pueden alimentarse de flores y vainas. Son insectos que atacan varias otras plantas cultivadas y muchas especies de malezas.

Los adultos también pueden afectar el frijol actuando como vectores del virus del mosaico rugoso.

El daño por adultos es económicamente importante cuando la infestación llega al nivel de dos a cuatro adultos por planta en la primera semana de edad del cultivo o en floración. En otras circunstancias, las plantas se recuperan o toleran el daño.

Las larvas de crisomélidos son habitantes del suelo donde se alimentan de raíces, de hipocótilos y de nódulos. El daño a los nódulos no parece ser muy importante. Si el ataque de la larva ocurre durante el proceso de germinación, las hojas cotiledonales son dañadas y al abrir muestran perforaciones parecidas a las causadas por adultos. Las plantas afectadas pueden atrasarse. Inclusive, si el daño ocurre muy



Figura 118. Adulto de *Cerotoma facialis*.



Figura 119. Adulto de *Diabrotica balteata*.

temprano, las plántulas pueden morir. El daño a las raíces puede ocasionar amarillamiento de las hojas basales y atraso del cultivo. En ocasiones, estos daños han sido mal interpretados como debidos a mala calidad de la semilla.

Cuando las poblaciones lleguen a niveles económicos que justifiquen su control, los adultos se pueden controlar con carbaril o diazinón. Los daños por larvas se pueden prevenir aplicando carbofurán granulado, en bandas, al momento de la siembra. Esta medida se justifica solamente en áreas donde la ocurrencia de crisomélidos es muy alta.



Figura 120 Daño severo causado por adultos de crisomélidos.

Conchuela

Mexican bean beetle

Epilachna varivestis (Mulsant)

La conchuela es esencialmente una plaga de la soya que puede causar serios daños al frijol en el altiplano de México. Se ha encontrado en El Salvador, Guatemala y Honduras, pero es una plaga menor en estos países. Los adultos miden unos 5 mm de longitud y son de color cobre, con 16 manchas negras en la parte superior de los élitros (Figura 121). Consumen el follaje de las hojas. Las larvas son amarillas y están cubiertas con espinas ramificadas (Figura 122). Las



Figura 121. Adulto de la conchuela.



Figura 122. Larva madura de la conchuela.

larvas consumen el follaje de la hoja por el envés; mastican y comprimen el tejido foliar para alimentarse de los jugos. Cuando las infestaciones son muy altas, la conchuela puede atacar tallos y vainas. Los huevos son amarillo-anaranjados y se encuentran en el envés de las hojas. Las larvas empupan en el follaje.

La completa destrucción de residuos de cosecha y la adecuada preparación del suelo son prácticas recomendadas para el control de la conchuela. Se recomienda también el uso de variedades resistentes sembradas en bajas densidades y la liberación masiva del parásito de larvas *Pediobius foveolatus*. El control químico con carbaril y malatión es efectivo.

Se han recomendado también granulares sistémicos aplicados al suelo al momento de la siembra. Más recientemente, se ha reportado la efectividad del inhibidor de quitina diflubenzurón, el cual aparentemente no afecta los parásitos larvales.

Minadores

Leafminers

Liriomyza sativae Blanchard, *L. huidobrensis* (Blanchard) y *L. trifolii* (Burgess)

En general, los minadores de hojas son plagas secundarias del cultivo en la mayoría de los países latinoamericanos. Sin embargo, como resultado del excesivo uso de insecticidas en algunas regiones de Venezuela, Colombia, Perú y Ecuador, los minadores, en especial *Liriomyza huidobrensis*, se han convertido en un serio problema.

El daño de minadores es fácil de reconocer (Figuras 123 y 124). Las larvas se alimentan de la lámina foliar en la cual hacen túneles o galerías. Cuando no se abusa de insecticidas, los minadores presentan un buen control natural por parásitos microhimenópteros y el daño se limita a las hojas inferiores. Cuando este equilibrio natural se rompe, el insecto puede atacar toda la planta y causar defoliación severa y pérdidas de rendimiento.

El control químico de minadores puede ser muy difícil porque estos insectos desarrollan resistencia a insecticidas con mucha facilidad. Actualmente se recomiendan los productos conocidos como avermectinas, así como los insecticidas ometoato, permetrina y cipermetrina.



Figura 123. Daño causado por *Liriomyza sativae*.



Figura 124 Daño causado por *Liriomyza huidobrensis*.

Babosas, lesmas

Slugs

Vaginulus plebeius Fisher y *Deroceras agreste* L.

Las babosas no son insectos. Son moluscos de cuerpo suave y húmedo que pueden medir hasta 8-10 cm (Figura 125). Pueden causar seria defoliación al cultivo, principalmente en las primeras etapas del cultivo (Figura 126). Son particularmente dañinas en zonas de Honduras y El Salvador.



Figura 125. Babosa adulta.



Figura 126. Daño causado por babosa.

Las babosas son hermafroditas y depositan masas de huevos en ambientes húmedos, en lugares cubiertos y debajo de residuos de plantas o malezas. Tanto las babosas jóvenes como las adultas se alimentan del follaje durante la noche y se esconden o refugian durante el día debajo de residuos de plantas y malezas.

El control de babosas no es fácil. Involucra la adopción de medidas de manejo que comprenden la buena preparación del suelo, la completa destrucción de malezas y residuos de cosecha en el campo y su alrededor, la utilización de trampas, la matanza nocturna de individuos y la aplicación de cebos tóxicos a base de metaldehído.

Insectos chupadores

Afidos

Aphids

Pulgão do feijoeiro

Aphis gossypii Glover, *A. medicaginis* Koch, *Aphis* spp., *Myzus persicae* (Sulzer) y *Macrosiphum* spp.

Los áfidos son insectos chupadores pequeños, de 2 mm de longitud, y de diversos colores. En el trópico, estos insectos se reproducen partenogenéticamente, es decir, las hembras pueden producir descendencia sin necesidad de aparearse con el macho. Los áfidos viven en colonias, en el envés de las hojas, sobre las flores, sobre las vainas y en los pecíolos de las hojas. Las formas sin alas son, en general, más abundantes que las formas aladas (Figura 127). Estas aparecen cuando la población aumenta a un nivel superior al que pueden soportar las plantas.

El daño físico causado por áfidos no es importante en el frijol. Su capacidad para transmitir los virus del mosaico común y del mosaico amarillo los convierte en plagas de primera importancia. Cuando se usan variedades resistentes a los virus mencionados, no es necesario hacer control químico de áfidos.

En casos excepcionales, en los cuales se justifique control, se podría usar dimetoato, pirimicarb, malatión o demetón.



Figura 127. Aídeos alados.

Lorito verde, chicharrita, saltahojas, cigarra

Leafhopper

Cigarrinha verde

Empoasca kraemeri Ross & Moore

El lorito verde es posiblemente la plaga más importante del frijol en América Latina. Se encuentra distribuido desde México hasta Argentina. En condiciones de alta temperatura y sequía, sus poblaciones aumentan considerablemente y pueden llegar a causar la pérdida total de la cosecha. Es una plaga polífaga, de gran movilidad, que puede afectar el cultivo desde la germinación hasta la madurez fisiológica.

El adulto (Figura 128) es pequeño, de 3 mm de longitud aproximadamente. Presenta manchas blancas características en la cabeza y en la parte anterior del tórax. Las ninfas (Figura 129) también son verdes y, como los adultos, chupan la savia del envés de las hojas, de los pecíolos y de las vainas. Los daños así ocasionados (Figura 130) se reflejan en síntomas característicos: deformación y enroscamiento de las hojas hacia abajo; amarillamiento de los bordes de las hojas; deformación de las vainas; achaparramiento general de la planta; y pérdidas sustanciales en la producción.

La planta de frijol es más susceptible al ataque del lorito verde en la primera semana de edad del cultivo y en plena floración.

Las medidas de control incluyen: sembrar durante las épocas húmedas, evitar siembras escalonadas, sembrar el frijol en asociación con otros cultivos, y usar variedades resistentes. Para el control químico se debe considerar que los niveles de daño económico en una variedad susceptible se han establecido en dos a tres ninfas por hoja. Se pueden usar monocrotofos, dimetoato o metamidofos aplicados foliarmente, o carbofurán granulado aplicado al suelo en el momento de la siembra.



Figura 128. Adulto de lorito verde.

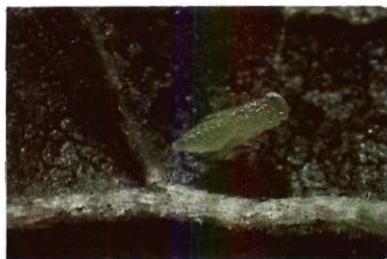


Figura 129. Ninfa de lorito verde.



Figura 130. Síntomas de daño causados por lorito verde en plantas jóvenes y desarrolladas.

Arañita roja, ácaro rajado o bimaclado, ácaros tetraniquídeos

Red spider mite, spotted spider mite

Tetranychus desertorum Banks y *T. urticae* Koch

Acaro blanco, ácaro tropical

Tropical mite

Acaro branco

Polyphagotarsonemus latus Banks

Los ácaros no son insectos pero se incluyen aquí porque afectan el frijol chupando la savia del follaje y de otros órganos de la planta.

La arañita roja y el ácaro rajado atacan el frijol hacia finales del período vegetativo y sólo en ocasiones pueden afectar los rendimientos. Las poblaciones se ven favorecidas por sequía y altas temperaturas, y por aplicaciones frecuentes de insecticidas, especialmente de fosforados. Viven en el envés de las hojas, donde forman colonias (Figura 131). Como consecuencia de su alimentación aparecen síntomas en la haz de las hojas que se distinguen como puntos blancos y áreas decoloradas en el tejido (Figura 132).

Cuando la población es muy alta, puede ocurrir necrosamiento y caída del follaje. En ataques avanzados, la hoja toma un aspecto herrumbroso y aparece cubierta por abundante telaraña.

El ácaro blanco o tropical es una plaga de diversos cultivos que tiene importancia económica en algunas zonas de Colombia y Brasil. Es muy pequeño y no se puede ver sin la ayuda de lentes de aumento. Su ciclo de vida es muy corto y sus poblaciones aumentan cuando hay condiciones de alta humedad y temperatura. Los ataques ocurren de preferencia

en las épocas de floración y formación de vainas. En zonas endémicas puede disminuir los rendimientos hasta en un 50%. Los síntomas de daño son característicos: las hojas se enrollan hacia arriba (Figura 133) y el envés de las hojas así como las vainas adquieren coloración púrpura o rojiza (Figura 134).

Por lo general no es necesario hacer control de la arañita roja ni del ácaro rajado, en especial si los cultivos han sido sembrados uniformemente y en épocas de lluvias. Si se presenta un ataque fuerte y temprano se puede usar dicofol, azufre o tetradifón. El mejor control del ácaro blanco se logra con azufre o endosulfán.

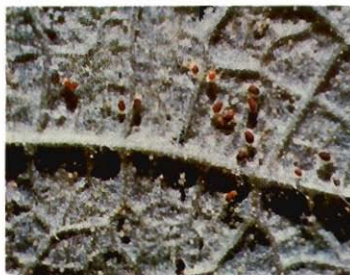


Figura 131. Arañitas rojas formando colonias en el envés de una hoja.



Figura 132. Síntomas de daño causado por la arañita roja.



Figura 133. Daño causado por ácaro blanco en hojas de frijol.



Figura 134. Daño causado por ácaro blanco en vainas de frijol

Moscas blancas

Whiteflies

Moscas brancas

Bemisia tabaci Gennadius (mosca blanca común) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (mosca blanca de los invernaderos)

Las moscas blancas son insectos chupadores que se alimentan de la savia en el envés de las hojas. Los huevos (Figura 135) son oblongos, de color verde pálido y son depositados por las hembras en el envés de las hojas. Las formas inmaduras se establecen en las hojas, son inmóviles y se denominan ninfas y pupas (Figura 136). Ocurren en colonias que pueden ser muy numerosas. Los adultos son blancos y muy pequeños (Figura 137), de 2 a 3 mm de longitud.

Hay diferencias importantes en la naturaleza del daño y la importancia económica de las dos principales moscas blancas que ocurren en frijol. Así, *Bemisia tabaci* no causa daño físico o mecánico al frijol, pero tiene gran importancia como vector de los virus del mosaico dorado y del mosaico clorótico en muchos países de América Latina.

En cambio, *Trialeurodes vaporariorum* (Figura 138) no transmite virus pero puede causar serias reducciones en rendimiento, como consecuencia de su daño mecánico.

También afecta la calidad del frijol habichuela por la abundante producción de melaza y la consiguiente aparición del hongo denominado fumagina.

El control de las moscas blancas puede ser bien difícil. El uso de variedades resistentes a los virus es la mejor alternativa de control en áreas endémicas para la mosca blanca común. El control químico de ambas especies es relativamente bueno con productos como monocrotofos, metamidofos y acefato aplicados foliarmente, y con el insecticida granular carbofuran, aplicado al suelo al momento de la siembra.

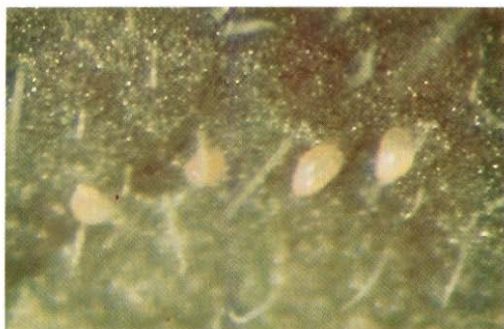


Figura 135. Huevos de la mosca blanca.



Figura 136. Pupa de la mosca blanca común.



Figura 137. Pupa de la mosca blanca de los invernaderos.



Figura 138. Adultos de mosca blanca.

Chinches hediondas

Stink bugs

Percevejos

Acrosternum marginatum (Palisot de Beauvois), *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (Westwood), *Euschistus bifibulus* (Palisot de Beauvois), *Edessa rufomarginata* De Geer y *Thyanta perditor* (F.)

En diferentes zonas de América Latina ocurren varias especies de chinches hediondas que, en general, no son plagas importantes del frijol. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, las chinches pueden causar daños severos al alimentarse chupando la savia de las vainas en formación. Como consecuencia, los granos en formación se deforman o se retardan en su crecimiento; las punciones de alimentación permiten también el ingreso de patógenos que afectan la calidad de la semilla o que pueden destruir por completo la vaina. Los adultos presentan una forma de escudo (Figura 139) y pueden ser de muy diversos colores dependiendo de la especie.

Rara vez se requiere control químico de las chinches hediondas. Los productos fentión, monocrotofos, fosfamidón, formotión y carbaril han sido reportados como efectivos.



Figura 139. En el centro, un adulto de una chinche hedionda; en la parte superior, estado inmaduro.

Insectos que atacan las vainas

Picudo de la vaina, picudo del ejote, picudo, apion

Bean pod weevil

Apion godmani Wagner

El picudo de la vaina es una plaga importante en México, Honduras, Guatemala, El Salvador y partes de Nicaragua. Ocurre de preferencia en épocas lluviosas y empieza sus ataques desde la floración y formación inicial de vainas.

El adulto (Figura 140) es un cucarroncito negro muy pequeño, de 3 mm de longitud, que tiene élitros estriados y un pico característico. Se alimenta de las flores y de vainas tiernas, pero este daño no tiene importancia económica. La hembra abre un pequeño orificio en la vaina verde y allí coloca un huevo cerca de la semilla en formación; esto da lugar a la aparición de tumefacciones características en la pared de las vainas (Figura 141) que no son siempre visibles. Al eclosionar el huevo, la pequeña larva atraviesa la pared de la vaina y penetra en la semilla en formación; allí se desarrolla y llega a destruirla por completo (Figura 142). Las pupas se forman en el interior de la vaina y los adultos emergen poco tiempo después de que la vaina haya madurado. Normalmente ocurre una larva por semilla. Las larvas son blancas y en forma de coma con una cabeza muy prominente.

Es importante anotar que en los altiplanos de Guatemala y México se encuentra otra especie de picudo, el *Apion aurichalceum*. Este es de menor importancia económica y se caracteriza por atacar únicamente la parte distal de las vainas (Figura 143).

El mejor control de picudo se logra con la siembra a tiempo de variedades resistentes. Cuando se siembran variedades susceptibles, se recomienda la aplicación de paratión, monocrotofos o carbaril a la iniciación de la floración y 7 días después.



Figura 140. Adulto del picudo de la vaina.



Figura 141. Lesiones hiperplásticas o tumefacciones causadas por adultos del picudo de la vaina.



Figura 142. Daño causado por larvas del picudo de la vaina, *Apion godmani*.

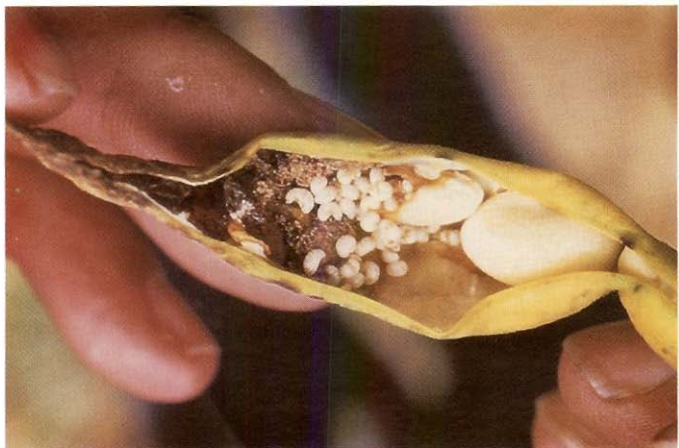


Figura 143. Síntomas del daño causado por *Apion aurichalceum*.

Polilla del frijol, barrenador de los brotes, barrenador de la vaina, epinotia

Epinotia pod borer

Epínotia

Epinotia aporema (Walsingham)

Este insecto es una plaga de importancia económica en Chile, Perú, Brasil y partes de Colombia. Las larvas jóvenes son verdes; las maduras son de color rosado. Inicialmente, las larvas se alimentan de hojas tiernas; posteriormente se alimentan de las yemas terminales, lo cual causa que las hojas se desarrollen deformadas (Figura 144). Después, las larvas bajan para atacar las axilas de las hojas jóvenes y esto ocasiona la muerte de estas hojas. Las larvas pueden también perforar y barrenar los tallos y atacar las vainas tiernas, generalmente ocasionando la pudrición de éstas. Es común la presencia de masas de excremento negro que la larva empuja fuera de los túneles que hace al alimentarse.

Las medidas de control incluyen siembras tempranas y el uso de ometoato, carbaril o monocrotofos aplicados tan pronto como aparecen síntomas de ataque fuerte.



Figura 144.

Deformación en hojas de frijol como consecuencia de los daños causados en yemas terminales por larvas de polilla de frijol.

Heliotis, helotero, bellotero, yojota

Tobacco budworm

Corn earworm

Lagarta da vagem

Heliothis virescens (F.) y *H. zea* (Boddie)

El heliotis, como se le conoce comúnmente, es una plaga severa pero esporádica en frijol. Las hembras colocan los huevos en las partes terminales o más tiernas de las plantas. Las larvas jóvenes se alimentan inicialmente de follaje tierno pero pronto buscan los botones, las flores y las vainas. Las larvas son de coloración muy variada, aunque predominan los tonos verde y amarillo. Se distinguen por la presencia de cuatro setas dispuestas en forma de trapecio en el dorso de cada segmento de su cuerpo.

El daño principal consiste en perforar la vaina verde (Figura 145) y alimentarse de uno o varios granos en el interior de la misma. Para pasar de un grano a otro, las larvas suelen salir de la vaina y hacer una nueva perforación. Se calcula que una larva puede perforar hasta siete vainas durante su período de desarrollo. Estos hábitos alimenticios hacen que ésta sea una plaga peligrosa que puede tener efectos devastadores cuando la infestación es alta. Normalmente las vainas perforadas se pudren (Figura 146).

La liberación del parásito de huevos *Trichogramma* se recomienda como medida de control; también el uso de la bacteria *Bacillus thuringiensis* para el control de larvas jóvenes. Cuando ocurren infestaciones altas, es necesario aplicar insecticidas. Monocrotofos, metomil y los piretroides fenvalerato y cipermetrina son efectivos.



Figura 145. Larva de heliotis alimentándose de una vaina verde.



Figura 146. Daño severo ocasionado por heliotis.

Maruca, gusano perforador de la vaina

Legume pod borer

Maruca

Maruca testulalis (Geyer)

El perforador de vainas de las leguminosas, conocido comúnmente como maruca, es una seria plaga de diversos cultivos leguminosos en África y Asia, pero no es, en general, tan serio en América Latina.

Las hembras ovipositan en botones, hojas, flores y vainas. Las larvas (Figura 147) se caracterizan por la presencia de manchas color café en cada segmento. Se pueden alimentar de flores, vainas jóvenes y la superficie de vainas plenamente desarrolladas, pero muestran gran preferencia por perforar las vainas para alimentarse de los granos. Las vainas atacadas se pudren. Es común encontrar que las larvas tejen telarañas y expulsan excrementos de color café de la vaina que está siendo afectada.

Las medidas de control incluyen evitar las siembras tardías y aplicar productos como aminocarb, mefosfolán, metidatió, monocrotofos y triclorfón.



Figura 147. Larva de maruca.

Insectos de granos almacenados

Gorgojo, gorgojo común del frijol

Bruchids

Bean weevil

Gorgulho do feijão

Caruncho

Acanthoscelides obtectus (Say)

El gorgojo común es una plaga importante del frijol almacenado en las zonas altas del trópico latinoamericano y en los países situados en latitudes mayores como México, Argentina y Chile. El gorgojo común también puede atacar las semillas desde el campo, ya que las hembras ovipositan sobre las vainas que van entrando en madurez. Durante el almacenamiento, la hembra disemina sus huevos entre las semillas. Los huevos son blancos translúcidos (Figura 148), muy pequeños y en forma de grano de arroz. Las larvas recién nacidas penetran en los granos y se desarrollan en el interior de los mismos. Antes de émpupar, la larva madura hace ventanas circulares en la testa; después del empupamiento, el adulto empuja la ventana y emerge. Los adultos son pequeños, de 3 a 4 mm de longitud y de color gris-café (Figura 149).

Para evitar el daño por *Acanthoscelides* se recomienda coleccionar y trillar la cosecha lo más pronto posible y almacenar el producto en bodegas limpias.

El grano se puede espolvorear con sílice cristalina, arcilla o carbonato de magnesio. También algunos acostumbran mezclarlo con arena, pimienta o insecticidas en polvo como las piretrinas de origen vegetal y malatión. Pequeñas cantidades de semilla se pueden proteger hasta por 6 meses tratándolas con aceite vegetal en dosis de 5 ml/kg de semilla. Para desinfectar grandes volúmenes de semilla se puede

fumigar con bromuro de metilo o con fosfamina. Si hay indicios de la presencia de esta plaga, el frijol no se debe guardar sin desgranar.



Figura 148. Huevo del gorgojo común, *Acanthoscelides obtectus*.



Figura 149. Adulto del gorgojo común, *Acanthoscelides obtectus*.

Gorgojo pintado del frijol

Mexican bean weevil

Caruncho

Gorgulho do feijão

Zabrotes subfasciatus (Boheman)

El gorgojo pintado es la principal plaga del frijol almacenado en las regiones cálidas y tropicales de América Latina. Las hembras (Figura 150) son pequeñas, de color café oscuro, y se caracterizan por tener cuatro manchas de color crema en los élitros; los machos, por el contrario, son más pequeños, sin manchas en los élitros y de color gris-café. Las hembras adhieren firmemente los huevos a la testa del frijol, siendo ésta una diferencia muy importante con *Acanthoscelides obtectus*, especie que no adhiere los huevos a la semilla. Al eclosionar el huevo, la larvita penetra la testa y se desarrolla en el interior del grano; antes de empupar, cada larva prepara una ventana por la cual emerge el adulto (Figura 151).

Esta especie ataca únicamente semilla almacenada, por lo cual una medida de control es almacenar el frijol sin desgranar. Otras medidas de control son iguales a las indicadas para *Acanthoscelides*.



Figura 150. Macho (arriba) y hembra (abajo) del gorgojo pintado, *Zabrotes subfasciatus*.



Figura 151. Huevos y daño del gorgojo pintado, *Zabrotes subfasciatus*.

Desórdenes Nutricionales

Carlos A. Flor*

La producción de frijol se realiza en suelos con condiciones físicas y químicas muy variables. En muchos de estos suelos, diferentes desórdenes nutricionales pueden limitar los rendimientos. Estos desórdenes nutricionales incluyen deficiencias simples, como la de fósforo; deficiencias dobles, como las de nitrógeno y magnesio; deficiencias múltiples, como las de fósforo, magnesio y boro; toxicidades, como la de aluminio; y combinaciones de deficiencias y toxicidades, como en el caso del complejo de "deficiencias de fósforo y calcio con toxicidad de aluminio".

El frijol es un cultivo exigente en cuanto a sus requerimientos nutricionales. El orden de extracción de los nutrimentos es $N > K > Ca > S > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu > B$. Los requerimientos nutricionales del frijol son diferenciales y varían de acuerdo con el genotipo. Un requerimiento nutricional promedio para variedades arbustivas de climas medios y cálidos es:

Nitrógeno	136 kg/ha
Potasio	114 kg/ha
Calcio	54 kg/ha
Azufre	25 kg/ha
Magnesio	18 kg/ha
Fósforo	18 kg/ha

Los requerimientos anteriores están expresados en términos de la notación elemental —N, K, Ca, S, Mg, P— y no en términos de K_2O , CaO , MgO , P_2O_5 . El Cuadro 1 facilita algunas conversiones en este sentido. Es importante recordar que el orden de extracción no entra en conflicto con el

* Agrónomo en Apoyo al Desarrollo Institucional, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Cuadro 1. Contenido de nutrimentos en varios fertilizantes y enmiendas (preparado por R. Howeler y C. Flor, CIAT).

Fertilizantes y enmiendas	Nutrimentos					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Urea	45	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	20.5	-	-	-	-	23
Nitron 26	23	-	-	-	-	-
Superfosfato triple	-	20	-	14	-	-
Superfosfato simple	-	7	-	20	-	12
Fosfato diamónico (DAP)	18	20	-	-	-	-
Escorias Thomas*	-	6.5	-	37	1	-
Fosforita Huila*	-	8	-	30	-	-
Roca fosfórica Pesca	-	8	-	20	8	-
Fosfato de magnesio fundido	-	15	-	-	-	-
Cloruro de potasio	-	-	50	-	-	-
Sulfato de potasio	-	-	42	-	-	18
Nitrato de potasio	13	-	34	-	-	-
Sulfomag	-	-	18	-	11	22
Sulfato de magnesio	-	-	-	-	10	13
Oxido de magnesio	-	-	-	-	32	-
Yeso comercial	-	-	-	14-17	-	10-13
Cal dolomítica	-	-	-	25-30	7-12	-
15 - 15 - 15	15	6.5	12.5	-	-	-
14 - 14 - 14	14	6.1	11.7	-	-	-
10 - 20 - 20	10	8.7	16.7	-	-	-
10 - 30 - 10	10	13.1	8.3	-	-	-
Estiércol de ganado (seco)*	2.0	0.6	1.7	2.9	0.6	-
Gallinaza (seca)*	2.7	1.3	2.0	7.7	0.7	-
Cachaza (seca)*	1.5	2.4	0.4	6.7	0.9	-

(Continúa)

Cuadro 1. Continuación.

Fertilizantes y enmiendas	Nutrimentos				
	Zn	B	Fe	Mn	Cu
Sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	35	-	-	-	-
Sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	21	-	-	-	-
Oxido de zinc (ZnO)	-	-	-	-	-
Solubor ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ + $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)	-	20	-	-	-
Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)	-	10	-	-	-
Borato 48	-	15.1	-	-	-
Sulfato de hierro	-	-	-	-	-
Sulfato de manganeso ($\text{MnSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$)	-	-	-	26	-
Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)	-	-	-	-	24

* Aproximadamente.

Nota: Este cuadro está basado en la notación elemental N, P, K, Ca. Para conversiones a la notación por óxidos, P_2O_5 , K_2O , use los siguientes factores de conversión:

$\text{P} = \frac{\text{P}_2\text{O}_5}{2.29}$	$\text{K} = \frac{\text{K}_2\text{O}}{1.20}$	$\text{Ca} = \frac{\text{CaO}}{1.4}$	$\text{Mg} = \frac{\text{MgO}}{1.69}$
$\text{B} = \frac{\text{B}_2\text{O}_3}{3.17}$	$\text{Zn} = \frac{\text{ZnO}}{1.25}$	$\text{Mn} = \frac{\text{MnO}}{1.29}$	$\text{Cu} = \frac{\text{CuO}}{1.25}$

carácter de esencialidad de los nutrimentos. Por otra parte, el frijol no sólo requiere un suelo rico en los nutrimentos esenciales. También requiere buenas propiedades físicas: suelos francos a franco-arcillosos con buena capacidad de retención de agua, y con buen drenaje interno. Elementos como aluminio y sodio no son deseables, porque en poca cantidad pueden causar toxicidades.

En América Central y en el occidente de América del Sur, el frijol, por lo general, se produce en zonas de montaña donde predominan los Andisoles. Las deficiencias de fósforo, de nitrógeno y de algunos micronutrimentos, como zinc y boro, son las causas principales de la baja fertilidad de suelo.

En la mayoría de los suelos de las cordilleras colombianas con climas medios y fríos, hay respuestas importantes del frijol a las aplicaciones de fósforo. También se han observado respuestas a boro, nitrógeno y magnesio.

En muchas regiones de Venezuela y Brasil, el frijol crece en Oxisoles y en Ultisoles bastante ácidos y de poca fertilidad. En estos suelos, el uso de la cal y las aplicaciones de fósforo son muy importantes para neutralizar la toxicidad de aluminio y la deficiencia del nutrimento.

Tal como se indicó, el frijol absorbe cantidades relativamente altas de nitrógeno y potasio; sin embargo, el problema nutricional más común es la deficiencia de fósforo. La deficiencia de nitrógeno ocurre en suelos con menos de 2% de materia orgánica en climas medios y cálidos. La deficiencia de potasio rara vez ocurre en América Latina. En cambio, son muy frecuentes las toxicidades de aluminio y/o manganeso, que ocurren en suelos ácidos, y el frijol es muy susceptible a ellas. Dentro de los micronutrimentos, las deficiencias de zinc y boro son las más frecuentes.

No existe suficiente información sobre problemas de fertilidad de suelos o respuestas a fertilizantes para las zonas productoras de frijol en África y en el occidente de Asia. En África, en general, el uso de fertilizantes es muy limitado. Investigaciones preliminares han mostrado que

las respuestas más frecuentes son a fósforo y a nitrógeno. Hay limitada información para Kenia, Malawi, Ruanda, Tanzania, Uganda, Zambia, Sudán, Jordania y Etiopía. Por lo tanto, se necesita continuar con el proceso de identificar los tipos y la severidad de los problemas de suelo en estas regiones.

Diagnóstico de los desórdenes nutricionales

La caracterización visual de los síntomas, los análisis de suelos y de tejidos y la experimentación constituyen los mejores recursos para el diagnóstico de los desórdenes nutricionales del frijol.

En el caso de la caracterización visual de los síntomas, el esfuerzo debe dirigirse hacia la identificación del mayor número posible de manifestaciones del problema. Esto significa tener el "cuadro sintomatológico o síndrome" del problema.

Un buen conocimiento de la morfología y de las etapas de desarrollo normales permitirá por comparación conocer mejor las manifestaciones de anormalidad. Por ejemplo, observaciones recientes han permitido caracterizar síntomas de deficiencias en la etapa de hojas primarias (Figura 152).

Esto hace posible una definición rápida del problema y el inmediato tratamiento del mismo. Generalmente, las hojas trifolioladas han sido las "hojas indicadoras" u "hojas diagnóstico". En el caso del frijol, y para fines de diagnóstico, el análisis de suelos es un recurso más seguro que el análisis de tejidos.

Hay que considerar dos clases de niveles críticos: (1) los niveles críticos para las deficiencias de los nutrimentos; (2) los niveles críticos para las toxicidades de elementos como aluminio y sodio o compuestos como las sales. El Cuadro 2 proporciona información sobre estos niveles críticos para variedades de frijol en climas cálidos y medios. Para una mejor utilización de estos datos, se recomienda contrastar los análisis de suelos donde está el problema con los análisis de suelos donde el cultivo está "normal".

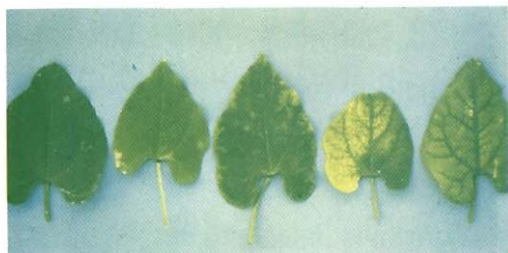


Figura 152. Caracterización de síntomas de deficiencias en las hojas primarias. La primera hoja del lado izquierdo es normal. Luego, y en orden respectivo, están las deficiencias de N, P, K y Mg.

Cuadro 2. Aproximación a niveles críticos para análisis de suelos en frijol.

Determinación	Método	Nivel crítico	
		Deficiencias	Toxicidades
Saturación Al	$\frac{\text{Al}}{\text{Al}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}} \times 100$		10% ^a 50% ^b
P	Bray I	11 ppm	
	Bray II	15 ppm	
	Olsen-EDTA	14 ppm	
	Carolina Norte (Melich 1)	13 ppm	
K	Acetato de amonio, 1N	0.15 meq/100 g	
Mg	Acetato de amonio, 1N	2.0 meq/100 g	
Ca	Acetato de amonio, 1N	4.5 meq/100 g	
Conductividad	Extracto de saturación		0.08 dS/m
			0.8 mmhos/cm
Saturación Na	Acetato de amonio, 1N		4%
B	Agua caliente	0.4 - 0.6 ppm	
Zn	Carolina del Norte (doble ácido)	0.8 ppm	
Mn	Carolina del Norte (doble ácido)	5 ppm	
Cu	0.5 M-EDTA	0.6 ppm	
Fe	Acetato de amonio	2.0 ppm	
pH	Suelo/agua 1:1	rango 5 - 7.8	
		óptimo 5.5 - 6.5	

a. Suelo mineral.

b. Suelo orgánico.

FUENTES: Flor y Thung, 1989; Howeler y Medina, 1977.

Toxicidad por aluminio

Aluminum toxicity

Toxicidade de alumínio

El frijol es muy sensible al exceso de aluminio, aunque hay grandes diferencias en la susceptibilidad entre variedades. La toxicidad por este elemento produce crecimiento atrofiado, amarillamiento y necrosis a lo largo de los márgenes de la hoja. Generalmente, cuando el contenido de aluminio en las hojas es mayor a 25 ppm, hay toxicidad por el elemento. El desarrollo de las raíces es escaso y superficial. Hay presencia de raíces adventicias, y las hojas inferiores se vuelven amarillas y necróticas, mientras que las superiores son pequeñas y de color verde intenso. Estos síntomas corresponden a la falta de fósforo: la presencia de aluminio dificulta la absorción de fósforo y reduce la actividad metabólica del nutrimento en los tejidos (Figuras 153 y 154). Casi siempre, la toxicidad ocurre al mismo tiempo que las deficiencias de fósforo, calcio y magnesio en los suelos ácidos de baja saturación de bases, como son los Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles.

La toxicidad por aluminio se controla con aplicaciones de cal agrícola. También puede usarse cal dolomítica cuando el suelo es deficiente en magnesio o la relación Ca:Mg es muy alta.

Los niveles de aplicación de cal varían enormemente y son específicos para cada tipo de suelo. Por ejemplo, en Santander de Quilichao, Colombia, la toxicidad por aluminio se controla con 1 t/ha de CaCO_3 , mientras en los Cerrados de Brasil, aplicaciones de 5 t/ha son normales. El nivel crítico para la saturación de aluminio es 10% en suelos minerales (< 10% de materia orgánica). En suelos orgánicos, el nivel crítico es 50%.

También existen diferencias genotípicas ante la toxicidad por aluminio (Figura 155).



Figura 153. Diferentes aspectos de la toxicidad por aluminio, combinada con deficiencia de fósforo.



Figura 154. Crecimiento horizontal de raíces cuando hay toxicidad por aluminio.



Figura 155. Diferencias genotípicas ante la toxicidad por aluminio.

Deficiencia y toxicidad por boro

Boron deficiency and toxicity

Deficiência e toxicidade de boro

La deficiencia de boro se presenta en condiciones de ambiente y de suelo muy variables:

1. En suelos de textura arenosa, con bajo contenido de materia orgánica y niveles altos de aluminio y hierro.
2. En suelos aluviales de pH alto y bajo contenido de boro total.
3. En suelos neutros o alcalinos, bajo condiciones de sequía y alta intensidad luminosa.

El primer síntoma visible de la deficiencia de boro es la muerte de los tejidos del punto de crecimiento terminal del tallo y/o de las ramas. Hay proliferación de pequeñas ramas, y las hojas primarias son gruesas ("acartonadas"). Las hojas trifolioladas pueden formar sólo uno o dos folíolos deformes. La textura de estas hojas es quebradiza. El sistema de raíces es pobre y con frecuencia hay deformación y muerte del punto de crecimiento. Hay poca formación de flores y vainas; también ocurre el aborto de estas estructuras.

En las plantas adultas, la sintomatología general de la deficiencia es muy parecida a la sintomatología del virus del mosaico común (Figuras 156 y 157).

La falta de boro se puede controlar aplicando al suelo 0.5 a 1 kg/ha de boro en la siembra. El bórax y el solubor son igualmente buenos como fuentes de boro. Aplicaciones foliares de solubor al 0.3% repetidas semanalmente pueden corregir casos de deficiencias leves e intermedias.

El boro es uno de los nutrimentos de más difícil manejo; muy fácilmente se pasa de los niveles adecuados a niveles tóxicos que afectan seriamente el rendimiento del frijol. La toxicidad por boro se manifiesta con amarillamientos, arrugamientos y necrosis en los márgenes de las hojas.



Figura 156. Aproximación al cuadro sintomatológico de la deficiencia de boro.

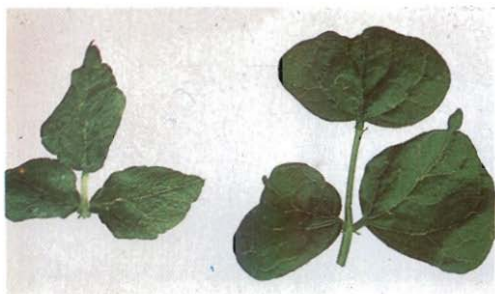


Figura 157. Aproximación al cuadro sintomatológico de la deficiencia de boro. (Continuación).

Deficiencia de hierro

Iron deficiency

Deficiência de ferro

La deficiencia de hierro no es común. Puede ocurrir en suelos minerales con pH alto, especialmente si presentan carbonatos de calcio libres. También puede ocurrir en suelos ácidos excesivamente encalados.

Aunque la literatura reporta que el frijol absorbe el hierro como Fe^{3+} , observaciones hechas en campos experimentales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) demuestran que la planta puede absorber elevadas cantidades de Fe^{2+} , la forma que ocurre en el suelo después de fuertes lluvias, cuando predominan condiciones de reducción. Esta exagerada absorción de Fe^{2+} afecta la relación $\text{Fe}:\text{Zn}$ e induce una deficiencia de zinc.

Los síntomas de la deficiencia de hierro aparecen en las hojas jóvenes, las cuales varían de colores verde-pálido a verde-amarillento, y a veces casi blanco. Las nervaduras permanecen verdes (Figura 158).

La deficiencia de hierro se controla mediante aplicaciones foliares de quelatos de hierro.



Figura 158. Algunas manifestaciones de la deficiencia de hierro.

Deficiencia de magnesio

Magnesium deficiency

Deficiência de magnésio

La deficiencia de magnesio generalmente ocurre en suelos ácidos en los cuales el porcentaje de saturación de bases es muy bajo. También se presenta en suelos derivados de cenizas volcánicas. Un excesivo encalamiento con CaCO_3 puede producir una relación Ca:Mg muy alta y, por lo tanto, una alta probabilidad de deficiencia de magnesio.

El magnesio es uno de los componentes de la molécula de clorofila y es un nutrimento muy móvil. Por esta razón, los síntomas se manifiestan inicialmente en las hojas inferiores, en forma de una clorosis intervenal. Es frecuente ver los síntomas en las hojas primarias. Posteriormente, los síntomas se presentan en todas las hojas (Figuras 159 y 160).

La aplicación de cal dolomítica en los suelos ácidos es la forma más común de controlar la deficiencia de magnesio. Es conveniente que los correctivos a usar tengan una relación Ca:Mg de 4:1.

Para otra clase de suelos existen como opciones el óxido de magnesio (MgO) y el sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$).

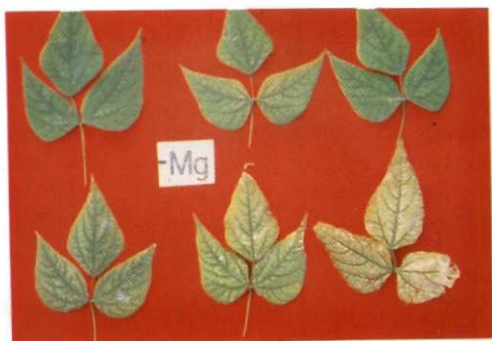


Figura 159. Varias manifestaciones de la deficiencia de magnesio.

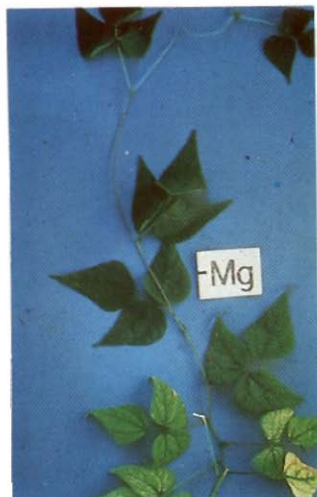


Figura 160 El magnesio es un nutrimento móvil; por lo tanto, la deficiencia aparece primero en las hojas inferiores.

Deficiencia y toxicidad por manganeso

Manganese deficiency and toxicity

Deficiência e toxicidade de manganês

La deficiencia de manganeso puede ocurrir en suelos orgánicos o en suelos minerales con pH alto. Las plantas deficientes se atrofian y las hojas superiores toman un color amarillo dorado intervenal. La lámina foliar se arruga y puede producirse una sintomatología semejante a la de los moteados. En plantas normales, el contenido de manganeso oscila entre 75 y 200 ppm para las hojas superiores; por lo general, las plantas deficientes contienen menos de 30 ppm en estas hojas. Aplicaciones de 5 a 25 kg/ha de sulfato de manganeso al suelo pueden corregir la deficiencia.

El frijol es muy sensible a la toxicidad por manganeso, elemento que se encuentra en cantidades altas en los suelos muy ácidos y pobremente drenados. En estas condiciones predomina el Mn^{2+} , forma en la cual el frijol lo absorbe y acumula en las hojas jóvenes. El cuadro sintomatológico de la toxicidad de este elemento es muy variado, tal como se aprecia en las hojas de la Figura 161. Los contenidos de manganeso superiores a 500 ppm en las hojas indican toxicidad de este elemento.

La aplicación de cal y el mejoramiento de las condiciones de drenaje ayudan a solucionar el problema de la toxicidad por manganeso.



Figura 161. Aproximación al cuadro sintomatológico de la toxicidad por manganeso.

Deficiencia de nitrógeno

Nitrogen deficiency

Deficiência de nitrogênio

La deficiencia de nitrógeno es común en los suelos con bajo contenido de materia orgánica, en suelos ácidos, especialmente si son arenosos, o en suelos con niveles deficientes de calcio y fósforo en los cuales se reduce la fijación de nitrógeno. El cuadro sintomatológico de la deficiencia de N se aprecia en la Figura 162. La deficiencia aparece primero en las hojas inferiores, cuyo color se torna verde muy pálido y después amarillo. La clorosis es uniforme y avanza hasta la necrosis y caída de las hojas. El desarrollo general de la planta se reduce.

La deficiencia de nitrógeno se controla con:

1. Inoculación del suelo con cepas eficientes de bacterias fijadoras de nitrógeno.
2. Aplicación antes de la siembra de abonos verdes y estiércol.
3. Aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados.

Una aplicación de 50-100 kg/ha de N generalmente es suficiente. Hay diferencias importantes entre genotipos de frijol en cuanto a requerimientos nutricionales de nitrógeno. Los fertilizantes nitrogenados se aplican en banda, durante o un poco después de la siembra; otra aplicación al iniciarse la floración también produce resultados satisfactorios. Tanto las fuentes amoniacales como las nítricas son igualmente efectivas.

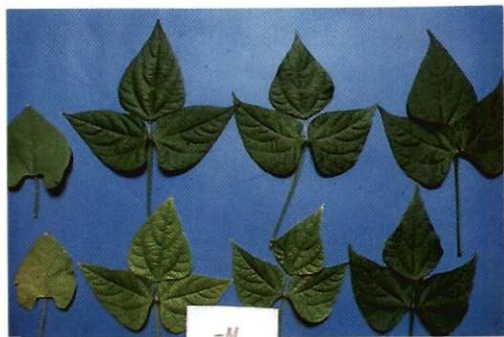


Figura 162. Los síntomas de la deficiencia de nitrógeno son más intensos en las hojas inferiores. En la parte inferior, la hoja primaria, y la primera, segunda y tercera trifoliolada. En la parte superior, las respectivas hojas normales.

Deficiencia de fósforo

Phosphorus deficiency

Deficiência de fósforo

La deficiencia de fósforo es probablemente el principal problema nutricional del frijol en América Latina. Limita los rendimientos en muchas áreas de Brasil, especialmente en los Cerrados, y en los Andisoles de Colombia y América Central. Las Figuras 163, 164 y 165 muestran el cuadro sintomatológico de esta deficiencia. El desarrollo del sistema de raíces es muy pobre. El tamaño de las hojas se reduce, aunque su color verde se hace un poco más intenso, especialmente en las hojas superiores. Las hojas inferiores se tornan verde-pálidas y luego amarillas hasta la necrosis. El tallo es débil, con pocos entrenudos y pocas ramas. La floración se retrasa. Es escaso el número de vainas y granos por vainas. Al iniciarse la floración de las plantas deficientes en fósforo, las hojas superiores tienen menos de 0.35% de este elemento.

La deficiencia de fósforo se corrige aplicando escorias Thomas, superfosfato simple, superfosfato triple o rocas fosfóricas. También se pueden aplicar fertilizantes completos de tipo NPK, donde el porcentaje de P sea alto con relación a N y K, o fosfatos mono o diamónicos.

Los fertilizantes se pueden aplicar al voleo e incorporar al suelo, excepto el superfosfato triple y el superfosfato simple, los cuales deben ser aplicados en banda, especialmente en suelos con alta fijación de fósforo. El nivel de aplicación depende del contenido de fósforo y de la capacidad de fijación que tenga el suelo.



Figura 163. Diferentes aspectos de la deficiencia de fósforo a nivel de tallo y hojas.



Figura 164. El número y el desarrollo de las ramas y el tallo aumentan a medida que se incrementa la cantidad de fósforo.

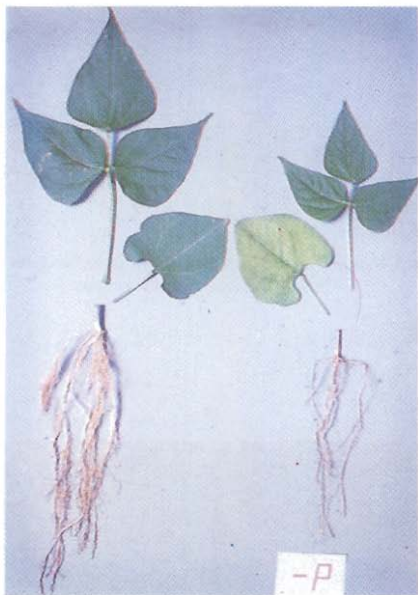


Figura 165. Deficiencia de fósforo a nivel de raíces. El sistema de raíces al lado izquierdo es normal. Obsérvese también las diferencias en color y tamaño a nivel de hojas primarias y primeras trifolioladas.

Deficiencia de potasio

Potassium deficiency

Deficiência de potássio

Rara vez se observa la deficiencia de potasio en el frijol, pero puede ocurrir en Oxisoles y Ultisoles de baja fertilidad o en los suelos altos en calcio y magnesio. Sin embargo, después del nitrógeno, es el nutrimento más requerido por el frijol. Los síntomas de deficiencia se presentan como amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes de las hojas superiores, tal como se aprecia en la Figura 166. Al iniciarse la floración, las hojas superiores de las plantas deficientes en este elemento tienen menos de 2% de potasio. Este contenido puede ser inferior cuando las plantas crecen en suelos con contenidos altos de calcio o de magnesio.

La deficiencia de potasio se puede corregir con aplicaciones de cloruro de potasio (KCl , 50% de K), sulfato de potasio (K_2SO_4 , 42% de K) y nitrato de potasio (KNO_3 , 13% de N y 34% de K).



Figura 166.

Cuadro sintomatológico de la deficiencia de potasio.

Deficiencia de zinc

Zinc deficiency

Deficiência de zinco

La deficiencia de zinc ocurre en suelos con pH alto y en suelos ácidos sobre-encalados, de bajo contenido de zinc. También puede ser inducida por aplicaciones altas de fósforo. Es una deficiencia bastante común. Los síntomas de deficiencia de zinc se manifiestan como una clorosis intervenal de las hojas superiores, la presencia de puntos y manchas irregulares de color pardo, alargamiento y deformación de los folíolos, y, finalmente, necrosis (Figura 167). Las plantas deficientes en zinc tienen contenidos menores de 20 ppm en las hojas; los niveles normales están alrededor de 40-50 ppm.

La deficiencia de zinc se puede corregir fácilmente con aplicaciones al suelo de 5-10 kg/ha de zinc en la forma de ZnSO_4 o de quelatos de zinc cuando la deficiencia no es muy grande. Las aplicaciones foliares de ZnSO_4 al 0.5% también pueden corregir el problema.



Figura 167. Diferentes manifestaciones de la deficiencia de zinc en los folíolos de frijol.

Deficiencia de cobre

Copper deficiency

Deficiência de cobre

La deficiencia de cobre ocurre principalmente en los suelos ácidos ricos en materia orgánica que han recibido fuertes enclavamientos, pero es importante señalar que el frijol rara vez presenta esta deficiencia. Reducción del área foliar, entrenudos muy cortos y hojas superiores de color verde azulado son los síntomas más importantes. Aunque el desarrollo de las plantas es casi normal, la producción de vainas es muy reducida. Las plantas normales tienen contenidos de cobre de 15-25 ppm en las hojas superiores.

No se ilustra la sintomatología de la deficiencia de cobre, ya que rara vez se presenta en el campo.

Deficiencia de azufre

Sulfur deficiency

Deficiência de enxôfre

La deficiencia de azufre ocurre en Oxisoles y Ultisoles de baja fertilidad y es más notoria en zonas alejadas de los centros industriales. Las hojas superiores toman un color amarillo muy uniforme, con una apariencia muy semejante a la que produce la deficiencia de nitrógeno. Aparentemente, tanto la parte aérea como el sistema de raíces son normales; sin embargo, los folíolos de las hojas superiores son más pequeños, de color verde muy pálido y con pequeñas manchas necróticas. También hay alargamiento de los entrenudos. Las hojas superiores de las plantas deficientes en azufre tienen menos de 0.15% al iniciarse la floración.

La deficiencia de este elemento se puede controlar aplicando 10-20 kg/ha de azufre puro, o fertilizantes que contengan azufre, como superfosfato simple, sulfato de amonio y sulfato de potasio. Los fungicidas, como el elosal, pueden contribuir al suministro de azufre para la planta.

No se ilustra la sintomatología de la deficiencia de azufre porque rara vez se presenta en el campo.

Deficiencia de calcio

Calcium deficiency

Deficiência de cálcio

La deficiencia de calcio generalmente se observa en combinación con la toxicidad de aluminio y la deficiencia de fósforo en los Oxisoles y Ultisoles ácidos muy lixiviados y erosionados. Por lo tanto, es muy difícil caracterizar la deficiencia de este nutrimento. El raquitismo y la muerte de los puntos de crecimiento son los síntomas más importantes.

La deficiencia de calcio se controla mediante la incorporación profunda en el suelo de cal agrícola, cal dolomítica, óxido de calcio o hidróxido de calcio. Las aplicaciones bajas, por ejemplo de 500 kg/ha, son suficientes para corregir el problema, aunque con frecuencia se necesitan cantidades más altas para neutralizar las cantidades tóxicas de aluminio. Algunas fuentes, como las escorias Thomas, las rocas fosfóricas y los superfosfatos de calcio, pueden contribuir significativamente a solucionar los problemas nutricionales relacionados con el calcio.

No se ilustra la sintomatología de la deficiencia de calcio porque rara vez se presenta en el campo.

Toxicidad por sodio y sales

Sodium and saline toxicities

Toxicidade por sódio e sales

El frijol es muy sensible a excesos de sodio y/o sales en el suelo. El nivel crítico para la saturación de sodio es 4%. Para salinidad, el nivel crítico es 0.8 mm/hos/cm (equivalente a 0.08 S/m). La Figura 168 muestra los síntomas de toxicidad por sales.

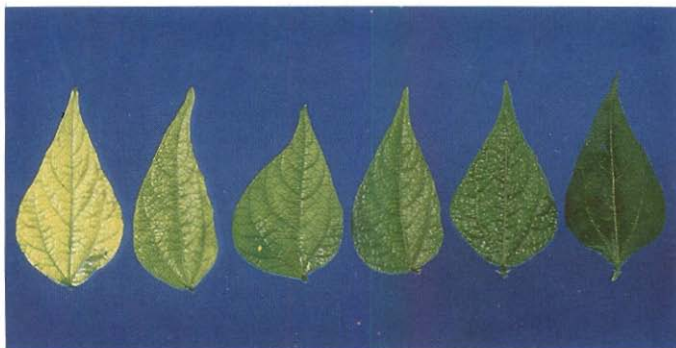


Figura 168. Diferentes intensidades de la toxicidad por sales en los folíolos de frijol.

Deficiencias dobles y múltiples

Double and multiple deficiencies

Deficiências dobles e múltíplices

Con mucha frecuencia dos o más elementos afectan por deficiencia y/o toxicidad al frijol. Se presentan entonces deficiencias dobles, triples y múltiples, y combinaciones de deficiencias y toxicidades.

Las Figuras 169, 170, 171 y 172 muestran algunos de estos problemas más comunes: deficiencia doble de P y Mg; deficiencia doble de N y Mg; deficiencia doble de N y B; deficiencia triple de P, Ca y Mg.

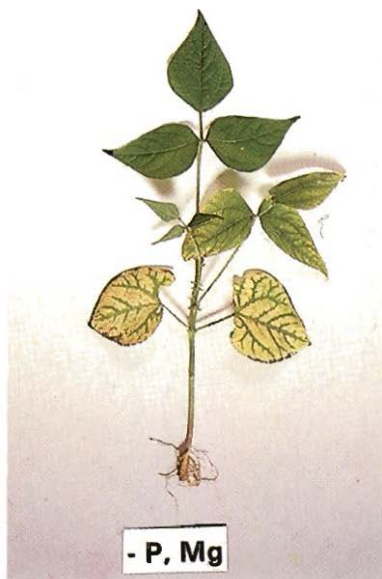


Figura 169 Deficiencia doble de P y Mg.

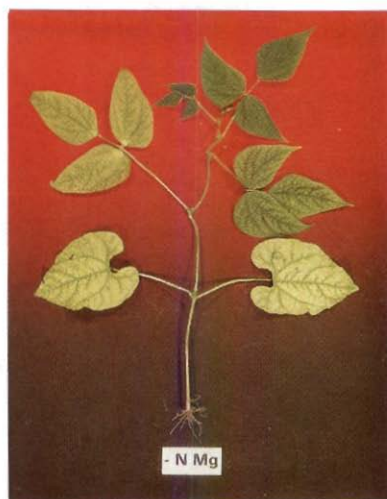


Figura 170. Deficiencia doble de N y Mg.

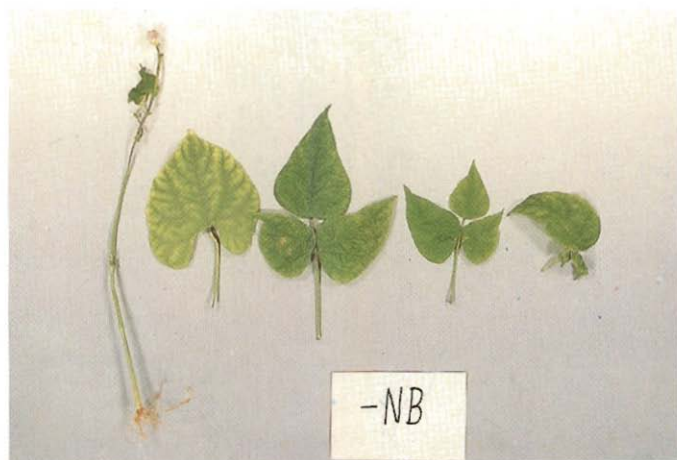


Figura 171. Deficiencia doble de N y B

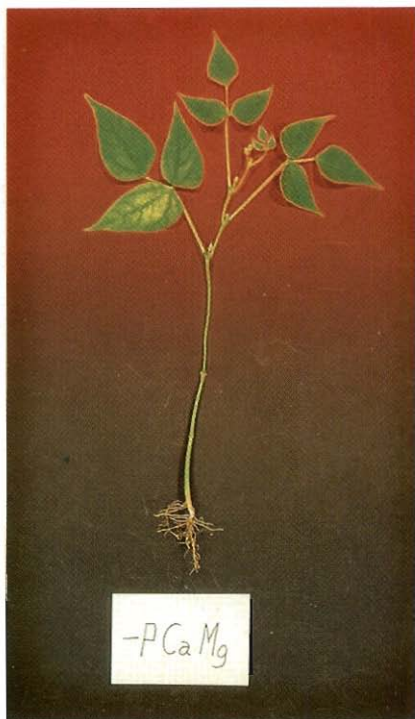


Figura 172. Deficiencia triple de P, Ca y Mg.

Problemas Misceláneos en la Producción del Frijol

Además de los problemas que causan los factores patógenos, los insectos y los desórdenes nutricionales, muchos otros factores pueden causar daños esporádica pero severamente a los cultivos de frijol. Varias condiciones ambientales, como heladas, altas o bajas temperaturas, vientos, sequías y otras, pueden dañar las plantas. Las variaciones en las propiedades del suelo ocasionadas por drenaje y otros factores pueden producir diferencias marcadas en la apariencia y en el vigor de las plantas en distintos sitios del terreno.

La proximidad del cultivo a centros industriales puede ocasionar un daño químico inducido por el aire tóxico de la polución industrial. Algunas veces, los síntomas inducidos por este factor se confunden con aquéllos causados por patógenos, insectos y desórdenes nutricionales.

Daños por productos químicos

El daño químico puede ocurrir en los cultivos de frijol durante la época de crecimiento, especialmente durante la germinación y el desarrollo de la plántula, y en particular cuando los productos químicos no se aplican de acuerdo con las recomendaciones específicas.

Pueden presentarse concentraciones tóxicas si los productos químicos y los fertilizantes quedan en el suelo muy cerca de las semillas; también crean problemas estas sustancias si no se disuelven y se lixivian rápidamente dentro de la zona de la raíz.

Se pueden presentar síntomas necróticos o morfológicos definidos en las hojas u órganos afectados de las plantas (Figura 173). Con base en la severidad del daño, las hojas se pueden deformar y no desarrollarse. También puede ocurrir la quema del follaje mediante manchas necróticas (Figura 174) si la aspersión de los productos químicos tóxicos se hace sobre las plantas. Por ejemplo, el daño causado por 2,4-D puede perjudicar a una plantación de frijol si este herbicida se aplica a otros cultivos cercanos (Figura 175), cuando hay vientos de moderados a altos.

Los desórdenes fisiológicos pueden ser causados por otros productos químicos que contengan impureza o por productos que han metabolizado los microorganismos del suelo, produciendo derivados tóxicos. Estos desórdenes también pueden ser intensificados por condiciones ambientales o específicas del suelo. Por ejemplo, en el CIAT se encontró una situación específica en algunos cultivos de frijol, la cual se denominó Problema "X" por no conocer su causa (Figuras 176 y 177).



Figura 173. Daño causado por insecticidas en las hojas del frijol.



Figura 174. Daño causado por las partículas del paraquat.



Figura 175. Daño causado por las partículas de 2,4-D.



Figura 176. Problema X.



Figura 177. Problema X.

Factores ambientales

Varios factores ambientales pueden afectar la planta de frijol durante su desarrollo. Una exposición prolongada al exceso de humedad del suelo o al agua superficial puede inducir clorosis en la planta y deficiencia de zinc. El calor extremo, las heladas y la carencia de humedad ocasionan el marchitamiento de la planta, el chamuscamiento de las hojas y aún la muerte de la planta. Los vientos fuertes, el granizo y las partículas de suelo que el viento eleva pueden romper y raspar el tejido de las plantas (Figura 178). Con frecuencia, estas rupturas proporcionan a ciertos patógenos, entre ellos algunas bacterias, puntos de entrada a la planta. El escaldado puede ocurrir en las hojas y vainas cuando el tejido foliar se cubre con gotas de agua o se satura con humedad. Luego, si es expuesto a intensa luz solar y/o a calor, resultarán parches cafés necróticos en las hojas, en los tallos o en las vainas (Figura 179).



Figura 178. Daño en las hojas producido por el viento y las partículas del suelo elevadas por el viento.



Figura 179. Escaldadura de las vainas ocasionada por el sol.

Anormalidades genéticas

Ocasionalmente, las plantas de frijol son afectadas por anomalías genéticas, las cuales pueden tener origen en mutaciones, incompatibilidades cromosómicas o irregularidades citoplasmáticas. Así se presentan las plantas albinas por pérdidas de clorofila, las cuales casi siempre mueren pocos días después de su emergencia. Las variegaciones foliares son comunes en poblaciones de progenies segregantes y se reconocen por un mosaico de manchas verdes, amarillas y/o blancas que son características (Figuras 180 y 181). Con frecuencia, los folíolos y las vainas producidos por estas plantas se ven deformados por esta condición. Estos síntomas se pueden observar en diferentes estados del desarrollo de la planta; las hojas variegadas pueden también aparecer en plantas con hojas de apariencia normal.



Figura 180. Variegaciones foliares causadas por una anomalía genética.



Figura 181. Variegaciones foliares por anomalía genética.

Bibliografía

- Cardona, C.; Flor, C. A.; Morales, F. J. y Pastor-Corrales, M. A. 1981. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. 2a. ed. Serie CIAT No. 07SB-1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 184 p.
- Flor, C. A. 1985a. El diagnóstico de problemas en frijol. En: López, M.; Fernández, F. y van Schoonhoven, A. (comps. y eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 385-401.
- _____. 1985b. Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol. En: López, M.; Fernández, F. y van Schoonhoven, A. (comps. y eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 287-312.
- _____. y Thung, M. T. 1989. Nutritional disorders. En: Schwartz, H. F. y Pastor-Corrales, M. A. (eds.). Bean production problems in the tropics. 2a. ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 571-604.
- _____.; Howeler, R. y González, C. A. 1975. Zinc y boro, dos micronutrientes limitativos para la producción de algunas cosechas en las regiones cálidas de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 23 p.
- Howeler, R. y Medina, C. J. 1977. La fertilización en el frijol *Phaseolus vulgaris*: Elementos mayores y secundarios. En: Curso intensivo de adiestramiento en producción de frijol para investigadores de América Latina. Trabajos presentados, edición preliminar. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 29 p.

Indice de Nombres Científicos de Patógenos y de Insectos que Atacan el Frijol

Patógenos

Alternaria spp.

Alternaria alternata

Alternaria brassicae

Alternaria brassicola

Alternaria tenuis

Aphanomyces euteiches f. sp. *phaseoli*

Aphanomyces euteiches f. sp. *pisi*

Botryotinia fuckeliana

Botrytis cinerea

Cercospora spp.

Cercospora canescens

Cercospora castellanii

Cercospora cruenta

Cercospora vanderysti

Chaetoseptoria wellmanii

Colletotrichum lindemuthianum

Curtobacterium flaccumfaciens

Diaporthe phaseolorum

Elsinoë phaseoli

Entyloma petuniae

Erysiphe polygoni

Fusarium oxysporum f. sp. *phaseoli*

Fusarium solani f. sp. *phaseoli*

Glomerella cingulata
Macrophomina phaseolina
Mycovellosiella phaseoli
Phaeoisariopsis griseola
Phoma exigua var. *diversispora*
Phomopsis subcircinata
Phytophthora nicotianae
Phytophthora phaseoli
Pseudocercospora albida
Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola*
Pseudomonas syringae pv. *syringae*
Pseudomonas syringae pv. *tabaci*
Pythium spp.
Pythium aphanidermatum
Pythium butleri
Pythium irregulare
Pythium myriotylum
Pythium ultimum
Rhizoctonia solani
Sclerotinia sclerotiorum
Sclerotium rolfsii
Sphaceloma sp.
Thanatephorus cucumeris
Thielaviopsis basicola
Uromyces appendiculatus var. *appendiculatus*
Xanthomonas campestris pv. *phaseoli*
Xanthomonas campestris pv. *phaseoli* var. *fuscans*

Insectos

Acanthoscelides obtectus
Acrosternum marginatum
Agrotis ipsilon
Aphis spp.

Aphis gossypii
Aphis medicaginis
Apion aurichalceum
Apion godmani
Bemisia tabaci
Cerotoma spp.
Cerotoma facialis
Cerotoma ruficornis
Delia platura
Deroceras agreste
Diabrotica spp.
Diabrotica adelpha
Diabrotica balteata
Edessa rufomarginata
Elasmopalpus lignosellus
Empoasca kraemeri
Epilachna sp.
Epilachna varivestis
Epinotia aporema
Estigmene acraea
Euschistus bifibulus
Gynandrobrotica sp.
Heliothis virescens
Heliothis zea
Liriomyza huidobrensis
Liriomyza sativae
Liriomyza trifolii
Macrosiphum spp.
Maruca testulalis
Myzus persicae
Nezara viridula
Omiodes indicata
Ophiomyia centrosematis
Ophiomyia phaseoli

Ophiomyia spencerella
Piezodorus guildinii
Polyphagotarsonemus latus
Spodoptera spp.
Spodoptera eridania
Spodoptera frugiperda
Tetranychus desertorum
Tetranychus urticae
Thyanta perditor
Trialeurodes vaporariorum
Trichoplusia ni
Urbanus proteus
Vaginulus plebeius
Zabrotes subfasciatus

Nematodos

Heterodera sp.
Meloidogyne arenaria
Meloidogyne hapla
Meloidogyne incognita
Meloidogyne javanica
Pratylenchus brachyurus
Pratylenchus penetrans
Pratylenchus scribneri

Publicación CIAT No. 241

**Programa de Frijol y
Unidad de Comunicaciones**

Edición:	Carlos Flor Bill Hardy
Asistencia editorial:	Gladys Rodríguez
Producción:	Unidad de Artes Gráficas, CIAT Alcira Arias (diagramación) Julio César Martínez (carátula)
