

# ***El Cultivo del Frijol Común en América Tropical***

*Juan Carlos Rosas, Ph. D.*



CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras, Agosto 2003

BIBLIOTECA WILSON POPENOK  
ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA  
APARTADO 93  
TEGUGIGALPA HONDURAS

# EL CULTIVO DEL FRIJOL COMÚN EN AMÉRICA TROPICAL

Juan Carlos Rosas, Ph.D.

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano  
Honduras, Agosto del 2003

212204

El presente manual titulado "El Cultivo del Frijol Común en América Tropical", corresponde a la segunda edición del manual con el mismo título publicado por el autor en 1998. En la presente publicación se han hecho correcciones y actualizaciones en el contenido con respecto al primero manual.

El autor desea agradecer sinceramente la colaboración del personal técnico del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Esta publicación es el resultado de las experiencias del autor a través de las actividades apoyadas principalmente por el Programa Bean/Cowpea CRSP (Donación USAID No. DAN-G-SS-86-00008-00) en los últimos 15 años. Las interacciones con investigadores de universidades y programas de Centro América, El Caribe y los EE.UU., enriquecieron las experiencias del autor y son parte de esta publicación. Las actividades y conversaciones con los agricultores, enriquecieron las experiencias del autor y contribuyeron a mantener un enfoque realista en esta publicación.

Se recomienda complementar la lectura y uso de esta publicación con el manual ilustrado titulado "Recomendaciones para el Manejo Agronómico del Cultivo del Frijol", publicado por el autor en Enero del presente año. Ambas publicaciones deben incluirse como texto o referencia bibliográfica para fines de formación de profesionales en el área agrícola; y deben convertirse en documentos básicos de consulta para técnicos y profesionales, que de una u otra manera están involucrados con la producción, procesamiento y comercialización de esta leguminosa de grano. Se constituyen en documentos de consulta para la preparación y ejecución de actividades de capacitación de técnicos y agricultores. Asimismo, estas publicaciones no deben faltar en las bibliotecas de las organizaciones, instituciones y entidades de diversa naturaleza que trabajan con productores de frijol.

Ambas publicaciones se encuentran disponibles en la Librería Zamorano, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras (teléfonos 776-6140 ó 776-6150 extensión 2619; correo electrónico: [libreriazam@zamorano.edu](mailto:libreriazam@zamorano.edu)).

El autor

Ms. 7500

Rec. 23/9/2003

# EL CULTIVO DEL FRIJOL COMÚN EN AMÉRICA TROPICAL

Contenido	No. Página
I. INTRODUCCIÓN	1
• Origen y domesticación del frijol común	3
• Centros de origen del frijol común	5
• Clases comerciales del frijol común	5
II. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE FRIJOL	8
• Características generales del desarrollo de la planta de frijol	8
• Descripción de las etapas de desarrollo	9
• Hábitos de crecimiento del frijol	13
III. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL	17
• Factores ambientales: Clima y suelos	17
IV. PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE FRIJOL	19
• Preparación del terreno	19
• Épocas de siembra	19
• Variedades	20
• Semilla	20
• Densidad de siembra	21
• Fertilización	21
• Riegos	24
• Sistemas de producción	25
• Cosecha y trilla	26
• Almacenamiento del grano	26
V. ENFERMEDADES DEL CULTIVO DEL FRIJOL Y SU CONTROL	28
• El virus del mosaico común del frijol	28
• El virus del mosaico dorado amarillo del frijol	29
• La bacteriosis común del frijol	31
• La antracnosis del frijol	32
• La mancha angular del frijol	34
• La mustia hilachosa del frijol	35
• La roya del frijol	37
VI. PLAGAS DEL CULTIVO DEL FRIJOL Y SU CONTROL	39
• Plagas del suelo y plántulas	39
• Plagas desfoliadoras	41
• Plagas chupadoras	44
• Plagas de vainas y granos	47
• Plagas de granos almacenados	48
• Manejo integrado de plagas	49
• Prácticas MIP utilizadas en el cultivo de frijol	50
• Criterios sobre el uso de insecticidas	51
VII. MALEZAS DEL CULTIVO DEL FRIJOL Y SU CONTROL	53
• Malezas que afectan el cultivo del frijol	53
• Métodos de control de malezas en el frijol	53
• Componentes del MIM en el frijol	54
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

# EL CULTIVO DEL FRIJOL COMÚN EN AMÉRICA TROPICAL

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo practicado principalmente por agricultores de pequeña escala en regiones de América Latina, África y Asia, donde predominan países en proceso de desarrollo los cuales producen aproximadamente el 77% de la producción mundial. Sin embargo, en países desarrollados en América del Norte, Europa y la Región Pacífica, el frijol es un cultivo de alta tecnología y un rubro de exportación, representando aproximadamente el 23% de la producción mundial (Pachico, 1989).

La producción, rendimiento y consumo de frijol en los países y regiones de mayor producción varía significativamente. De acuerdo a los datos de Singh (1999), Brasil (2.5 millones de TM), EE.UU. (1.3 millones de TM) y México (0.98 millones de TM) son los mayores productores del continente americano, la región de mayor producción en el ámbito mundial (Cuadro 1). Los rendimientos promedios en África y en las diferentes regiones de las Américas, con la excepción de Canadá y EE.UU., son bastantes bajos. Los rendimientos en países del Cono Sur como Chile y Argentina son bastante buenos, lo mismo que en el Asia Occidental. Según la FAO (1998), los rendimientos de Centro América variaron de 576 en Costa Rica a 805 kg/ha en El Salvador.

El consumo *per capita* de frijol más alto se encuentra en la región de los Grandes Lagos de África (47.7 kg/año); y los más bajos en los países desarrollados de América del Norte y Europa Occidental (menos de 2.0 kg/año) (Pachico, 1989). El consumo *per capita* actual de frijol en Centroamérica es sólo de 9.8 kg/año, pero se considera que este podría ser mayor si se mejorara la producción a fin de aumentar la disponibilidad del grano durante todo el año. En Honduras, el consumo aparente en los años 1997-98 fue significativamente superior al de los años anteriores y al promedio de la región (Ordoñez y García, 1999). Datos más específicos de las zonas rurales, indican que en Honduras, al igual que en otros países de Centroamérica, se consumen mayores cantidades de este grano en las zonas frijoleras (Rosas *et al.*, 2003).

**Cuadro 1. Regiones de mayor producción de frijol en el mundo y en las Américas.**

Región	Área cosechada (miles ha)	Producción (miles TM)	Rendimiento (kg/ha)
Africa	3,260	2,120	650
Asia	2,076	2,211	1,065
Europa	568	589	1,040
Américas	8,398	6,687	796
Canadá y EE.UU.	784	1,473	1,880
El Caribe	158	95	600
México y C. América	2,296	1,432	620
Sur América	5,160	3,687	715
Total mundial		8,534	100.0

Fuente: Singh, 1999 (modificado de FAO, 1998). Los datos de Asia y Brasil fueron ajustados para separar la información que incluía datos de diferentes *Vigna* spp.

El grano de frijol es un componente esencial en la dieta de la mayoría de la población rural, y en algunos casos la urbana, de los países productores más pobres o en vías de desarrollo. En estos casos, representa la principal fuente de proteínas. El contenido proteico de este valioso grano supera al de muchos alimentos incluyendo los huevos y la carne de res (Cuadro 2). Por otro lado, posee un valor nutricional muy alto debido al mayor contenido de aminoácidos esenciales, en comparación con alimentos como el maíz y la papa, y siendo aún ligeramente superior que la carne de pollo (Cuadro 3).

Estudios recientes indican la presencia de propiedades importantes en las leguminosas de grano incluyendo frijol, en la prevención de ciertas enfermedades incluyendo el cáncer (WCRF/AICR, 1997; National Academy of Sciences, 1989; World Health Organization, 1990). sin embargo, todavía se requieren estudios adicionales para establecer una explicación de causa-efecto suficientemente clara. El panel de expertos del Fondo para el Alivio Mundial del Cáncer y el Instituto Americano para las Investigaciones en Cáncer (WCRF/AICR, siglas en inglés), recomienda que “dado el contenido nutricional de las leguminosas de grano y su importancia en las dietas basadas en plantas como fuentes ricas en proteínas, y que la bioactividad de sus micro constituyentes puedan dar protección contra el cáncer, debe darse alta prioridad a los estudios epidemiológicos en los cuales estas leguminosas sean identificadas cuidadosamente y se establezca su relación con la posible reducción del riesgo a la enfermedad” (WCRF/AICR, 1997).

**Cuadro 2. Comparación del valor nutritivo del frijol con otros alimentos.**

Alimento	Agua (%)	Caloría (cal/100 g)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)
Frijol	11	341	22.1	1.7	61.4
Soya	8	354	38.0	18.0	31.3
Arroz	13	360	6.7	0.7	78.9
Maíz	12	360	9.3	4.0	73.5
Trigo	13	360	6.7	0	78.9
Harina de yuca	11	338	3.8	0.6	81.5
Huevos	74	158	13.0	11.0	0.7
Leche entera(polvo)	2.5	498	27.5	2.6	28.0
Carne de res	67	198	19.0	13.0	0
Pescado	65	75	16.4	0.5	0

Fuente: Zaumeyer (1968).

**Cuadro 3. Contenido de aminoácidos (mg/100 g) del frijol y otros alimentos básicos.**

	Maíz	Papa	Frijol	Pollo
Humedad (%)	12	11	11	66
Proteínas (%)	9.5	2	22.1	20
Lisina	254	96	1593	1570
Metionina	182	26	234	502
Cisteína	147	12	188	161
Triptófano	67	33	223	205
Total aminoácidos esenciales	3820	667	8457	8380
Total aminoácidos	9262	1572	20043	18206

Fuente: Delgado (1975).

## Origen y domesticación del frijol común

A partir del siglo XX, los científicos empezaron a aceptar al Nuevo Mundo como centro de origen del frijol común. Con base en las observaciones en restos arqueológicos, primero del Perú y más tarde del suroeste de los EE.UU., se concluyó que el frijol común se había originado en las Américas. Esto contrario a la creencia de un origen asiático que se había sostenido por varios siglos; por ejemplo, Linneus sugirió su origen en la India. Posteriormente, se fueron acumulando evidencias adicionales en favor del origen americano de *P. vulgaris*, basadas en datos arqueológicos, botánicos, históricos y lingüísticos, lo cual se amplía a continuación.

### Datos arqueológicos

Después de los descubrimientos iniciales en Ancón (Perú), otros restos fueron descubiertos no sólo en los Andes sino también en Mesoamérica y Norteamérica (Cuadro 4). Estas pruebas incluyen semillas, fragmentos de vainas y aún plantas completas. En la actualidad, los restos más antiguos datan de 10,000 años AP. en los Andes (Cueva Guitarrero, Callejón de Huaylas, Ancash, Perú) y 8,000 años AP. en Huachichocana (Jujuy, Argentina), y de aproximadamente 7,000 años AP. en Mesoamérica (Valle de Tehuacán, Puebla, México).

Estos hallazgos arqueológicos comparten dos características similares: están localizados en áreas secas, ya sea de la Región Andina o de Mesoamérica, e incluyen sólo restos de frijol común completamente domesticado. Esto sugiere que la domesticación de frijol común ocurrió previo a las fechas más antiguas mencionadas, aunque no es muy claro qué tan temprano debido a la falta de una secuencia arqueológica más antigua que demuestre la transición de los tipos silvestres a los cultivados.

Muchos de los caracteres que distinguen a las formas silvestres de las cultivadas son controlados por un número limitado de genes, y la mayoría con un marcado efecto fenotípico. Por lo tanto, la herencia de la mayoría de estos caracteres puede ser relativamente alta. Basados exclusivamente en estos argumentos genéticos, se puede deducir que el progreso de la selección durante la domesticación pudo haber sido bastante rápido.

### Datos botánicos

Tres aspectos relacionados con las poblaciones silvestres de frijol son relevantes para la discusión del proceso de domesticación del frijol común: sus características morfológicas, su distribución geográfica y su relación genética con las formas cultivadas. \*

Con base en varios informes, es obvio que los frijoles silvestres son morfológicamente diferentes de acuerdo a su origen geográfico. Comparados con sus contrapartes del sur de los Andes, los frijoles silvestres de México poseen, entre otras diferencias, pedúnculos de racimos más cortos, un mayor número de nudos florales por racimo, bractéolas florales más largas y semillas más pequeñas.

Las formas silvestres de frijol común se encuentran distribuidas en una amplia región que se extiende desde el norte de México (estado de Chihuahua) al noroeste de Argentina (provincia de San Luis). Estas crecen en altitudes que oscilan entre 500 a 2000 msnm, con lluvias anuales entre 500 a 1800 mm. Esta distribución tan extensa de los frijoles silvestres sugiere que esta dispersión condujo a la diferenciación morfológica, fenológica y genética de las poblaciones locales. Por ello, resulta ser muy importante realizar estudios de la variabilidad genética en los frijoles domesticados derivada de poblaciones silvestres de diferentes orígenes geográficos.

**Cuadro 4. Registros arqueológicos de formas cultivadas de frijol común en las regiones Andina, Mesoamérica y de América del Norte.**

Fuente	Ubicación	Edad (años AP.)
<u>Región Andina</u>		
<u>Perú</u>		
Kaplan <i>et al.</i> (1973)	Cueva Guitarrero (Callejón Huaylas)	8000 ✓
Mac Neish <i>et al.</i> (1980)	Cuevas de Ayacucho	6400-5100
Pozorski y Pozorski (1979)	Valle de Moche (La Libertad)	3600-3100
Kaplan (1956)	San Nicolás, Supe (Lima)	900-800
<u>Chile</u>		
Rivera (1971)	Pichasca	4700
<u>Ecuador</u>		
Kaplan y Kaplan (1988)	Huacaloma	3000-2500
<u>Argentina</u>		
Tarrago (1980)	Huachichocana (Jujuy)	9600-6700 ✓
<u>Mesoamérica</u>		
<u>México</u>		
Kaplan (1967)	Valle de Tehuacán (Puebla)	7000 ✓
Kaplan y Mac Neish (1960)	Ocampo (Taumalipas)	6000-4300
Bwoks <i>et al.</i> (1962)	Río Zape (Durango)	1300
Kaplan (1981)	Guila Naquitz (Oaxaca)	1000
<u>Centro América</u>		
Kaplan y Kaplan (1988)	Belice	2000
Kaplan (1981)	Panamá	1600
<u>América del Norte</u>		
<u>Suroeste de EE.UU.</u>		
Kaplan (1956)	Cueva Tularosa (Nuevo México)	2300
Kaplan (1956)	Valle Verde (Arizona)	1600
<u>Nordeste de EE.UU.</u>		
Kaplan (1970)	Blain (Ohio)	1000
Yarnell (1976)	Roundtop (New York)	900

Fuente: Adaptado de Gepts y Debouk (1991).

#### Datos históricos

Información sobre la presencia del frijol común en la Américas es mencionada en un buen número de textos españoles del Siglo XVI. Algunos ejemplos se citan a continuación:

- Se estimaba que Moctezuma recibía aproximadamente 5,000 ton de frijol cada año, en adición a otros tributos como maíz, cacao, ropa, etc. (Códice Mendocino, 1553).
- Después de su primer viaje, Cristóbal Colón observó campos sembrados de frijol cerca de Nevitas, Cuba.

- Cieza de León (1541-50) menciona que las comidas cerca de Popayán, Colombia, consistían en papas, frijoles y diversas hierbas.
- De Acosta (1590) menciona el cultivo de frijoles y pallares por los indígenas de las Américas.
- Garcilaso de la Vega (1600) menciona que los indígenas en Perú cultivaban varios tipos de frijoles.

#### Datos lingüísticos

Los vocabularios de varias lenguas nativas incluyen palabras específicas para denominar al frijol común cultivado en las áreas de origen, es decir desde el norte de México al norte de Argentina.

#### Centros de origen del frijol común en las Américas

Los datos más recientes sugieren que los cultivares de frijol común resultaron de domesticaciones múltiples en las Américas. Dos centros primarios, localizados en Mesoamérica (centro Mesoamericano) y en la región sur de los Andes (centro Andino), dieron lugar a dos grupos mayores de cultivares. Recientemente se ha sugerido la existencia de un centro adicional de domesticación localizado en Colombia.

" La existencia de dos centros principales de domesticación está relacionada con la existencia de dos reservorios de genes en el germoplasma cultivado de frijol común. El aislamiento geográfico pudo haber causado la divergencia genética entre el frijol común de las dos regiones; esto se cumple para varios caracteres agronómicos como adaptación y resistencia a enfermedades, entre otros.

#### Dispersión mundial de los cultivares de frijol común

Después de su domesticación, los cultivares de frijol común fueron introducidos a otras regiones del mundo. En general, tanto los cultivares mesoamericanos como los andinos fueron diseminados a las mismas regiones, por ejemplo a las tierras bajas de Suramérica y África. Sin embargo, los cultivares mesoamericanos llegaron a predominar en las tierras bajas de Suramérica (Brasil) y en el suroeste de los EE.UU.; mientras que los cultivares andinos prevalecen en África, Europa y en el noreste de los EE.UU.

#### Clases comerciales de frijol común

El frijol es consumido en vaina verde ("vainita o habichuela"), grano inmaduro ("frijol sipe") o grano seco. El mayor consumo es en grano seco, destacándose una gran diversidad en cuanto a colores, tamaños y formas. El tamaño del grano de la mayoría de las variedades de frijol consumidas en América y África varía entre 20 a 50 g/100 granos. Voysest (1983) hace una excelente clasificación de los tipos comerciales de frijol (Cuadro 5).

El grano de frijol seco es consumido en una gran variedad de platillos. Estos incluyen las sopas desde la más sencilla condimentada con sal, pimienta y culantro o perejil ("sopa de frijol"), hasta la más elaborada en la que se agregan diferentes tipos de carnes y embutidos ("frejolada brasileña"). En Centro América, el frijol "parado" y "guisado" (Honduras), y el frijol "frito" (Honduras) o "refrito" (Guatemala) se consumen principalmente con tortillas de maíz; mientras que, en México se acompañan con tortillas de harina de trigo. Por otro lado, los frijoles se consumen en diversas formas en otros países. El frijol entero revuelto con arroz se consume en muchos países, donde se le conoce como "gallo pinto" (Nicaragua y Costa Rica), "casamiento"

**Cuadro 5. Clasificación de variedades de frijol de América Latina según sus características del color, tonalidad y tamaño del grano.**

Color	Tono	Tamaño	Variedades
Negro	Opaco	Pequeño	Jamapa (México), Compuestos Chimaltecos (Guatemala), ICA Pijao (Colombia), Porrillos (El Salvador), Negro Argel (Chile)
	Brillante	Pequeño	Nahuizalco Negro y San Andrés 1 (El Salvador)
Rojo claro	Opaco	Pequeño Grande	México 80 y Compuesto Alajuela (Costa Rica), y Cueto Rojo (Cuba) ICA Duva, Sangretoro y Radical (Colombia), y Bolón Rojo (Ecuador)
	Brillante	Pequeño Mediano	Zamorano y Desarrural (Honduras), Orgullosa y Rojo Nacional (Nicaragua), Nahuizalco Rojo y Rojo de Seda (El Salvador) - Rojo 70 (El Salvador)
Rojo oscuro	Brillante	Pequeño	Honduras 46 (Nicaragua) y Danlí 46 (Honduras)
Rosado	Brillante	Pequeño	Rosinha (Brasil).
		Mediano	Roxo (Brasil) y Rosita (México)
		Grande	Red Kidney y Redcloud (EE.UU.)
Moteado con rojo o rosado	Brillante	Pequeño	Flor de Mayo (México)
		Mediano	Pompadour Checa (Rep. Dominicana), Miss Kelly (Jamaica), Diacol Andino y Uribe Rosado (Colombia), Cargabello (Ecuador).
		Grande	Diacol Calima, ICA Tundama y Mortiño (Colombia).
Crema moteados	Brillante	Grande	Cargamento e ICA Llanogrande (Colombia), Cacahuatate (México), Cavalho (Brasil)
Blanco	Brillante	Pequeño	Panamito (Perú), ICA Bunsí (Col), Arroz (Chile), Sanilac (EE.UU.)
		Mediano	Great Northern (EE.UU.), Caballero (Perú), Bolón Blanco (Ecu).
		Grande	Alubia (Arg), Cristal Blanco (Chile), Fénix (Chile), Favada (Brasil).
Crema	Opaco	Pequeño	Mulatinho Vagem Roxa, Rim de Porco y Catú (Brasil)
		Mediano	Bayo Durango, Bayo Madero y Bayo Los Llanos (México)
		Grande	Bayo Titán (Chile)
Amarillo claro (Canario)	Opaco	Pequeño	Garbancillo y Ucayalino (Perú)
		Mediano	Bayo Bolón (Ecu), Bayo Chimú (Perú), Garbancillo Zarco, Canario 101, 107 y 72 (México)
Amarillo azufrado	Opaco	Mediano	Canario Divex y Canario LM (Perú), Azufrado Pimono 787 (México)
Gris o plomo	Opaco	Mediano	Tórtolas (Chile)
Rayado	Opaco	Pequeño	Cariocas (Brasil)
		Mediano	Ojo de Cabra (Brasil) y Pinto (México)
Pardo	Opaco	Pequeño	Chumbinho y Aroana (Brasil)

Fuente: Voysest (1983).

(Honduras), “moros y cristianos” o “arroz moro” (El Caribe) o “tacu-tacu” (Perú). En muchos países se preparan postres con frijol molido, como el “frijol colado” (Perú). En la región andina alta de Perú se consumen los frijoles tostados, y son conocidos como “ñuñas”. Excelentes publicaciones incluyendo una gran diversidad de recetas basadas en frijol han sido publicadas por el CIAT (1991) y Lara *et al.* (2000).

## II. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE FRIJOL

### *Conceptos generales*

Durante el desarrollo de las plantas de frijol se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de la escala de desarrollo del cultivo. Por ello, es importante aclarar algunos conceptos, antes de definir estas etapas de desarrollo.

### *Crecimiento*

Generalmente, se entiende por crecimiento al cambio en volumen o en peso de una planta u órgano. El crecimiento es un fenómeno cuantitativo que puede ser medido con base en algunas variables tales como longitud, acumulación de materia seca, número de nudos, índice de área foliar, etc.

### *Desarrollo*

El desarrollo es fenómeno cualitativo. Se refiere a procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de fenómenos o eventos sucesivos. Por ejemplo, el evento de la aparición de botones florales o racimos, marca el cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta.

### **Características generales del desarrollo de la planta de frijol**

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva (CIAT, 1983).

### *Fase vegetativa*

La fase vegetativa se inicia cuando las semillas encuentran las condiciones favorables para iniciar la germinación; y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. En la fase vegetativa, el desarrollo de los meristemas terminales del tallo y de las ramas produce nudos en los cuales se forman complejos axilares sujetos a un desarrollo posterior.

### *Fase reproductiva*

Esta fase está comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado cuando termina la denominada fase vegetativa, todavía continúa la aparición de estructuras vegetativas; esto hace posible que una planta indeterminada pueda estar produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas.

### **Etapas de desarrollo**

En el desarrollo de la planta de frijol se han identificado 10 etapas las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes. El conjunto de estas 10 etapas forma la escala de desarrollo de la planta de frijol. Cada etapa comienza en un evento del desarrollo de la planta con cuyo nombre se identifica y termina donde se inicia la siguiente etapa, y así sucesivamente.

La identificación de cada etapa se realiza con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular; es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa o R si pertenece a la reproductiva. El número del 0 al 9 indica la posición de la etapa en la escala.

#### Factores que influyen en la duración de las etapas

Los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol incluyen el genotipo (cuyas características hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen otros factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros, que causan variaciones en la duración de las etapas.

##### a. Hábito de crecimiento

Las plantas de frijol pueden ser de hábito de crecimiento determinado o indeterminado, lo cual está definido por las características de la parte terminal del tallo y de las ramas. Si al empezar la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, la planta es de hábito determinado; y si terminan en un meristema vegetativo, la planta es de hábito indeterminado.

Se han definido cuatro tipos de hábito de crecimiento con base en las características de la parte terminal del tallo, el número de nudos, la longitud de los entrenudos y la aptitud para trepar: Tipo I, determinado arbustivo; Tipo II, indeterminado arbustivo; Tipo III, indeterminado postrado; y Tipo IV, indeterminado trepador.

##### b. Precocidad

La precocidad es otro factor que influye en la duración de las etapas de desarrollo, ya que es causa de diferencias importantes en el desarrollo de las plantas, aún en las pertenecientes a un mismo tipo de hábito de crecimiento; debido a esto, se observan diferencias en el número de días a la iniciación de la floración.

##### c. Clima

Los factores climáticos que más inciden en la duración de las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura; tanto los promedios de estos factores como las variaciones diarias y estacionarias de la temperatura desempeñan una función importante en la duración de las etapas del desarrollo. Los efectos se observan en el número de días hasta la iniciación de la floración (etapa R6).

#### Descripción de las etapas de desarrollo

Debido a la variabilidad en la duración de las etapas de desarrollo de la planta como consecuencia de las variaciones de los factores mencionados, se han definido y delimitado estas etapas de desarrollo con base en sus características morfológicas.

A continuación se describe cada una de las etapas de la escala. La escala puede ser usada en todos los tipos de hábito de crecimiento y con todos los genotipos encontrados dentro de estos tipos. Además, la escala puede ser usada para medir el desarrollo tanto de una planta individual como de un cultivo.

## Etapas de la fase vegetativa

La fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada.

### a. Etapa V0: Germinación

Al hacer la siembra, la semilla es colocada en un ambiente favorable para el inicio del proceso de la germinación. Se debe tomar como iniciación de la etapa V0, el día en que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo del proceso de germinación; es decir, el día del primer riego, o de la primera lluvia si se siembra en suelo seco. La semilla absorbe agua inicialmente y ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrimentos de los cotiledones. Posteriormente emerge la radícula (generalmente por el lado del hilum). Luego ésta se convierte en la raíz primaria al aparecer de ella las raíces secundarias y las terciarias. El hipocotilo también crece quedando los cotiledones al nivel del suelo; termina en ese momento la etapa de germinación.

### b. Etapa V1: Emergencia

La etapa V1 se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo; se considera que un cultivo de frijol inicia la etapa V1 cuando el 50% de la población esperada, presenta los cotiledones al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocotilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su tamaño máximo. Cuando éste se encuentra completamente erecto, los cotiledones comienzan a separarse y se nota que el epicotilo ha empezado a desarrollarse.

### c. Etapa V2: Hojas primarias

La etapa V2 comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas. Para un cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. Las hojas primarias del frijol son unifoliadas y opuestas, y están situadas en el segundo nudo del tallo principal; cuando están completamente desplegadas se encuentran generalmente en posición horizontal, aunque no han alcanzado su tamaño máximo.

En esta etapa comienza el desarrollo vegetativo rápido de la planta durante el cual se formarán el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas. Las hojas trifoliadas son alternas. Al inicio de esta etapa se puede observar la primera hoja trifoliada que comienza su crecimiento. Los cotiledones pierden en este momento su forma, arqueándose y arrugándose. El crecimiento de una hoja trifoliada incluye tres pasos: inicialmente, los folíolos todavía unidos aumentan de tamaño; luego éstos se separan y, por último, se despliegan y se extienden en un solo plano.

### d. Etapa V3: Primera hoja trifoliada

La etapa V3 se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. Cuando el 50% de las plantas de un cultivo presenta la primera hoja trifoliada desplegada, se inicia en éste la etapa V3. Se considera que la hoja está desplegada cuando las láminas de los folíolos se ubican en un plano. La hoja no ha alcanzado aún su tamaño máximo y tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada son cortos, como el pecíolo de la hoja trifoliada; por esta razón, cuando se inicia la etapa V3, la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias. Luego el pecíolo crece y la primera hoja trifoliada sobrepasa a las hojas primarias; la segunda hoja trifoliada ya ha aparecido y los cotiledones se han secado completamente y, por lo general, se han caído. El tallo sigue creciendo, la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera hoja trifoliada se despliega.

#### e. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada

La etapa V4 comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada. En un cultivo se considera que se inicia la etapa V4 cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. De igual manera que para la primera hoja trifoliada, ésta se considera desplegada cuando las láminas de los folíolos se encuentran en un solo plano; se puede observar que la hoja se encuentra aún debajo de la primera hoja trifoliada.

Es a partir de esta etapa que se hacen claramente diferenciadas algunas estructuras vegetativas tales como el tallo, las ramas, y otras hojas trifoliadas que se desarrollan a partir de las triadas de yemas que se encuentran en las axilas de las hojas de la planta, incluso de las hojas primarias y de los cotiledones. Las yemas de los nudos inferiores de la planta generalmente se desarrollan produciendo ramas. El tipo de ramificación y el número y la longitud de las ramas dependen, entre otros factores, del genotipo y de las condiciones de cultivo. La primera rama generalmente comienza su desarrollo cuando la planta inicia la etapa V3 o sea cuando la planta tiene la primera hoja trifoliada desplegada. Cuando en el tallo principal se encuentra un promedio de tres o cuatro hojas trifoliadas desplegadas, la primera rama habrá formado el primer nudo que presenta una hoja trifoliada. De esta forma, continúa el desarrollo de otras ramas en el tallo y otras hojas trifoliadas.

#### **Etapas de la fase reproductiva**

Cuando las yemas apicales de las plantas de hábito de crecimiento determinado se desarrollan en botones florales y en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo, termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta.

En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración. En el hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de estructuras vegetativas continúa durante esta fase, o sea que la planta produce nuevos nudos, ramas y hojas; mientras que las plantas de hábito de crecimiento determinado, al empezar la fase reproductiva, cesan el desarrollo de nuevas estructuras vegetativas.

#### a. Etapa R5: Prefloración

La etapa R5 se inicia cuando aparecen el primer botón o el primer racimo floral. El cultivo, se considera que ha entrado en esta etapa cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. En una variedad determinada, el desarrollo de botones florales se inicia en el último nudo del tallo o la rama. En cambio, en las variedades indeterminadas, al inicio de esta etapa, los racimos se observan en los nudos inferiores. Es necesario hacer énfasis entre lo que ocurre en las variedades de hábito de crecimiento determinado, del Tipo I y las variedades de crecimiento indeterminado de los Tipos II, III y IV. En las primeras, el tallo y las ramas terminan su crecimiento formando una inflorescencia. La aparición de la inflorescencia está precedida por el desarrollo de las yemas laterales como botones florales. En las variedades de hábito de crecimiento indeterminado, el tallo y las ramas continúan creciendo debido a que presentan en su parte apical un meristema vegetativo en vez de una inflorescencia. La inflorescencia en las plantas de hábito indeterminado que resultan del desarrollo de las yemas, se encuentran en las axilas de las hojas trifoliadas. En sus estados iniciales de desarrollo, las inflorescencias pueden confundirse con las ramas.

Las siguientes características ayudan a diferenciar un racimo recién formado de una rama incipiente. En un racimo, los órganos más notorios son las brácteas de forma triangular y las bractéolas de forma ovalada a redonda. La forma de conjunto de la inflorescencia tiende a ser cilíndrica o esférica. En una rama incipiente, los órganos más notorios son las estipulas de forma triangular y plana correspondientes a la primera hoja trifoliada de la rama. El complejo axilar de las variedades indeterminadas puede presentar un desarrollo floral y vegetativo. Dicho desarrollo se inicia a partir de un determinado nudo del tallo o de una rama, cuya posición es variable según el genotipo de la planta. En el desarrollo de este complejo axilar la yema central produce un racimo mientras que de las dos yemas laterales, una de ellas generalmente forma una rama y la otra no alcanza a desarrollarse.

En las variedades determinadas, el complejo axilar del último nudo formado presenta un desarrollo floral de sus yemas; es decir las dos yemas laterales se desarrollan como botones florales y la yema central permanece en estado latente. Es a partir de este nudo que el ápice del tallo y de las ramas se transforman en racimo terminal. Los racimos se desarrollan produciendo botones, que al crecer adquieren su forma típica y la pigmentación según la variedad. Un día antes de que ocurra el fenómeno de anthesis (la apertura de la flor), el botón presenta algunos abultamientos característicos. Al final de este proceso se abre la flor.

#### b. Etapa R6: Floración

La etapa R6 se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta y, en un cultivo, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que apareció. En las variedades de hábito determinado (Tipo I), la floración comienza en el último nudo del tallo o de las ramas y continúa en forma descendente en los nudos inferiores; por el contrario, en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado (Tipos II, III y IV), la floración comienza en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente.

La floración en las ramas ocurre en el mismo orden que en el tallo, es decir, es descendente en el hábito determinado y ascendente en los tipos indeterminados. Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento; como consecuencia del crecimiento de la vaina, la corola marchita cuelga o se desprende.

#### c. Etapa R7: Formación de las vainas

La etapa R7 se inicia cuando una planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida, y en condiciones de cultivo, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica.

En las plantas de hábito de crecimiento determinado, las primeras vainas se observan en la parte superior del tallo y las ramas; las demás vainas van apareciendo hacia abajo. Por el contrario, en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado las primeras vainas se forman en la parte inferior y la aparición de las demás ocurre en forma ascendente.

La formación de la vaina inicialmente comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 ó 15 días después de la floración ocurre principalmente un crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de las semillas. Cuando las valvas alcanzan su tamaño final y peso máximo, se inicia el llenado de las vainas.

#### d. Etapa R8: Llenado de las vainas

En un cultivo, la etapa R8 se inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Comienza entonces el crecimiento activo de las semillas. Vistas por las suturas o de lado, las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento.

La vaina se alarga hasta los 10 ó 12 días después de la floración. El peso de las valvas aumenta hasta 15 ó 20 días después de la floración. El peso de los granos sólo aumenta marcadamente cuando las vainas han alcanzado su tamaño y peso máximos; los granos alcanzan su peso máximo 30 a 35 días después de la floración. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para comenzar a adquirir las características de la variedad. La pigmentación de la semilla aparece primero alrededor del hilum y luego se extiende a toda la testa.

En algunos genotipos, las valvas de las vainas también empiezan a pigmentarse. La distribución de la pigmentación, ya sea uniforme, en rayas u otra, depende del genotipo. La pigmentación típica de las valvas generalmente aparece después del inicio de la pigmentación de las semillas. Al finalizar esta etapa también se observa el inicio de la defoliación, comenzando por las hojas inferiores que se tornan cloróticas y caen. El momento en que empieza la defoliación también depende del genotipo.

#### e. Etapa R9: Maduración

La etapa R9 se considera como la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración. Esta etapa se caracteriza por la decoloración y secado de las vainas. Un cultivo inicia esta etapa cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado, en el 50% de las plantas.

Estos cambios en la coloración de las vainas son indicativos del inicio de la maduración de la planta, continúa el amarillamiento y la caída de las hojas y todas las partes de la planta se secan; las vainas al secarse pierden su pigmentación. El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar un 15%, momento en el cual las semillas adquieren su coloración típica, aunque ésta puede cambiar durante el almacenamiento, según la variedad. Termina el ciclo biológico y el cultivo se encuentra entonces listo para la cosecha.

### Hábitos de crecimiento del frijol

Los principales caracteres morfológicos y agronómicos que ayudan a definir el hábito de crecimiento del frijol son:

1. El desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
2. El número de nudos.
3. La longitud de los entrenudos y en consecuencia, la altura de la planta. Adicionalmente, hay que considerar la distribución de las longitudes de los entrenudos a lo largo del tallo.
4. La aptitud para trepar.
5. El grado y el tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía, el cual es definido como la parte del tallo y/o las ramas que sobresalen por encima del follaje del cultivo.

Los primeros cuatro caracteres están especialmente relacionados con el tallo, pero es posible tenerlos en cuenta para el caso de las ramas originadas en cualquier nudo. Se debe revisar lo que involucra al grado de ramificación.

La planta de frijol común es por naturaleza muy ramificada. Las ramas principales pueden tener a su vez ramas laterales, lo que multiplica los lugares potenciales de floración.

Cada uno de los nudos del tallo posee una hoja trifoliada a excepción del nudo cotiledonar y el nudo de las hojas primarias. En las ramas, los dos primeros nudos (difícilmente diferenciables) poseen una estructura foliar de forma triangular denominada profilo. El tercer nudo presenta una hoja trifoliada del tipo normal.

La ramificación se desarrolla especialmente en los nudos de las hojas trifoliadas inferiores del tallo, a partir de las yemas presentes en la axila de dichas hojas. Las yemas de los dos primeros nudos (de los cotiledones y de las hojas primarias) pueden permanecer en estado latente, pero tienen el potencial de desarrollo generalmente como ramas axilares. Esto puede suceder con mayor probabilidad cuando el tallo sufre algún daño. Pero cualquiera que sea el hábito de crecimiento, la ramificación es muy reducida en las partes terminales del tallo o de las ramas. En estas partes, el desarrollo de las yemas axilares tiende a ser reproductivo.

Según los estudios de Debouk e Hidalgo (1985), se considera que los hábitos de crecimiento podrían ser agrupados en cuatro tipos principales; esta clasificación está sujeta a modificaciones, las cuales seguramente tendrán en cuenta las situaciones particulares e intermedias.

### **Tipos de hábitos de crecimiento**

**Tipo I:** Hábito de crecimiento determinado arbustivo. Las plantas de Tipo I presentan las siguientes características:

1. El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada. Cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y de las ramas generalmente se detiene.
2. En general el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos (5-10), generalmente cortos.
3. La altura puede variar entre 30-50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas (15-25 cm).
4. La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.
5. Existe una variación dentro del hábito de crecimiento determinado, en la cual los entrenudos son más largos, pueden ser más numerosos (más de 8) y en algunos casos con aptitud trepadora.

**Tipo II:** Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo. Pertenecen a este Tipo II, las plantas con las siguientes características:

1. Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta. Las ramas no producen guías.

2. Pocas ramas, pero en número superior al tipo I y generalmente cortas con respecto al tallo.
3. El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del Tipo I, y generalmente más de 12.
4. Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a menor ritmo.

**Tipo III:** Hábito de crecimiento indeterminado postrado. Las características más sobresalientes de las plantas de hábito Tipo III, son:

1. Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
2. La altura de las plantas es superior a la de los Tipos I y II (generalmente más de 80 cm).
3. Lo anterior se debe a que el número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II. Así mismo, la longitud de los entrenudos es superior respecto a los hábitos anteriormente descritos y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
4. El desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura del Tipo III. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa. Otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Dentro de estas variaciones se puede presentar aptitud trepadora especialmente si las plantas cuentan con algún soporte en cuyo caso suelen llamarse semi-trepadoras.

**Tipo IV:** Hábito de crecimiento indeterminado trepador. Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico frijol trepador. Este es el tipo de hábito de crecimiento que se encuentra generalmente en la asociación maíz-frijol y se caracteriza por:

1. A partir de la primera hoja trifoliada el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión lo que se traduce en su habilidad trepadora.
2. Ramas muy poco desarrolladas (exceptuando algunas), a consecuencia de la dominancia apical.
3. El tallo puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar más de 2 m de altura con un soporte adecuado.
4. La etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan a un mismo tiempo las etapas de floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración.

Por lo general hay de 10 a 20 nudos en el tallo principal de las plantas de los Tipos II y III; este número de nudos se considera intermedio, al igual que la altura de la planta, si se comparan con las plantas de los Tipos I y IV.

Finalmente es importante señalar que hay variedades que tienen hábitos de crecimiento que no se pueden incluir en ninguno de estos cuatro tipos, pues son hábitos intermedios entre cualquiera de los descritos anteriormente.

Además, algunos de los componentes del hábito de crecimiento han evolucionado, por ejemplo el tipo de ramificación, debido a la selección de fenotipos adecuados a necesidades locales o regionales. Esto ha dado origen a subclasificaciones de gran utilidad en el proceso de mejoramiento.

Por ejemplo en el Tipo III existen plantas postradas denominadas IIIa; mientras que, otras tienen el tallo y las ramas con aptitud trepadora, aunque no muy desarrollada y se denominan IIIb.

En el tipo IV se hacen subdivisiones según la distribución de las vainas en la planta. Por ejemplo, cuando las vainas se distribuyen uniformemente a lo largo de la planta se denomina IVa; y si las vainas se concentran en la parte superior de la planta se denomina IVb.

Es necesario tener en cuenta que las condiciones ambientales influyen en la expresión del hábito de crecimiento; por ello, una variedad puede presentar variaciones en la expresión de este carácter en diferentes ambientes. Es así como algunas variaciones del hábito de crecimiento Tipo III bajo condiciones particulares de una zona pueden resultar en plantas con hábitos semejantes al tipo IV, según el suelo, la densidad de población, la presencia de tutores, el sistema de cultivo y otros.

Sin embargo, las diferencias entre los hábitos determinados e indeterminados son estables y más claras, ya que el funcionamiento de los meristemas es completamente diferente, además de que existen diferencias notorias en las correlaciones entre las partes de la planta. El sentido de la floración, constituye una diferencia importante entre estos hábitos; en las plantas determinada es descendente, es decir de las partes apicales hacia la parte inferior, mientras que en las indeterminadas es lo contrario.

### III. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL

#### Factores ambientales: Clima y Suelos

##### Clima

El frijol es una planta de origen tropical y se desarrolla y produce mejor a temperaturas entre 18 y 24 °C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1200 msnm. Los mayores rendimientos se obtienen a las temperaturas promedio indicadas. En localidades demasiado bajas y calurosas también se puede producir frijol satisfactoriamente, siempre que las temperaturas nocturnas no sean muy elevadas, ya que las noches calurosas comúnmente inducen a la caída de flores en detrimento de la producción. El calor excesivo y la falta de agua ocasionan el marchitamiento de la planta y la quema o 'chamuscado' de las hojas. El calor y la luz solar intensa causan escaldaduras de las hojas y vainas que se encuentran cubiertas de gotas de agua o saturadas con humedad. Afortunadamente, en los últimos años se han desarrollado variedades de frijol tolerantes a altas temperaturas, que se recomiendan para zonas bajas tropicales y/o épocas calurosas (Rosas *et al.*, 2000; Rosas y Escoto, 2003).

Por otro lado, las temperaturas inferiores a 18 °C, frecuentes en zonas altas, afectan el desarrollo vegetativo de las plantas y provocan atraso en la floración, con lo cual se prolonga considerablemente el ciclo de crecimiento. En zonas y épocas donde ocurren heladas se produce la quemazón de las hojas en plantas jóvenes, las que se recuperan fácilmente si estas condiciones no persisten. Si las heladas ocurren durante la formación de vainas a la madurez, pueden causar daños en las vainas y granos, parecidos a los de la bacteriosis común. Si las heladas ocurren cuando las vainas están casi maduras, la testa del grano se raja o quiebra.

El frijol es sensible a la falta de humedad en el suelo, de manera que para su buen crecimiento y producción es conveniente que reciba entre 300-350 mm. de precipitación pluvial, bien distribuidos durante el ciclo; caso contrario, es necesario suplir la necesidad de agua mediante riegos. Por otro lado, el cultivo es muy susceptible al exceso de agua, de manera que las lluvias excesivas pueden perjudicar el crecimiento de las plantas y brindar condiciones favorables para el ataque de enfermedades, tanto radicales como del follaje. Las lluvias en forma de granizo, los vientos fuertes y las partículas de suelo pueden causar daños en hojas, tallos y vainas.

##### Suelos

El frijol se puede establecer en una gran diversidad de suelos de características variables. Sin embargo, se deben seleccionar terrenos con suelos que permitan el crecimiento radical hasta por lo menos 50 cm, de manera que las plantas puedan extraer suficiente agua y los nutrimentos necesarios para su desarrollo. En dicho espesor de suelo no deben existir rocas, capas endurecidas o impermeables. Por el contrario, los suelos deben ser sueltos y porosos, que permitan la infiltración adecuada del agua y que el exceso de esta se mueva hacia capas más profundas, y para que exista una buena aeración que permita la respiración normal de las raíces y de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y que fijan N<sub>2</sub> en asociación con las plantas de frijol.

Se debe evitar los suelos que se endurecen fácilmente o que forman costras superficiales cuando se secan. El drenaje debe ser eficiente ya que el frijol es muy susceptible a la

acumulación de agua, condición que restringe la aeración de raíces y crea condiciones favorables para patógenos causantes de enfermedades radicales. Debido a esto, se deben evitar los suelos pesados a menos que su drenaje haya sido mejorado mediante la incorporación de materia orgánica y otras prácticas como la nivelación del terreno, la construcción de canales de desagüe y/o el uso de camellones de siembra con una pendiente adecuada que permita desalojar el exceso de agua rápidamente. Los suelos demasiados arenosos no son adecuados por tener escasa capacidad de retención de agua.

El frijol es muy susceptible a la alta acidez del suelo, sobre todo cuando se presenta asociada a niveles tóxicos de aluminio y manganeso. Los valores de pH más apropiados para el cultivo de frijol varían entre 6.0 y 7.5, es decir ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos. Sin embargo, existen variedades adaptadas a diversas condiciones de suelo. La corrección de las deficiencias de los suelos mejora la producción de este cultivo.

## IV. PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE FRIJOL

### Preparación del terreno

La aradura debe efectuarse de 20-30 cm de profundidad, con arado de discos o vertedera. En un suelo profundo y endurecido es necesario el uso de un arado cincel o un subsolador a 35-45 cm de profundidad, lo cual mejora la aeración y el drenaje interno. Seguidamente, se realiza uno o dos pases de rastra para dejar el terreno suficientemente mullido y suelto.

En siembras de relevo después de maíz y en terrenos de ladera con pendiente no muy pronunciada, se sugiere limpiar entre las hileras después de la dobla del maíz y dar un pase con cultivadora de tracción animal para dejar el suelo en condiciones adecuadas de siembra. En ciertos sistemas se efectúa la siembra con chuzo o espeque sin roturar el suelo. Existen varias modalidades de preparación de acuerdo al terreno, disponibilidad de maquinaria y equipo, recursos financieros, costo de insumos y comercialización del producto, y ciertas combinaciones de maquinaria y tracción animal para la preparación del terreno.

Mediante una preparación adecuada del suelo se puede mejorar la producción de frijol, y reducir la presencia de plagas y enfermedades. Entre las consideraciones durante la preparación del terreno se incluyen las siguientes:

- Si en el cultivo anterior de frijol se presentó una incidencia y daños poco significativos por la baja presencia de insectos plagas y enfermedades, se recomienda incorporar los rastrojos en la preparación. Por el contrario, si se presentaron demasiadas plagas y enfermedades y los daños fueron significativos y causaron la reducción de rendimiento y calidad del grano, se recomienda eliminar los rastrojos mediante quema controlada o usarlos en la preparación de compost (abono orgánico) fuera del lote.
- Si se trata de una siembra de relevo con maíz, es aconsejable limpiar entre las hileras de maíz con machete, azadón o herbicidas antes de la siembra de frijol, y dar un pase de cultivadora. Si el maíz tiene todavía demasiadas hojas, se recomienda eliminar las hojas bajas con machete.
- Si el terreno es de ladera, las labores de surcado, siembra y cultivo deben hacerse en el sentido de las curvas a nivel, para reducir las pérdidas de suelo y lavado de sus nutrimentos. Para incrementar la productividad del frijol y otros cultivos, y conservar el suelo y el agua, se recomienda el empleo de zanjas o acequias de ladera y la labranza mínima continua utilizando tracción animal.

### Épocas de siembra

El frijol se siembra principalmente de acuerdo al régimen de lluvias. Siendo un cultivo de ciclo corto, normalmente puede sembrarse hasta dos veces por año. En muchas regiones la época de siembra depende de la siembra de otros cultivos de ciclo más largo (maíz o arroz), con respecto a los cuales debe ajustarse las siembras de frijol. La asociación en sistemas directos (eg. con maíz) o en secuencia después de otros cultivos, determina las épocas de siembra. En la mayoría de sistemas, el frijol se siembra en la parte final del ciclo de lluvias ya que por ser de ciclo corto puede adaptarse mejor; sin embargo, las lluvias insuficientes son uno de los factores limitantes de la producción de frijol en muchas regiones. Dentro de la misma especie de frijol

existen variedades de ciclo más largo que pueden aprovechar mejor las épocas o regiones de mayor disponibilidad de agua; por el contrario, variedades precoces son utilizadas por los agricultores para asegurar cierto nivel de productividad, en épocas o regiones de menor disponibilidad de lluvias.

La influencia de la temperatura en la época de siembra es mayormente considerada en regiones templadas. En el trópico, si se dispone de riego se puede sembrar casi en cualquier período del año.

## Variedades

El empleo de variedades mejoradas incrementa los rendimientos y ayuda a reducir las pérdidas debidas a daños causados por la alta incidencia de enfermedades e insectos plagas, los efectos de la sequía o excesos de lluvia, y las condiciones marginales de los suelos. Se debe consultar con técnicos de la agencia u organización más cercana o accesible, sobre las nuevas variedades mejoradas disponibles para la producción de frijol en su zona de producción.

Para la producción de frijol en zonas bajas e intermedias es recomendable el uso de variedades mejoradas, porque su resistencia genética y buena arquitectura ayudan a reducir la incidencia y daños de las enfermedades causadas por bacteria, hongos y virus (ver capítulo de enfermedades). La arquitectura erecta (tipo arbolito) y las guías o bejucos cortos facilitan las labores de deshierba y control químico de malezas, el control de plagas, y el arranque de las plantas durante la cosecha.

Las variedades mejoradas de tipo arbustivo-indeterminado presentan un período de floración más corto que las variedades criollas mayormente de hábito postrado; lo cual permite un control más efectivo de plagas, como el picudo de la vaina, con un menor número de aplicaciones y productos de baja toxicidad. La uniformidad a la madurez fisiológica de las variedades mejoradas facilita el arranque, el aporreo y limpieza de plantas con la mayoría de vainas maduras y secas a la cosecha.

## Semilla

El uso de semilla de calidad es muy importante en el cultivo de frijol. Las siembras con semillas de calidad aumentan las posibilidades de un cultivo vigoroso y uniforme, buena respuesta al manejo adecuado del cultivo y la obtención de una buena cosecha. Para la producción de frijol es recomendable usar semilla certificada o producida en lotes donde no ha habido, o la presencia de enfermedades ha sido muy baja y su control ha sido eficiente. Se sugiere mantener los lotes de producción de semilla y la cosecha lo más puros posibles, y renovar la semilla básica cada 2-3 años. Si no se conoce la calidad de la semilla, o ésta ha estado almacenada por mucho tiempo, se debe hacer una prueba de germinación 2-3 semanas antes de la siembra. Conociendo esto, se puede determinar la cantidad necesaria para lograr la densidad poblacional de plantas deseada.

Antes de la siembra se debe tratar la semilla con fungicida, especialmente si esta proviene de lotes que han sido afectados por enfermedades transmitidas por semillas como la antracnosis, bacteriosis común, mancha angular y mustia hilachosa. Previo a la siembra, se debe tratar la

semilla con insecticida si en el lote se han observado daños significativos por plagas de suelo, principalmente gusanos cortadores, en la siembra anterior.

### Densidad de siembra

En el cultivo de frijol la distribución de la semilla debe ser uniforme y regularmente espaciadas en las hileras durante la siembra. Las densidades recomendadas varían entre 200-250,000 pl/ha, pudiendo sembrarse a 50-60 cm entre hileras y de 7.5-10 cm entre plantas (10-13 semillas/m lineal). Muchos agricultores en Centro América utilizan un arreglo de siembra denominado "al cuadro", empleando de 30-40 cm (en épocas o zonas más húmedas) y de 20-30 cm (en épocas o zonas más secas) entre hileras y entre plantas, respectivamente. Bajo este arreglo al cuadro, frecuentemente se utilizan de 2-3 semillas por postura o golpe.

La cantidad de semilla varía con el tamaño de la semilla de cada cultivar; sin embargo, se recomienda sembrar de 40-50 kg/ha de una semilla con alta germinación, para asegurar la densidad deseada. Se debe incrementar la cantidad de semilla si la germinación es menor a lo que se espera. Las semillas deben enterrarse a 2-3 cm de profundidad. Si la humedad y la temperatura del suelo son adecuadas, la germinación ocurre a los 3-4 días y la emergencia a los 5-6 días después de la siembra.

La siembra en surcos o camellones se recomienda en lugares y épocas donde se pueden presentar excesos de lluvias; esto puede hacer variar las distancias entre hileras de siembra.

### Fertilización

El suelo, además de tener las características físicas favorables, debe suministrar los nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas. Con frecuencia los suelos no contienen los elementos nutritivos en las cantidades adecuadas para el buen crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo. Por esta razón, se hace necesario proporcionar los nutrientes deficientes en el suelo mediante la fertilización. De estos elementos, los que más efectos tienen sobre la producción son el nitrógeno, fósforo y potasio. En algunos casos es necesario corregir la deficiencia de otros nutrientes que se requieren en menor cantidad; en otros, una condición específica en el suelo puede estar interfiriendo con la disponibilidad de ciertos nutrientes. Esta situación es necesaria corregirla, como en el caso de una condición de alta acidez del suelo que puede estar limitando la disponibilidad de fósforo y molibdeno, y que puede ser corregida con un encalado del suelo. Cuando se está determinando la fertilización, se debe tener en cuenta las enmiendas y rotaciones de cultivos realizadas en el lote a sembrarse con frijol.

La cantidad de nutrientes extraídos por el cultivo dependerá del crecimiento y desarrollo del mismo, lo que está relacionado con las características físico-químicas y microbiológicas del suelo, la disponibilidad de humedad, las variaciones en temperatura, y las características de la variedad y su adaptación agronómica a la zona de producción y a los sistemas de siembra empleados. Sánchez (1981) sugirió una extracción en kg/ha de 31 de nitrógeno, 3.5 de fósforo y 6.0 de potasio por 1,000 kg/ha de rendimiento de grano. Posteriormente, se menciona que para una producción de 1,000 kg/ha de grano, el cultivo de frijol extrae en promedio (expresado en

kg/ha de nutrimento extraído): 32.3 de nitrógeno, 3.7 de fósforo, 18.6 de potasio, 9.2 de azufre, 3.2 de calcio y 3.1 de magnesio (Tung y Pereira de Oliveira, 1998).

### Nitrógeno

Con los niveles actuales de bajos rendimientos entre 500-1000 kg/ha, en la mayoría de las regiones tropicales, las plantas de frijol extraen alrededor de 30-50 kg/ha de N. Con niveles de rendimientos más altos, se han obtenido extracciones de 100-150 kg/ha de este elemento.

Aunque se supone que las leguminosas reciben el nitrógeno a través de la fijación simbiótica, en el caso del frijol es necesaria complementarla con la fertilización con N. En América Latina la fijación simbiótica en frijol común por medio de *Rhizobium* es relativamente baja, y se recomiendan aplicaciones de N en el orden de 30-100 kg/ha de N. Los niveles más altos de fertilización nitrogenada se recomiendan para suelos muy pobres en N. Sin embargo, el uso de una baja fertilización nitrogenada (< 30 kg/ha), y la inoculación con cepas efectivas de *Rhizobium* para condiciones específicas, debe de proveer los requerimientos de N necesarios para un buen rendimiento. El manejo adecuado del cultivo mejora significativamente la respuesta a la inoculación.

### Fósforo y potasio

Las cantidades de fósforo y potasio extraídas por el cultivo de frijol son mucho menores que en el caso del nitrógeno. Para una producción de 1,000 kg/ha de grano, las plantas de frijol absorben aproximadamente 10 kg/ha de estos elementos. Muchos suelos tropicales fijan el fósforo disminuyendo su disponibilidad, requiriéndose su abastecimiento mediante la fertilización. En la mayoría de los casos, los agricultores utilizan fertilizantes fórmulas que proveen P y K además de N; dichos fertilizantes son aplicados al momento de la siembra. Entre estos fertilizantes se encuentran el 18-46-0, 12-24-12, 15-15-15 y otras fórmulas compuestas.

### Micro-nutrientes

Algunos suelos presentan deficiencias de micro-nutrientes que pueden ser corregidas con aplicaciones al suelo o con fertilizantes foliares. En muchos casos, estas limitantes pueden deberse a condiciones de antagonismo de ciertos elementos que limitan la disponibilidad de otros. En general, para utilizar las recomendaciones adecuadas deben hacerse análisis de suelos y tejidos, y solicitar las recomendaciones de fertilización por laboratorios reconocidos o a través de las agencias de desarrollo o de transferencia más cercanas.

### Tipo de fertilizantes

En los suelos donde el fósforo es bajo y el potasio no es limitante, debe usarse una fertilización con 18-46-0 u otra fórmula con bajo contenido de potasio, y una segunda fertilización con urea. En suelos donde la fertilidad con respecto a los tres elementos es baja, deberá usarse una fertilización con las fórmulas 12-24-12 ó 15-15-15, y una segunda fertilización con urea. Las cantidades serían las recomendadas según los análisis de suelos y el historial de manejo del suelo y cultivos anteriores. Las aplicaciones complementarias de fertilizantes foliares que adicionalmente contienen micro-nutrientes, mejoran el desarrollo del cultivo y la productividad del frijol.

## Época y forma de aplicación

El fertilizante básico, es decir la fórmula conteniendo nitrógeno, fósforo y potasio, debe de aplicarse a la siembra utilizando una sembradora-fertilizadora o a mano en siembras no mecanizadas, o con tracción animal. El fertilizante se debe depositar en bandas a lo largo de las hileras de siembra, y colocado a unos 5 cm de lado y 5 cm por debajo de la semilla. La urea se utiliza para complementar las cantidades de nitrógeno proporcionadas en la fertilización básica. Se debe aplicar poco antes de la etapa V4 (3<sup>ra</sup> hoja trifoliada), aproximadamente a los 20-25 días después de la emergencia en zonas bajas-intermedias de Centro América; colocándolo en bandas, cerca de las hileras de plantas, y tapado con pase de cultivadora halada por tractor o tracción animal, o manualmente con azadón. Con esta labor, simultáneamente se controlan las malezas y se realiza el aporque de las plantas.

La fertilización foliar (macro y micro-nutrientes), se recomienda hacerla una semana después de aplicada la segunda fertilización con urea, o más temprano si es en reemplazo de esta seguida de una segunda aplicación una semana después, e inmediatamente antes de la floración.

Para que la fertilización sea efectiva y se obtenga la respuesta en incremento en productividad esperada, es necesario que haya una adecuada humedad en el suelo y un eficiente control de malezas, insectos y enfermedades durante el desarrollo del cultivo.

## Fijación de nitrógeno

El frijol es capaz de fijar nitrógeno atmosférico mediante su asociación principalmente con bacterias de la especie *Rhizobium etli* (Graham *et al.*, 2003). Estas bacterias forman nódulos en las raíces, en las cuales están contenidos los rizobios que fijan nitrógeno del aire, contribuyendo a satisfacer parcialmente los requerimientos de la planta. Se recomienda inocular las semillas o el suelo utilizando inoculantes preparados con cepas efectivas por laboratorios reconocidos. Esta es una forma muy económica de proveer nitrógeno a las plantas de frijol; en la mayoría de los casos, la fijación de N<sub>2</sub> puede suplir las necesidades de una segunda fertilización con urea.

La mayoría de los suelos de Latinoamérica contienen poblaciones variables de cepas nativas de *Rhizobium*, que en su mayoría forman nódulos inefectivos que no fijan suficiente nitrógeno para satisfacer los requerimientos del cultivo. Por lo tanto, es necesario introducir cepas efectivas junto con la semilla. Antes de inocular la semilla para la siembra, se deben tomar en cuenta los siguientes cuidados y recomendaciones: a) observar siempre la fecha de vencimiento del inoculante, y b) conservar el inoculante en un lugar fresco o refrigerado, evitando las altas temperaturas y exposición al sol.

## Procedimiento de inoculación

- a. La inoculación de la semilla puede hacerse con la ayuda de una mezcladora o a mano en la tolva de la sembradora.
- b. Agregar de 5-10 ml de agua por kilogramo de semilla, mezclando bien y procurando la formación de una fina película de agua sobre la semilla. Se puede preparar una solución adhesiva para obtener una mejor inoculación, agregando 50 ml de adherente / L de agua y aplicando 5 ml de esta solución / kg de semilla.
- c. Mezclar la semilla con las manos hasta que esté totalmente humedecida.
- d. Agregar el inoculante, usando 6-8 g de inoculante / kg de semilla.

- e. Mezclar bien todos los ingredientes.
- f. Proceder inmediatamente a la siembra.

### Evaluación de la nodulación en campo

Esta evaluación consiste en observar un número determinado de plantas para determinar el número, tamaño y coloración interna de los nódulos, y el vigor de las plantas. Los muestreos pueden ser efectuados desde los 25 días después de la emergencia hasta la floración, dependiendo de la variedad. Los nódulos normales deben medir de 2-4 mm de diámetro, tener una superficie rugosa y coloración interna rosada; esta última característica indica actividad de la leghemoglobina pigmento presente en la fijación de nitrógeno.

### Riegos

El cultivo de frijol se conduce principalmente bajo condiciones de lluvia. En muchas regiones, las precipitaciones son irregulares o el cultivo se establece al final de la estación lluviosa, presentándose condiciones limitantes de agua que muchas veces originan bajos rendimientos.

El riego del cultivo de frijol permite alcanzar altos rendimientos y buena calidad del grano, no solamente al asegurar el agua necesaria para el buen desarrollo de las plantas, sino al permitir el uso de variedades mejoradas, hacer un uso más eficiente de los fertilizantes y facilitar la ejecución de labores culturales.

### Requerimientos de agua

El frijol incrementa el consumo de agua a medida que aumenta su desarrollo vegetativo, y llega al máximo cuando el follaje cubre completamente el suelo. La cantidad de agua extraída depende además de las necesidades de la planta, de las condiciones climáticas y la capacidad de retención de agua por el suelo.

El cultivo necesita aproximadamente 300-350 mm de agua distribuida durante el ciclo del cultivo. El máximo consumo diario ocurre durante el llenado de las vainas, cuando los requerimientos pueden llegar hasta 8 mm por día. Estas necesidades son mayores en regiones de mayor temperatura y exceso de vientos.

Hay tres períodos críticos en los cuales las deficiencias de humedad tienen un efecto mayor sobre el desarrollo y rendimiento de las plantas de frijol. La primera es la etapa inmediata a la siembra, en la que se desea humedad adecuada para una buena germinación y emergencia, y el establecimiento uniforme del cultivo. La segunda es durante la floración, para evitar la caída de las flores y lograr un máximo número de vainas formadas por planta. La tercera ocurre durante la etapa del llenado de vainas, para la obtención del tamaño máximo de los granos y por ende, mayor rendimiento.

### Frecuencia de los riegos

La frecuencia de los riegos depende de los requerimientos de la planta, los factores climáticos y de las características de retención de agua de los suelos. Se deberá regar con mayor frecuencia

en climas secos, de altas temperatura y radiación solar; mientras que a menores temperaturas y cielo parcial o totalmente nublado, se deberá distanciar la frecuencia de los riegos.

En los suelos livianos, con alto contenido de arena, deberán hacerse riegos de menor volumen pero con mayor frecuencia que en suelos pesados, arcillosos, en los que se recomiendan mayores volúmenes de riego con menor frecuencia. En general, se recomienda aplicar riegos con frecuencias semanales hasta completar el llenado de las vainas, haciendo unos 8-10 riegos dependiendo de la duración del ciclo de crecimiento de la variedad, que a su vez es influenciada por factores como la temperatura y el fotoperíodo.

## Sistemas de producción

El frijol es un cultivo que se conduce bajo diversos sistemas de producción, dependiendo del tipo de explotación en términos de tamaño de finca, nivel de tecnología y destino de la producción (autoconsumo, consumo local, exportación y procesamiento). Generalmente, el frijol es cultivado en sistemas de monocultivo en forma intensiva, y en diversos sistemas de cultivos múltiples bajo una agricultura más tradicional y de bajos insumos. En el trópico, la asociación de cultivos o cultivos múltiples tiene una historia casi tan larga como la historia de la agricultura, y el frijol es uno de los cultivos que se asocia con mayor frecuencia en Latinoamérica. Ejemplos específicos de sistemas de frijol en asocio son los siguientes: la mayoría del área sembrada con frijol en Colombia se encuentra en asociación con maíz, papa y otros cultivos, y más del 50% de frijol en Guatemala, Brasil y México, se encuentra sembrada en asociación principalmente con maíz.

Estos sistemas múltiples aprovechan eficientemente el régimen de lluvias, las temperaturas y condiciones favorables, y los recursos de suelo. Entre los sistemas de cultivos múltiples o asociados utilizados en la producción de frijol se encuentran los siguientes:

1. Cultivos mixtos frijol voluble-maíz. Este sistema se encuentra en México, Guatemala, Colombia, Ecuador y Perú. Su producción se encuentra en los valles y altiplanos de tierras en la Sierra Madre y en la Cordillera Andina. El ciclo del frijol es de 8-9 meses, debido a las bajas temperaturas.
2. Cultivos intercalados frijol arbustivo-maíz. Este sistema se presenta con mayor frecuencia en zonas de alturas intermedias en Colombia, México y Guatemala.
3. Cultivos intercalados frijol arbustivo-otros cultivos. En las zonas cafeteras de Colombia y otros países, se produce frijol arbustivo con café o con yuca. En otros lugares se le asocia con cultivos como papa o maíz.
4. Relevo maíz-frijol arbustivo o de semi-guía. Este sistema se usa ampliamente en América Latina cuando el patrón de precipitación es bi-modal. En algunos sistemas se siembra primero el maíz (primera época de lluvia) seguido del frijol (segunda época). Es un sistema generalizado en Centroamérica donde se siembra el frijol cuando el maíz está en la etapa de madurez fisiológica o cerca de la cosecha.
5. Relevo maíz-frijol voluble. Este es un sistema típico de algunas regiones de Colombia, Guatemala y otros países, donde se siembra el frijol voluble para que se enrede en los tallos de maíz.

## Cosecha y trilla

La cosecha del cultivo de frijol se realiza después de completarse la madurez fisiológica, cuando la mayoría de las hojas se han caído y la mayoría de las vainas se han secado. En esta etapa se arrancan las plantas y se amontonan en hileras en el campo con las raíces hacia arriba; esto permite a las plantas terminar de secarse al sol por dos o tres días. El secado permite que las vainas se abran con facilidad al momento de la trilla, y los granos contengan aproximadamente 14% de humedad. La madurez de cosecha deberá coincidir con períodos secos, como ocurre en las siembras de postrera en Centroamérica

Si la cosecha es de siembras de primera o en zonas húmedas, se arrancan las plantas cuando estas alcanzan un estado avanzado de madurez fisiológica, y se cuelgan los manojos en un galpón o área bajo techo para que terminen de secarse y alcancen la humedad adecuada para facilitar la trilla o el aporreo. Una alternativa muy efectiva para terminar de secar la cosecha de frijol una vez arrancada, es utilizar las carpas o ranchos de plástico, colocando los manojos de plantas formando una era, sobre una cama de ramas de palma o arbustos para aislar la cosecha del suelo húmedo. La era o montón de manojos de plantas cosechadas se cubre con un plástico transparente, o este se coloca sobre una vara horizontal sostenida por dos horquetas formando una carpa o rancho. Se atan los extremos del plástico a estacas clavadas en el suelo. El plástico acelera el secado por el sol y protege la cosecha de las lluvias. Se debe dejar un espacio entre la parte superior de la era de frijol y el techo de plástico, y en la parte inferior a unos 25-30 cm del suelo para facilitar la ventilación. Además, se pueden colocar tubos perforados de PVC atravesando los manojos de frijol para facilitar la eliminación de la humedad.

El desgrane o trilla en áreas pequeñas se realiza a mano, golpeando con palos los montones de plantas secas. Posteriormente, el grano con residuos de la cosecha es limpiado al dejarlo caer desde cierta altura, permitiendo que el viento arrastre el material extraño. En áreas mayores se utilizan trilladoras mecánicas, accionadas por motores o por la toma de fuerza del tractor, ubicadas en ciertos sectores del campo donde son alimentadas manualmente con los montones de plantas secadas al sol. En plantaciones extensas, resulta más eficiente y económico la trilla mediante máquinas combinadas o autopropulsadas, las cuales se alimentan manualmente con las plantas amontonadas en hileras para secarse. También se pueden cosechar las plantas secas en pie, sin arrancarlas y amontonarlas, por medio de combinadas con un cabezal adecuado.

## Almacenamiento del grano

Una vez cosechado y limpio, el grano es llevado en sacos hacia el lugar donde se almacena hasta su consumo o venta. Previo al almacenamiento, es necesario reducir el contenido de humedad del grano a un 12-13%, a fin de asegurar su buena conservación durante el almacenamiento. Esto se puede lograr exponiéndolo al sol si las condiciones son adecuadas; si existe demasiada humedad ambiental y posibilidad de lluvia es necesario recurrir al secado artificial, lo cual incrementa los costos. Lo mejor es producir en épocas en que la cosecha del grano coincida con épocas suficientemente secas.

Los granos almacenados son afectados por factores físicos como la humedad y la temperatura, y biológicos como hongos, insectos y roedores. Se debe almacenar el grano de frijol con la humedad adecuada, y en un lugar ventilado y protegido de la intemperie. Las altas temperaturas

y humedad favorecen el desarrollo de hongos e insectos y reducen la calidad fisiológica de la semilla.

Para el almacenamiento del grano de frijol se utilizan diversas estructuras. Los pequeños productores almacenan en sacos en lugares secos, normalmente cerca de la cocina; no deben colocarse en contacto con el suelo ni paredes; por lo que es conveniente usar tarimas de madera y colocar los sacos estibados o traslapados, separados en bultos, para facilitar la aeración.

La utilización de barriles o drones metálicos de 55 galones, con capacidad para almacenar 4 quintales de frijol aprox. es muy difundida. Cuando se usan, los barriles deben limpiarse bien para evitar residuos que puedan contaminar el grano.

También ha dado muy buenos resultados el uso de silos metálicos para almacenar pequeñas cantidades en fincas de agricultores. Estos son fabricados de láminas de zinc galvanizadas y permiten reducir los daños causados por insectos, hongos y roedores, conservar el grano por mayor tiempo y facilita el llenado y vaciado de los granos. Los productores mayores utilizan silos o graneros de gran capacidad, donde se requiere cierta maquinaria y equipo para transportar y almacenar el grano.

Los tratamientos para prevenir daños por insectos de almacén van desde el uso de la basura o residuo seco que queda después del aporreo, y cal o ceniza mezclada con el grano almacenado por pequeños agricultores: Algunos agricultores utilizan chile molido y otras hojas de madreaje molidas en mezcla con el grano a ser almacenado. Es bastante común el empleo de fumigantes (mayormente productos en base a fosfamina) aplicados en granos almacenados en barriles, silos metálicos y graneros de mayor capacidad; la fosfatina es un gas muy tóxico (venenoso) tanto para los insectos como para el hombre, por lo que debe ser manejada con mucho cuidado, y debe conocerse bien las instrucciones para su uso (Pejuán *et al.*, 2001).

El nim (*Azadirachta indica*) es una planta muy valiosa y eficiente para el control de diferentes plagas. En el frijol se recomienda para proteger al grano almacenado contra el ataque de insectos. El insecticida del nim se puede obtener de las semillas y hojas del árbol. Para usar la semilla se deben cosechar los frutos cuando tienen un color verde-amarillo, extraer y lavar las semillas, secarlas al sol por 4-5 horas, y dejarlas en un lugar con sombra por 2-3 semanas, removiéndolas todos los días. Posteriormente esta semilla se muele bien fina, y se agrega 1-2 lb de polvo molido por quintal de grano. En el caso de las hojas, estas deben recolectarse verdes; después se cortan en trozos pequeños y se mezclan bien con el grano. Cuando el frijol es almacenado en silos, se recomienda colocar capas delgadas de hojas enteras de nim entre capas de grano (Rosas, 2003).

La resistencia genética al gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus*, conferida por la presencia en el grano de una proteína denominada arcelina, ha sido recomendada para el desarrollo de variedades que son menos afectadas por estos insectos durante el almacenamiento.

## V. ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO DE FRIJOL Y SU CONTROL

Un gran número de enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos patógenos afectan al cultivo de frijol en América Tropical. A continuación se describen las enfermedades de mayor importancia económica en la región de Centro América y El Caribe.

### El Virus del Mosaico Común del Frijol

El virus del mosaico común del frijol (VMCF) es la enfermedad viral que ha recibido mayor prioridad en los programas de mejoramiento genético de frijol en América Tropical, por ser el virus de más amplia distribución geográfica, facilidad de dispersión, y por su capacidad de causar reducciones en rendimiento muy altas (hasta un 80 %).

Agente causal: Virus del Mosaico Común del Frijol.

### Epidemiología

En América Latina, la mayoría de los cultivares criollos son susceptibles a las cepas del VMCF conocidas. En algunos países, la presencia de cepas necróticas agrava más la situación del cultivo con respecto a la enfermedad debido a la severidad de su sintomatología.

El VMCF afecta mayormente a cultivos en áreas de producción localizadas debajo de los 1500 msnm, donde las fuentes de inóculo son más numerosas. Las reducciones en rendimiento, generalmente causadas por la disminución del número de vainas y del peso de semillas, pueden ser muy severas dependiendo de la resistencia varietal, del tipo de cepa que se presente, de la etapa de desarrollo del cultivo al momento de la infección y de las condiciones ambientales.

El VMCF tiene un rango de hospederos limitado, encontrándose mayormente de manera natural en plantas cultivadas y silvestres de frijol común. Sin embargo, también puede infectar especies de los géneros *Vigna*, *Macroptilium*, *Phaseolus* y de otras leguminosas.

El VMCF puede ser transmitido por áfidos, acción mecánica, polen y semilla. En América Latina la transmisión por semilla es la vía más importante y la responsable de la amplia distribución del virus. La transmisión por áfidos, que es el mecanismo de diseminación más importante durante la estación de producción, puede corresponder a varios géneros y especies de este insecto como *Myzus persicae* y *Aphis fabae*. Esta transmisión no es persistente, es decir que el virus debe ser adquirido de una planta infectada y transmitido a una sana en menos de un minuto. El VMCF puede ser transmitido mecánicamente con relativa facilidad.

### Sintomatología

El síntoma más común de la enfermedad se manifiesta a través de áreas verdes claras en la lámina foliar y más oscuras en las nervaduras. Las hojas sufren distorsión, consistente en arrugamiento y/o enrollamiento hacia adentro. El síntoma correspondiente a las cepas necróticas, consiste en una reacción sistémica de hipersensibilidad expresada con la muerte del tejido desde los trifolios más jóvenes hacia el resto de la planta. Los síntomas de mosaico son favorecidos por temperaturas medias (18-25 °C); mientras que, las temperaturas altas (> 28 °C) favorecen la expresión de necrosis.

Las vainas también pueden sufrir malformaciones o necrosis. Las plantas afectadas en etapas tempranas pueden mostrar enanismo y malformaciones, y no producir vainas o sufrir disminución en su número.

### Evaluación de daños

La escala que se recomienda para evaluar la severidad en enfermedades virales, incluyendo el VMCF, es de tipo cualitativa y de uso general. Consta básicamente de tres variables: síntomas, incidencia y rendimiento.

### Control

Para prevenir y/o controlar la enfermedad y la incidencia de su agente transmisor, se pueden practicar las siguientes recomendaciones, preferentemente de manera complementaria:

#### De la enfermedad:

- Uso de variedades resistentes. La mayoría de las variedades mejoradas mesoamericanas rojas y negras liberadas en la última década, poseen un buen nivel de resistencia a la enfermedad. Se está trabajando en el desarrollo de variedades resistentes mediante la incorporación de genes no ligados a la susceptibilidad del Virus del Mosaico Severo del Frijol (VMSF), cuya expresión está asociada con los genes dominantes de resistencia (II) utilizados a la fecha. La mayoría de los cultivares comerciales (criollos) presentan susceptibilidad al VMCF, aunque las reducciones en rendimiento son menores cuando los ataques ocurren después de iniciada la formación de vainas.
- Uso de semilla libre de virus.

#### Del agente vector:

- Distanciamiento espacial de cultivos hospederos de áfidos, mediante siembra en terrenos alejados y/o sistematización de siembras escalonadas (siembra a partir del último lote en contra del viento).
- Distanciamiento temporal de cultivos hospederos de áfidos, controlando el momento de siembra del frijol, maíz y hortalizas, principalmente crucíferas (brócoli y coliflor), solanáceas (papa y tomate), cucurbitáceas (pepino y melón), lechuga, camote y espinaca.
- Sembrar barreras rompevientos para evitar la entrada de áfidos al lote.
- Control Químico. Este método de control no es muy recomendable debido a que los áfidos vectores pueden transmitir el VMCF en un tiempo muy corto. En general, la práctica de la protección química puede resultar costosa, repetitiva y poco efectiva, debido a la migración de áfidos desde cultivos aledaños. Se sugiere la aplicación de aceites agrícolas o detergentes en solución, procurando una buena cobertura del envés de las hojas

### El Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol

El virus del mosaico dorado del frijol (VMDAF) causa la enfermedad que en un corto plazo se ha convertido en uno de los principales factores limitantes de la producción del cultivo en América Latina. Su incidencia se ha incrementado en los últimos 10 años, observándose daños severos y

reducciones de hasta un 100% del rendimiento en las principales regiones productoras de este importante grano básico en Centro América, México y El Caribe.

Agente causal: Virus del mosaico dorado amarillo del frijol

### Epidemiología

El VMDF afecta en áreas de producción a elevaciones menores de 1200 msnm, donde las temperaturas son más altas, y las fuentes de inóculo y poblaciones del vector más numerosas.

Las infecciones del VMDF pueden reducir el número de vainas, número de semillas por vaina y peso de las semillas. Las reducciones en rendimiento pueden ser muy severas dependiendo de la edad en que la planta sea infectada, de las diferencias varietales y del tipo de cepa que se presente.

Posiblemente la enfermedad persiste en hospederos silvestres y cultivados, principalmente leguminosas. El rango de hospederos incluye los géneros *Phaseolus* (frijol común, lima y tepari entre otros), *Macroptilium* y *Vigna*, y otras especies de leguminosas.

El VMDF es transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), que exhibe una variación considerable de hábitos alimenticios y reproductivos en varias especies de plantas, comportamiento atribuido a la existencia de biotipos y razas. La transmisión por este vector es persistente, es decir que el virus puede ser adquirido de una planta infectada y transmitido a una sana en un tiempo indefinido. El VMDF no es transmitido por semillas de plantas infectadas.

El incremento de la mosca blanca es favorecido por hospederos como los frijoles lima, caupí y tepari, por otras especies de *Phaseolus*, y por otros cultivos como soya, tomate, tabaco y algodón.

### Sintomatología

El VMDF puede expresarse por amarillamiento y arrugamiento del follaje, y distorsión de vainas. Los síntomas de amarillamiento y rugosidad pueden aparecer en las primeras hojas trifoliadas dos semanas después de la siembra. Los genotipos más susceptibles muestran una coloración amarilla brillante que se inicia en las nervaduras y puede llegar a cubrir toda la lámina foliar. Los cultivares tolerantes pueden presentar síntomas menos intensos y mostrar alguna recuperación en etapas más avanzadas.

Las vainas también pueden sufrir deformaciones, resultando en semillas con decoloración y malformación, y reducción en tamaño y peso. Las plantas que son afectadas en etapas tempranas pueden mostrar un severo enanismo y no producir vainas.

### Evaluación de daños

La escala recomendada para evaluar la severidad en enfermedades virales, incluyendo al VMDF, es de tipo cualitativa y de uso general. Consta básicamente de tres variables: síntomas, incidencia y rendimiento.

## Control

Para prevenir y/o controlar la enfermedad, se pueden practicar las siguientes recomendaciones:

- Uso de variedades resistentes. Existen variedades mesoamericanas de grano rojo y negro que presentan un buen nivel de resistencia y se recomiendan para zonas y épocas con alta incidencia del virus. Se está trabajando en el desarrollo de variedades resistentes en los tipos andinos rojo moteado y rojo arriñonado. La mayoría de los cultivares comerciales presentan susceptibilidad al VMDF, principalmente si la incidencia es temprana durante el desarrollo del cultivo, aunque algunos lo toleran si los ataques ocurren después de iniciada la formación de vainas.
- Siembra en terrenos alejados de cultivos hospederos de mosca blanca (soya, tomate, algodón y tabaco), que favorecen su incremento poblacional; y/o sistematización de siembras escalonadas (siembra a partir del último lote en contra del viento).
- Siembras tempranas en el ciclo de postrera, para que las plantas jóvenes se desarrollen durante los períodos de temperaturas más bajas y mayor humedad, cuando la presencia de la mosca blanca es menor.
- Aplicación de insecticidas para el control del vector como carbofurán y carbosulfán (al suelo); dimethoato, monocrotofos y oxidemetonmetil (al follaje en las etapas previas a la floración); y endosulfan, fenpropatrina, imidacloprid, metamidofos y tarstal (al follaje durante todo el ciclo del cultivo). También se sugiere la aplicación de aceites o detergentes en solución.

## La Bacteriosis Común del Frijol

La bacteriosis común del frijol es una enfermedad que afecta al cultivo en la mayoría de las zonas frijoleras de América Latina, presentándose más frecuentemente en zonas frijoleras con elevaciones de intermedias a bajas. Se han reportado pérdidas en el rendimiento superiores al 40% en las variedades comerciales más susceptibles.

Agente causal: La bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap).

### Epidemiología

En general, la enfermedad es favorecida por altas temperaturas y alta humedad, observándose daños más severos a temperaturas de 28 °C.

Las semillas infectadas son el medio más efectivo para la sobrevivencia y diseminación de la bacteria Xap. La contaminación de la semilla puede ser interna y/o externa; esta última puede ser eliminada aplicando a la semilla bactericidas como estreptomina. También los residuos de cosecha infectados pueden ser importantes en la epidemiología de Xap, pues en ese medio la bacteria puede multiplicarse y sobrevivir por varios meses. La diseminación secundaria de esta enfermedad es facilitada por el viento, la lluvia, los insectos y el agua de riego.

### Sintomatología

La infección inicial se manifiesta en forma de manchas acuosas redondeadas en el envés de las hojas. Posteriormente, estas manchas se incrementan de forma irregular y las lesiones adyacentes pueden coalescer. Las áreas infectadas se tornan flácidas e inicialmente son

rodeadas por una zona angosta de tejido color amarillo-limón, que más tarde puede convertirse en un tejido necrótico color marrón. Los tallos y vainas también pueden infectarse. En las vainas, los síntomas iniciales son manchas pequeñas y húmedas que gradualmente adquieren un color café, tornándose luego oscuras con bordes rojizos ligeramente hundidos. Estas lesiones coalescen cubriendo buena parte de las vainas y a veces mostrando el exudado bacterial. La infección de las vainas provoca decoloración de la semilla, que se convierte en transmisora de la bacteria.

#### Evaluación de daños

Las evaluaciones se realizan durante las etapas R6 (floración) y R8 (llenado del grano) del cultivo. Una escala de nueve categorías, donde 1 representa plantas sin síntomas visibles y 9 plantas con síntomas muy severos, es utilizada en la clasificación del germoplasma evaluado.

#### Control

- Uso de variedades resistentes. La mayoría de las variedades comerciales son susceptibles a esta enfermedad, por lo que no deben sembrarse en zonas ni épocas con alta incidencia de Xap. Existen variedades mejoradas que presentan resistencia intermedia a esta enfermedad.
- Uso de semilla limpia, libre del patógeno.
- Eliminación de residuos de cosecha para reducir el nivel de inóculo en el suelo.
- Rotación del cultivo con otros que no sean hospederos del patógeno.
- Aplicación de bactericidas. Se recomienda la protección a la semilla con estreptomina y sulfato de cobre; y al cultivo mediante aspersiones foliares de hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre y estreptomina. El uso continuo de antibióticos puede generar resistencia en la bacteria Xap.

#### La Antracnosis del Frijol

La antracnosis es una de las enfermedades del frijol que causa más pérdidas en el ámbito mundial. Se presenta con frecuencia en zonas frijoleras con elevaciones de intermedia a alta. Las pérdidas difieren según el grado de resistencia de las variedades, pero pueden ser muy severas si las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad y/o si la infección se presenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Se han reportado pérdidas de hasta un 90% en el rendimiento de variedades susceptibles.

Agente causal: El hongo *Colletotrichum lindemuthianum*

#### Epidemiología

La antracnosis del frijol se presenta principalmente en elevaciones mayores a los 1000 msnm. La infección y desarrollo del patógeno es favorecida por temperaturas entre 13-26°C, con una óptima de 17-18°C, y por alta humedad relativa ( $\geq 90\%$ ) en forma de lluvias moderadas y frecuentes, acompañadas por vientos. El daño del hongo es limitado cuando las temperaturas son superiores a 30°C, y su presencia es poco probable en zonas con clima seco y altas temperaturas.

El hongo *C. lindemuthianum* tiene un amplio rango de hospederos dentro del género *Phaseolus*, incluyendo *P. vulgaris*, *P. acutifolius*, *P. coccineus* y *P. lunatus*, varias especies del género *Vigna*, *Lablab purpureus* y *Vicia faba*.

Las esporas de este hongo son diseminadas por el viento, la lluvia, insectos, animales y el hombre; siendo más probable la diseminación mecánica si se transita por el lote cuando el follaje está húmedo. Las fuentes de inóculo que pueden iniciar la enfermedad provienen de los residuos de cosecha, semillas infectadas y plantas enfermas en lotes aledaños. La supervivencia del hongo en residuos y semillas puede ser de hasta 2 años, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura ambientales.

### Sintomatología

*C. lindemuthianum* puede infectar cualquier órgano aéreo (exceptuando la flor) y etapa de desarrollo de la planta, aunque los síntomas más comunes se observan en pecíolos, hojas y vainas. En el follaje, los síntomas de la enfermedad pueden apreciarse en la superficie inferior de los folíolos. Consisten en lesiones que varían en color desde ladrillo al púrpura, ubicadas a lo largo de venas y nervaduras. Posteriormente los síntomas también son visibles en el haz.

Las lesiones pueden observarse además en cotiledones, cuando la fuente de inóculo es la semilla o residuos de cosecha; y en pecíolos, tallos, ramas y vainas, al diseminarse la infección. En estos órganos las lesiones son inicialmente manchas alargadas longitudinales, que posteriormente se tornan ovaladas. Las infecciones de las vainas son más frecuentes y aparecen en forma de chancros hundidos, redondeados, con márgenes delimitados por un anillo negro con borde café rojizo. En condiciones favorables al hongo (alta humedad y temperaturas de 17-24°C), aparece una masa rosada en el centro de la lesión (acérvulos) que contiene los cuerpos reproductores del patógeno.

### Evaluación de daños

Las evaluaciones se realizan durante las etapas R6 (floración) y R8 (llenado del grano) del cultivo. Una escala dividida en nueve categorías, en la cual 1 representa plantas sin síntomas visibles y 9 plantas con síntomas muy severos, es utilizada en la clasificación del germoplasma evaluado (CIAT, 1987).

### Control

- Uso de variedades resistentes. Se debe evitar la siembra de variedades susceptibles en zonas y épocas donde se presenta una alta incidencia de la enfermedad. Las variedades que presentan resistencia deben ser empleadas bajo sistemas de manejo integrado de esta enfermedad, ya que debido a la alta variabilidad del patógeno su resistencia puede resultar poco estable, incluyendo las prácticas que se sugieren a continuación.
- Eliminación de residuos de cosecha para reducir el nivel de inóculo en el suelo, mediante incorporación con aradura profunda o quema.
- Uso de semilla limpia, libre del patógeno.
- Rotación del cultivo con otros no hospederos del patógeno, con siembra de frijol cada dos o tres años.
- Si no se practica la rotación de cultivos, es recomendable la eliminación de plantas voluntarias provenientes de la siembra anterior donde se presentó el patógeno.

- Circulación restringida en campos infectados, principalmente si el follaje está húmedo.
- Aplicación de fungicidas. Se recomienda la protección química a la semilla, o al cultivo mediante aspersiones foliares preferentemente con productos sistémicos, pues los protectantes podrían lavarse en las condiciones de lluvias frecuentes donde se presenta el patógeno. En el caso del cultivo, las aplicaciones deben concentrarse en las etapas reproductivas, especialmente si se tiene conocimiento de alta incidencia de la enfermedad en la zona. Entre los productos utilizados se encuentran benomilo y tiofenato-metil para el tratamiento de semillas, y aspersiones foliares de benomilo, carbendazima, captafol, cloratalonilo, y tiofenato-metil.

## La Mancha Angular del Frijol

La mancha angular es una enfermedad que se presenta con frecuencia en algunas zonas frijoleras de Latinoamérica. Su importancia económica puede variar de acuerdo a la susceptibilidad de la variedad, condiciones ambientales y virulencia de la raza que se presente. En los últimos años se ha observado mayor incidencia y daños al cultivo, alcanzándose reducciones en rendimiento de hasta un 80% en variedades susceptibles.

Agente causal: El hongo *Phaeoisariopsis griseola*

### Epidemiología

Las condiciones favorables para la infección y desarrollo de la enfermedad son temperaturas moderadas (16-28 °C, con un óptimo de 24 °C), alta humedad relativa alternada con períodos cortos de baja humedad, y fluctuaciones en intensidad lumínica.

*P. griseola* tiene un rango de hospederos que incluyen *Phaseolus vulgaris*, *P. acutifolius*, *P. coccineus* y *P. lunatus*; varias especies del género *Vigna*, y *Pisum sativum*. El inóculo proviene principalmente de residuos de la cosecha anterior, donde el patógeno puede sobrevivir hasta por dos años, aunque también puede surgir de semilla contaminada.

La diseminación del hongo puede ocurrir por el contacto de la plántula con el residuo al momento de emerger, el salpique del agua de lluvia sobre el residuo contaminado, o por esporas del hongo transportadas de lotes aledaños por el viento. La transmisión por semilla es baja, pero representa un peligro potencial.

### Sintomatología

Debido a que el inóculo proviene principalmente de residuos de cosecha y de semilla contaminada, los síntomas pueden aparecer inicialmente en las hojas primarias, en forma de lesiones circulares que solo se generalizan en la planta después de la floración o al inicio de la formación de vainas.

Cuando las lesiones están bien establecidas en el follaje, presentan formas angulares en ambos lados de las hojas y delimitadas por las nervaduras. En un inicio aparecen como manchas grises que luego se vuelven oscuras; en algunas oportunidades se presenta un halo clorótico que luego se vuelve necrótico y adquiere la forma angular característica. Cuando el ataque es muy severo, estas lesiones coalescen formando manchas semicirculares en los folíolos, que posteriormente

son cubiertas por las estructuras fructíferas del hongo. Finalmente, las hojas se tornan amarillentas y mueren, resultando en la defoliación prematura de la planta.

En el tallo, ramas y pecíolos, las lesiones son de color café-rojizo con bordes oscuros y de forma alargada. En las vainas, las manchas son ovaladas o circulares, con centros café-rojizo y ocasionalmente con bordes más oscuros.

### Evaluación de daños

Las evaluaciones se realizan durante las etapas de desarrollo R6 (floración) y R8 (llenado del grano) del cultivo. La escala propuesta por el CIAT (1987) dividida en nueve categorías, donde 1 representa plantas sin síntomas visibles y 9 plantas con síntomas muy severos, es utilizada en la clasificación del germoplasma evaluado.

### Control

- Uso de variedades resistentes. El nivel de resistencia de las variedades comerciales de Centroamérica es muy bajo, por lo que se sugiere utilizar las medidas de control mencionadas. Actualmente existen líneas avanzadas de grano mesoamericano con resistencia intermedia a la enfermedad, y se están desarrollando variedades resistentes.
- Eliminación de residuos de la cosecha anterior, para reducir el nivel de inóculo en el suelo.
- Uso de semilla limpia, libre del patógeno.
- Rotación con cultivos que no sean hospederos del patógeno, por un mínimo de dos años.
- Aplicación de fungicidas. La aplicación de fungicidas debe efectuarse al comienzo del ataque, y siendo únicamente utilizada como complemento a las medidas anteriores. Se recomienda aplicación foliares con los productos benomilo, carbendazima, oxicloruro de cobre, maneb y zineb. La semilla puede ser tratada con benomilo antes de la siembra.

### La Mustia Hilachosa del Frijol

La enfermedad causada por la mustia hilachosa o telaraña es considerada uno de los principales factores limitantes de la producción de frijol en zonas productoras ubicadas en las tierras bajas de Centro América y El Caribe. Esta enfermedad ocasiona daños importantes en zonas y épocas donde predominan condiciones de alta humedad y alta temperatura.

Agente causal: El hongo *Thanatephorus cucumeris* (estado sexual) y *Rhizoctonia solani* (estado asexual)

### Epidemiología

La mustia hilachosa es favorecida por clima lluvioso, temperaturas moderadas a altas (20-30 °C, promedio de 25-26 °C) y alta humedad relativa (>80%).

Las principales fuentes de inóculo primario son los esclerocios y el micelio del hongo (estado asexual), presentes en el suelo o en residuos de cosecha contaminados, mediante la acción de las gotas de lluvia. Los esclerocios del patógeno pueden permanecer viables en el suelo por varios años, o sobrevivir como micelio vegetativo en los residuos de cosecha.

Las basidiosporas (estado sexual) también pueden causar infección; sin embargo, en muchas regiones con lluvia abundante y donde el patógeno es endémico, no contribuyen significativamente al desarrollo de la enfermedad. La semilla infectada puede diseminar el patógeno hacia otros lotes y actuar como fuente de inóculo primario.

### Sintomatología

*T. cucumeris* ataca principalmente el follaje, tallos, ramas y vainas del frijol en cualquier etapa de desarrollo. Los primeros síntomas aparecen en las hojas, donde se presentan como pequeñas lesiones acuosas circulares de 1-3 mm de diámetro y de coloración más clara que la de una hoja normal. Otro tipo de lesión, ocasionada por las basidiosporas, son manchas necróticas de 2-3 mm de diámetro, en las cuales el tejido necrótico se puede desprender formando el llamado “ojo de gallo”.

A medida que se desarrolla la infección por micelio, las lesiones adquieren un color café delimitado por un halo oscuro. También pueden aparecer lesiones leves en las vainas. Las manchas de las hojas adquieren un color gris-verdoso a café-oscuro que da la apariencia de ser resultado de escaldaduras.

El micelio del hongo pasa a otros órganos de las plantas donde puede crecer en forma de abanico o telaraña hasta cubrir totalmente la planta. Las hojas se adhieren entre sí y se produce una severa defoliación. Las vainas jóvenes pueden ser totalmente destruidas. En las vainas maduras las lesiones coalescen causando daños severos y muerte. El hongo también puede infectar la semilla.

### Evaluación de daños

Las evaluaciones se realizan durante las etapas de desarrollo V4 (tercera hoja trifoliada), R6 (floración) y R8 (llenado del grano) del cultivo, estimándose en estos períodos la severidad e incidencia de la enfermedad. Una escala de nueve categorías, donde 1 representa plantas sin síntomas visibles y 9 plantas con síntomas muy severos, es utilizada en la clasificación del germoplasma evaluado.

### Control

- Uso de semilla limpia, libre del patógeno.
- Eliminación de residuos de la cosecha anterior, para reducir el nivel de inóculo en el suelo.
- Rotación del cultivo con otros que no sean hospederos del patógeno.
- Uso de cobertura del suelo (casarilla de arroz, hojas de caña de azúcar o de maíz, o malezas muertas) para reducir los efectos de la diseminación del patógeno por el efecto del salpique de gotas de lluvia.
- Aplicación de fungicidas. En ataques moderados dos o tres aplicaciones de fungicidas sistémicos pueden ser suficientes; en ataques severos, el costo puede limitar el uso de productos químicos. Se recomienda la protección con los fungicidas benomilo, carbendazima, captafol e hidróxido de trifeniltín.
- Uso de variedades resistentes. La mayoría de las variedades criollas y mejoradas antiguas son susceptibles a la enfermedad. Las variedades mejoradas recientes de arquitectura erecta son menos afectadas y facilitan el control de la enfermedad.

## La Roya del Frijol

La roya es una enfermedad que se encuentra distribuida en la mayoría de las zonas frijoleras de América Latina, ocasionando pérdidas económicas significativas. Las disminuciones en rendimiento dependen del grado de susceptibilidad de la variedad, la severidad de la enfermedad, la etapa de infección y las condiciones ambientales al momento del ataque. La mayoría de las variedades comerciales utilizadas en el trópico son muy susceptibles a esta enfermedad, pudiendo sufrir disminuciones en rendimiento de hasta un 50%.

Agente causal : El hongo *Uromyces appendiculatus*

### Epidemiología

La infección por la roya es favorecida por ambientes con temperaturas moderadas (17-27 °C) y alta humedad relativa (90%), durante períodos relativamente prolongados (18-20 horas). Esta enfermedad ataca mayormente cultivos de frijol en áreas de producción localizadas sobre los 1000 msnm, donde prevalecen estas condiciones.

Las esporas de roya son transportadas a grandes distancias, generalmente por el viento, aunque también pueden ser fácilmente transportadas por acción mecánica. Los residuos de cosecha y las malezas pueden albergar el hongo (uredosporas y/o teliosporas viables) y servir de inóculo primario. Este hongo no se transmite por semilla.

Las reducciones en rendimiento generalmente son causadas por disminución en la tasa fotosintética del cultivo, como consecuencia de la defoliación prematura de la planta. Ocasionalmente, también puede ser afectado por el ataque de la enfermedad a las vainas.

### Sintomatología

Los síntomas foliares consisten en manchas circulares cloróticas o blanquecinas en las que se desarrollan pústulas café-rojizas (uredias), que aparecen en la superficie inferior y superior de las hojas. Una pústula contiene miles de uredosporas durante la estación de crecimiento. Las pústulas pueden estar rodeadas de un borde clorótico o necrótico, dependiendo de la raza fisiológica, la variedad y las condiciones ambientales.

Una infección severa puede causar defoliación prematura e incluso atacar las vainas. La reducción del rendimiento es mayor cuando el ataque se inicia en los períodos de prefloración a floración del cultivo, aproximadamente a los 30-35 días después de la siembra.

### Evaluación de daños

Se recomienda el uso de dos escalas para evaluar la severidad de la enfermedad. La primera tiene por objetivo clasificar la reacción de los materiales al ataque del patógeno en tres categorías: resistente, intermedio y susceptible. La segunda escala evalúa dos variables: tipo de pústula e intensidad de la infección.

### Control

➤ Rotación del cultivo con otros no hospederos del patógeno.

- Eliminación de residuos de cosecha para reducir el nivel de inóculo en el suelo.
- Uso de variedades resistentes. Esta es la medida más adecuada, aunque la resistencia puede ser relativa debido a la variabilidad del patógeno y la aparición de nuevas razas fisiológicas de la enfermedad. No se recomienda utilizar aquellas variedades comerciales muy susceptibles en zonas y/o épocas con alta incidencia de la enfermedad. En estos casos se debe utilizar variedades con algún nivel de resistencia y dar un manejo integrado a la enfermedad.
- Control Químico. Este método es más efectivo en las etapas iniciales del ataque. Se han reportado buenos resultados con fungicidas sistémicos como oxicarboxin y bitertanol, y protectantes como mancozeb, clorotalonilo y maneb. Estos últimos no son eficientes en zonas con lluvias frecuentes, pues tienden a lavarse.

## VI. PLAGAS DEL CULTIVO DE FRIJOL Y SU CONTROL

### Plagas del suelo y de las plántulas

#### ➤ Gusanos cortadores, tierreros

*Agrotis ipsilon*, *A. bilitura*, *Feltia experta*, *F. subterranea*, *Spodoptera eridania*, *S. frugiperda*, *S. ornithogalli* (Lepidoptera: Noctuidae).

#### Descripción

Los adultos son palomillas nocturnas, de color gris-marrón, con manchas en las alas. Los huevos son esféricos o semi-esféricos, colocados en forma individual o en grupos en las hojas de las plántulas. Las larvas son gordas, rollizas, hasta de 4.5 cm de largo, de color tierra, gris u oscuro; y se ocultan en el suelo durante el día. Las pupas son de color café-oscuro, y se les encuentra en el suelo. El ciclo de vida de estos insectos es de 5-8 semanas.

#### Daños

Los daños son causados por las larvas que cortan la base del tallo de las plántulas al atardecer y en la noche. El daño es continuado en la hilera de plantas, disminuyendo la población del cultivo.

#### Control

Se debe revisar el cultivo periódicamente. Las medidas recomendadas de control son:

Natural: Realizado por insectos parásitos icneumonidos, braconicos y taquinidos.

Cultural: Aradura y rastreo profundo del suelo para enterrar y exponer al sol larvas y pupas.

Manual: Donde se dispone de mano de obra suficiente, se recomienda coleccionar y destruir las larvas en áreas dañadas.

Químico: Formulaciones granulares de diazinon o fonofos incorporadas al suelo superficialmente antes de la siembra. Uso de cebos envenenados preparados a bases de afrecho (40 partes), carbarilo, endosulfan o triclofon (1 parte), melaza (5 partes) y agua para humedecer uniformemente la mezcla. Aplicar los cebos en las últimas horas de la tarde a lo largo de las hileras atacadas.

#### ➤ Barrenador menor del tallo, coralillo

*Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae)

#### Descripción

Los adultos son palomillas de color café-grisáceo. Los huevos son blanco-verdoso y colocados en tallos, hojas y en el suelo. Las larvas son delgadas, de 2 cm de longitud, ágiles, de color verde-claro o gris-rojizo. Las pupas se encuentran encerradas en un capullo sedoso cerca de la superficie del suelo. El ciclo de vida del insecto es de 30-35 días.

## Daños

Las larvas se alimentan primero en el follaje y después bajan al suelo donde hacen galerías y desde allí perforan la base del tallo y prosiguen dañándolo hacia arriba. Ataca varios cultivos.

## Control

**Cultural:** Rotación de cultivo; el campo debe quedar limpio antes de la siembra; se deben realizar riegos intensos para asfixiar larvas y pupas. Realizar resiembras en caso de daños aislados en el lote.

**Químico:** Usar insecticidas granulados como carbofurán, diazinón o disulfotón bandas de 15 cm sobre la hilera en la siembra. En ataques posteriores a la germinación, rociar las hileras con diazinón.

### ➤ Gallina ciega, gusano blanco

*Phyllophaga spp.* (Coleoptera: Scarabaeidae).

## Descripción

Los adultos son escarabajos o cucarrones típicos. Los huevos son blancos aperlados colocados a 3 ó más cm de profundidad del suelo. Las larvas son robustas, en forma de C y de 3-3.5 cm de largo; son blandas y poseen una doble fila de espinas debajo en el último segmento abdominal; la cabeza es de color café, con fuertes mandíbulas. Las pupas se encuentran en celdas construidas a 15-20 cm de profundidad en el suelo. El ciclo de vida de este insecto es de 1 año ó más.

## Daños

Las larvas destruyen las raíces y la parte baja del tallo, provocando generalmente la muerte de las plantas en zonas localizadas del cultivo. Sus daños son más frecuentes en suelos anteriormente dedicados a pastos o cubiertos de césped.

## Control

**Cultural:** No sembrar cultivos susceptibles en suelos dedicados previamente a pasturas e infestados severamente; lo que es notorio al roturar el suelo. Eliminar las malezas gramíneas. Realizar una aradura profunda para enterrar y exponer las larvas a la predación de aves y otros animales.

**Natural:** Es realizado por parásitos escolíidos.

**Químico:** Sólo cuando se presentan altas infestaciones y en cultivos rentables aplicar altas dosis de insecticidas granulados, incorporados al suelo.

## Plagas defoliadoras

### ➤ Crisomélidos, cucarroncitos, tortuguillas, diabroticas

*Cerotoma* spp., *Diabrotica* spp. (Coleóptera: Chrysomelidae)

#### Descripción

Son plagas importantes del frijol en el trópico. Los adultos son ovalados, brillantes, de colores vivos y variados, algunos con manchas o rayas, como de 0.5 cm de largo, patas delgadas y antenas largas. Los huevos son amarillentos, puntiagudos, puestos en masa de 12-24 huevos en el suelo. Las larvas son blanquecinas, pardo-oscuro en ambos extremos y patas pequeñas próximas a la cabeza y viven en el suelo. Las pupas también son subterráneas, blandas, y encerradas en una celda. El ciclo de vida de estas especies es de 30-35 días.

#### Daños

Los adultos hacen perforaciones redondeadas en las hojas y flores; también dañan los tallos de las plántulas. Las larvas muerden las raíces y nódulos, y atacan el tallo inmediatamente debajo de la superficie del suelo en forma circular. En ataques severos reducen la cosecha hasta un 30-50%. Algunas especies transmiten enfermedades causadas por virus (eg. mosaico severo).

#### Control

Cultural: Eliminar las malezas hospederas; realizar una buena remoción del suelo; y mantener el campo limpio.

Natural: Los chinches reducidos ejercen un control importante pero a menudo insuficiente.

Químico: Las larvas pueden controlarse con aplicaciones de insecticidas granulados aplicados al suelo. Los adultos se controlan, cuando se encuentran 2-4 ejemplares por planta, con aspersiones de diazinón, carbarilo, triclorfón, clorpirifós, paratión y metomilo.

### ➤ Gusanos desfoliadores

Gusano medidor (*Trichoplusia ni*); falso medidor (*Pseudoplusia includens*); gusano cabezón (*Urbanus proteus*); gusano peludo (*Estigmene acrea*); pegahojas o telarañero (*Hedylepta indicata*); gusanos soldados o militares (*Spodoptera* spp).

Lepidoptera: Noctuidae/Pyralidae/Artiidae/Hesperiidae

#### Descripción

Los adultos son palomillas de diferentes características, algunas diurnas, otras de hábitos crepusculares y nocturnos, voladoras activas. Los huevos son colocados individualmente o en masas sobre el follaje de las plantas. Las larvas son voraces, algunas de vida libre y de coloraciones variables. La mayoría de estas especies empupan en el suelo. El ciclo de vida es relativamente corto, de 25-30 días. Su incidencia en los cultivos es variable según los climas.

## Daños

Las larvas de estos insectos dañan el follaje haciendo perforaciones y reduciendo la actividad fotosintética; frecuentemente no llegan a causar daños severos, por la capacidad de recuperación que tienen las plantas.

## Control

**Cultural:** Mantener el campo limpio; manejar una densidad óptima de plantas y utilizar cultivares de buena capacidad de recuperación.

**Natural:** Parásitos de distintas especies atacan todas las fases inmaduras de estas plagas. Algunas enfermedades fungosas, bacterianas y viróticas causan a veces una mortalidad muy grande de las larvas. Una diversidad de predadores destruyen todos sus estados.

**Biológico:** Aspersiones de preparados de *Bacillus thuringiensis*.

**Químico:** Evitar su uso. Sólo en caso necesario usar dosis mínimas de acefato, clordimeform o endosulfán.

## ➤ Conchuela del frijol, escarabajo mexicano del frijol.

*Epilachna varivestis* (Coleóptera: Ciccinellidae). Distribuida desde EE.UU hasta Colombia.

## Descripción

Los adultos son redondeados, de 6-7 mm, color cobrizo, con seis puntos negros en los élitros y tres bandas cruzadas en el dorso. Los huevos son amarillo-anaranjado, puestos en masas en el envés de las hojas. Las larvas son de forma ovalada, de 8-10 mm de largo, amarillas con el dorso cubierto de seis hileras de espinas ramosas con las puntas negras. Las pupas son cementadas a la cara inferior de las hojas; y descubiertas, lisas, amarillo-naranja y redondeadas en su parte anterior. El ciclo de vida es de 25-30 días.

## Daños

El grado de infestación de este insecto es variable en el tiempo y el espacio. Tanto los adultos como las larvas carcomen la lámina inferior de las hojas dejando la epidermis superior casi intacta y con un aspecto esquelético. En infestaciones severas, la plaga ataca las vainas y tallos desgarrando los tejidos y causando la muerte subsiguiente de las plantas.

## Control

**Cultural:** Destrucción o incorporación de rastrojos. Evitar siembras demasiado densas.

**Genético:** Utilizar cultivares precoces.

**Natural:** Parásitos eulófidos y taquinidos atacan a las larvas y pupas.

**Químico:** Insecticida disulfotón granulado aplicado a la siembra, debajo pero no en contacto con la semilla. Aspersiones foliares con diazinón, dimetoato, etión, malatión, metomilo, metoxiclor, paratión o rotenona.

## ➤ Babosa, lesma o lipe del frijol

*Sarasinula plebeia* (molusco de la familia Veronicellidae).

### Descripción

Los adultos son grises o marrones, alargados, sin patas, blandos, húmedos, que al desplazarse dejan una secreción viscosa, pegajosa (baba) y plateada al secarse. Los huevos son colocados en masas en lugares húmedos, debajo de basura, troncos, piedras, etc., o en el suelo, constituyendo nidos. Las larvas son muy similares a los adultos, excepto en el tamaño. Las babosas son de reproducción hermafrodita y muy prolíficas. Su ciclo de vida es variable según el clima.

### Daños

Durante la noche y en días húmedos y nublados atacan al follaje de las plantas dejando orificios irregulares; en infestaciones severas producen defoliación completa. En Centroamérica representa una de las plagas más importantes del frijol.

### Control

**Cultural:** Eliminación o prevención de nidos eliminando lugares enmalezados, basuras amontonadas y otros lugares de refugio. Tener un buen drenaje y realizar una buena preparación para tener aireación del suelo. Destrucción de rastros.

**Manual:** Colocación de manojos de paja sobre el suelo en lugares más infestados como trampas y recolección manual y destrucción de las babosas.

**Químico:** Uso de metaldehído esparcido sobre el terreno en horas de la tarde. Emplear cebos tóxicos a base de mitiocarb, metaldehído o metalkamate (1 parte), afrecho (16 partes) maleza (1 parte) y 7.5 partes de agua.

## ➤ Moscas minadoras

*Agromyza* spp., *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae)

### Descripción

Los adultos son moscas pequeñas (1-2 mm), oscuras con manchas amarillas en la cabeza y entre las alas. Los huevos son ovipositados dentro del tejido foliar. Las larvas son vermiformes, sin apéndices, y de color crema amarillento. Las pupas se encuentran en el el suelo o adheridas a las hojas. El ciclo de vida de estos insectos es de 20-25 días.

### Daños

Las larvas hacen galerías finas entre ambas epidermis de las hojas, consumiendo el tejido y afectando la fotosíntesis. Los daños severos causan amarillamiento del follaje, destacándose numerosas galerías sinuosas de color claro.

## Control

Cultural: Las avispas eulófidas *Chrysocharis* sp. y *Diglyphus* sp. parasitan a estos insectos.

Químico: Sólo en ocasiones económicamente justificadas, se debe usar los insecticidas carbophenotion, diazinón, dimetoato o paratión.

## Plagas Chupadoras

### ➤ Saltahojas, chicharritas, langostinos, lorito verde

*Empoasca* spp. (Homoptera: Cicadellidae)

#### Descripción

Los adultos son cuneiformes, de 3 mm de longitud, verdes con manchas blancas en la cabeza y parte anterior del tórax; caminan lateralmente al ser perturbados. Los huevos son ovipositados individualmente, e insertados en los tejidos de la planta. Las ninfas son similares en color y forma a los adultos, pero carecen de alas. El ciclo de vida de este insecto es de 20-25 días.

#### Daños

Los daños causados por este insecto son agravados por la sequía y altas temperaturas. Los insectos succionan la savia causando distorsión de las nervaduras y enrollamiento de los bordes de las hojas hacia abajo. El follaje se torna café-rojizo y en ataques serios se seca. Las vainas se deforman. La planta no crece y la producción se reduce sustancialmente, especialmente cuando los daños ocurren durante la floración.

## Control

Cultural: Programar las fechas de siembra para escapar de períodos muy secos; uso de cobertura o mantillo ("mulch") y limitar la siembra asociada con maíz.

Natural: Las lluvias reducen la incidencia de este insecto. Algunas especies parásita de huevos y predadores ejercen cierto control.

/ Genético: Uso de cultivares resistentes. )

Químico: En zonas de alta incidencia aplicar a la siembra insecticidas sistémicos granulados como carbofurán o disyston. Durante la fase vegetativa y cuando se encuentren 3 ó más ninfas por hoja asperjar acefato, diazinón, dimetoato, etión, malatión, naled o paratión.

### ➤ Pulgones o áfidos

*Aphis* spp., *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* y otros (Homoptera: Aphididae)

#### Descripción

Los pulgones son insectos pequeños, blandos, ápteros o alados, con dos cornículos dorso-caudales, de colores amarillento, verde o negro. Las hembras pueden reproducirse por

partenogénesis. En el verano y en climas cálidos su ciclo de vida es muy corto. Generalmente se congregan en terminales, hojas y tallos tiernos de las plantas asociados a hormigas que se alimentan de sus excreciones azucaradas.

## Descripción

Los adultos son pequeños (0.5 mm), con cuatro pares de patas, comúnmente rojizos y verdosos. Los huevos son redondos, traslúcidos y dispersos. Las larvas, protoninfas y deuteroninfas son similares al adulto; y sólo poseen tres pares de patas. El ciclo de vida es de 15-25 días.

## Daños

Son favorecidos por la sequía y las aplicaciones intensas de insecticidas. En el envés de las hojas raspan la epidermis y succionan los fluidos vegetativos, dejando manchas claras en el follaje que luego se tornan amarillas y café-clara a medida que la infestación es más severa provocando hasta la caída prematura de las hojas.

## Control

Cultural: Seleccionar una fecha de siembra apropiada, evitar la continuidad o traslape de siembras y realizar rotaciones de cultivo.

Genético: Usar cultivares tolerantes. /

Natural: Las lluvias reducen el ataque de este insecto. Otros ácaros e insectos depredadores cuya acción debe protegerse evitando aplicaciones innecesarias o excesivas de insecticidas.

Químico: Sólo en casos económicamente justificados, aplicar el follaje aspersiones de carbofenotión, demetón, etión, naled, endosulfán o monocrotofos.

## ➤ Chinche verde, maya

*Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae)

## Descripción

Los adultos son grandes (unos 16 mm), de color verde claro y de forma triangular, con antenas delgadas de 7 artejos. Los huevos tienen forma de barril y son puestos en masas de unos 30 huevos, verde pálidos cuando son recién ovipositados y luego amarillos, rosados y rojizos antes de eclosionar. Las ninfas son pequeñas, redondeadas y gregarias: Se presentan cinco estados ninfales, el primero color café rojizo variando con manchas negras, verdes, amarillo o rojo. Las pupas son subterráneas, blandas, encerradas en una celda. El ciclo de vida es de aprox. 45 días.

## Daños

Como chinches chupadores, las ninfas succionan los jugos de las plantas. Las últimas ninfas y adultos prefieren alimentarse de las vainas dañando las semillas o deformándolas. Pueden transmitir enfermedades fungosas.

## Control

Cultural: Rotación de cultivos; evitar una segunda siembra anual en el mismo campo.

Natural: Parásitos himenópteros atacan los huevos. Las moscas tachínidas parasitan a las ninfas maduras y adultas.

Químico: Usar en el control los insecticidas paratión metílico o carbarilo.

### Plagas de vainas y granos

#### ➤ Picudo de la vaina, gorgojo de la vaina, picudo del ejote

*Trichapion godmani* (Coleóptera: Curculionidae)

Es importante en México y Centroamérica principalmente. En Colombia, *T. godmani* ataca al frijol y al maní, y en el Perú al pallar (*Phaseolus lunatus*). El género está presente en toda América Latina y El Caribe.

#### Descripción

Los adultos son grisáceos, pequeños (2.5-3 mm), con élitros duros y estriados, la trompa alargada característica de la familia. Los huevos son depositados individualmente dentro de las vainas. Las larvas son redondeadas y curvas, el cuerpo es de color blanco-sucio y la cabeza es café-oscuro. Las pupas son desnudas; estos insectos empupan dentro de las vainas. El ciclo de vida es de aprox. 20 días.

#### Daños

La hembra al poner sus huevos hace una perforación en la vaina, lo que deja una cicatriz levantada, circular, como del tamaño de una cabeza de alfiler, rodeada de un pequeño halo amarillento. Las larvas destruyen las semillas. El ataque múltiple provoca marchitamiento, clorosis y deformación de las vainas. Los adultos hacen un daño poco importante al follaje, flores y vainas tiernas.

#### Control

Cultural: Destrucción de los rastrojos, manejo adecuado de las malezas y uniformidad en las fechas de siembra. Prevenir el traslado de material infestado.

Genético: Usar cultivares resistentes.

Natural: Existen parásitos y predadores de este insecto; su control es limitado y poco eficaz.

Químico: Utilizar los insecticidas carbarilo, diazinón, endosulfán o malatión. Durante el período de floración y en presencia de adultos, hacer dos tratamientos a intervalo de una semana.

#### ➤ Barrenadores o perforadores de la vaina

*Epinotia aporema*, *Laspeyresia leguminis* (Lepidóptera: Tortricidae); *Helicoverpa zea*, *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae)

#### Descripción

Los adultos son típicas polillas de 1.5 a 3 cm de expansión alar. Los huevos son colocados sobre los terminales, flores y vainas jóvenes. Las larvas primero se alimentan externamente de las

partes tiernas de la planta; al aumentar en tamaño se introducen en las vainas. Las pupas son subterráneas. El ciclo de vida es de 20-30 días.

#### Daños

Las infestaciones llegan a elevarse desde un 30 hasta un 85% causando pérdidas significativas a la cosecha. Los daños más serios ocurren a las semillas. Ocasionalmente barrenan los tallos y consumen las flores. Las vainas atacadas frecuentemente se pudren por infecciones de hongos.

#### Control

Cultural: Siembra y cosecha tempranas y alejadas de leguminosas ya establecidas.

Natural: Existe una gran variedad de predadores, parásitos y patógenos que afectan a veces de manera significativa las fases inmaduras de estas plagas.

Químico: Después de evaluar la presencia de la plaga y sólo cuando sea económicamente justificado, hacer aspersiones de *Bacillus thuringiensis*, acefato, carbarilo, endosulfán, fenvalerato, metamidofos, metomilo o monocrotofos en las épocas de floración y formación de vainas.

#### Plagas de granos almacenados

##### ➤ Gorgojo o bruco del frijol

*Acanthoscelides obtectus* (Coleóptera: Bruchidae)

Ocurre en todas las zonas tropicales y templadas del mundo. Por lo menos siete subespecies han sido descritas.

#### Descripción

Los adultos son escarabajos diminutos (3 mm), angostos al frente y ancho atrás, de color gris a pardo con manchas claras sobre los élitros que no alcanzan a cubrir el abdomen. Los huevos son blancos y ovalados, y son depositados sobre las vainas maduras o directamente sobre los granos. Las larvas son gordas, enconvadas, blancas; perforan y se alimentan en el interior de los granos. Las pupas son desnudas en las celdas larvales. El ciclo de vida es de 25-30 días.

#### Daños

Los gorgojos comienzan su actividad desde la época final de la floración y ataca las vainas en el campo desde donde se traslada la infestación a los graneros. Las larvas son voraces y atacan a todos los tipos de frijoles, caupí y garbanzos. Son a veces tan destructivas que después de cierto tiempo de descuido los granos almacenados se echan a perder totalmente.

#### Control

Cultural: Realizar la cosecha temprana y rápida. Destrucción o incorporación profunda de rastrojos. Las bodegas y graneros deben estar limpios y secos.

Químico: Cuando hay incidencia de gorgojos, aplicar en el campo durante la formación de las vainas los insecticidas acefato, endosulfán o diazinón cada dos semanas. En el almacén (preventivamente) realizar aspersiones de malatión, foxín o tetraclorvinfos en el piso, paredes y techo de la bodega o granero; espolvoreo del grano con ceniza, sílice cristalina, arcilla, carbonato de magnesio o cal. Tratamiento de la semilla con aceite vegetal. El tratamiento curativo consiste en fumigar los granos con fosfamina en cámaras cerradas o bajo carpa; esta operación debe realizarla personal experimentado.

➤ **Gorgojo o bruco pintado, gorgojo mexicano del frijol**

*Zabrotes subfasciatus* (Coleóptera: Bruchidae)

Se halla distribuido desde EE.UU. hasta Brasil y también en el Viejo Mundo.

**Descripción**

Los adultos son similares a *A. obtectus*. Los machos son más pequeños que las hembras y de color café-grisáceo. Las hembras son de color café-oscuro y poseen cuatro manchas color crema en los élitros. Los huevos son en un inicio traslúcidos y pocos días después se vuelven blancos, se encuentran cubiertos y adheridos a las semillas. Las larvas y pupas son semejantes a *A. obtectus*. El ciclo de vida es de 25-30 días.

**Daños**

Sus daños sólo ocurren en los graneros, y son realizados por las larvas devorando el interior de los granos.

**Control**

Cultural: En ausencia de *A. obtectus* se previenen los daños dejando los granos en sus vainas. Otras medidas de control en los graneros, recomendadas para la plaga anterior también son eficaces contra esta especie.

/ Genético: Existen variedades resistentes que contienen la proteína de almacenamiento llamada arcelina que son resistentes a esta plaga. /

**Manejo Integrado de Plagas**

El manejo integrado de plagas (MIP) se basa en cuatro principios fundamentales: las plantas sanas crecen en suelos sanos, el conocimiento y conservación de los enemigos naturales, la observación continua del cultivo y la conversión del productor en un experto. Estos principios son la base para poder entender, aplicar y desarrollar alternativas de manejo de plagas, teniendo en cuenta la información y la disponibilidad de recursos del agro-ecosistema. Algunas alternativas pueden ser utilizadas en diferentes lugares, pero otras solo son aplicables bajo ciertas condiciones; sin embargo, lo importante es despertar la creatividad de los productores en la búsqueda de soluciones a los problemas de plagas que se presentan en el cultivo de frijol.

## Prácticas MIP utilizadas en el cultivo de frijol

### ➤ Aplicación de chile-alcohol (crisomélidos)

Ingredientes: 1 lb de chile seco, 1 L de alcohol y 3 L de agua.

Preparación: se muele el chile, luego se agrega el alcohol y el agua y se deja en reposo por tres días a la sombra. Luego se cuele y se obtiene una solución.

Dosificación: se utiliza 130 ml de la solución por bomba más 15 g de jabón disuelto (como adherente). Se aplica según la incidencia de crisomélidos.

### ➤ Uso de aceite-jabón (insectos chupadores)

Ingredientes: aceite vegetal, jabón en polvo (detergente), botella plástica de 2 L y agua.

Preparación: agregar en la botella plástica agua hasta  $\frac{1}{4}$  del volumen total, luego se agregan 75 ml de aceite vegetal y 50 ml de detergente, y se mezcla agitando fuertemente.

Dosificación: la solución aceite-jabón se utiliza en una bomba de 15 L, completándose su contenido con agua limpia. Se aplica al follaje.

### ➤ Trampas amarillas (mosca blanca y minadores)

Ingredientes: plástico amarillo, grasa, estacas y clavos pequeños.

Preparación: se cortan pedazos de plástico de 1 m largo x 0.5 m de ancho; se clavan en las estacas y se colocan en el lote contra la dirección del viento. Luego se les impregna con grasa para carros. Se revisan periódicamente para realizar monitoreos y determinar la necesidad y método de control.

### ➤ Uso de chupones (chinchas)

Ingredientes: 2.5 lb de urea, 4 onzas de sal, 20 ml de un químico de contacto, un recipiente plástico de 20 L, trapos viejos y estacas.

Preparación: se agrega agua al recipiente, luego se añade la urea y la sal revolviendo bien; se cubre y se deja a la sombra durante tres días, revolviendo diariamente; al tercer día se agrega el químico. Una vez lista la solución se arman los chupones con trapos viejos amarrados al extremo superior de la estaca y se entierra al azar en el lote, de manera que queden a la altura de las plantas que recién han empezado a florear o formar vainas. El chupón se impregna con la solución. Los chinchas son atraídos por la sal.

Dosificación: se recomienda emplear 20 chupones por manzana (0.7 ha).

### ➤ Foliar de madreado (picudo de la vaina)

Ingredientes: hojas de madreado (*Gliricidia sepium*), un barril de 55 galones, un saco de 100 lb, plástico para tapar el barril, una piedra de 30 lb y cabuya.

Preparación: se coloca la piedra en el saco vacío, el cual se llena con hojas de madreado y se amarra a un palo para sostenerlo dentro del barril; luego se introduce el saco dentro del barril, haciendo agujeros pequeños para que ingrese agua. Se llena el barril con agua y se tapa con el plástico u hojas de huerta, y se coloca bajo sombra. Se deja en fermentación por 25-30.

Dosificación: para su uso como abono foliar se mezcla un galón del jugo fermentado con 3 de agua; se aplica cuando el cultivo está pequeño. Para su uso como repelente de plagas, se emplean 2 galones de jugo y 2 de agua, más 15 g de jabón como adherente. Se aplica al

momento de la floración y al iniciarse la formación de vainas, para disminuir la incidencia del picudo de la vaina. No debe usarse puro porque quema las plantas.

➤ Cebos (babosas)

Ingredientes: 1 lb de maíz, ¼ L de melaza, ½ cerveza, 1 lb de semilla de piñón molido y agua.

Preparación: se muele la semilla de piñón y el maíz, y se mezclan; se agrega la melaza diluida en un poco de agua y por último se le agrega la cerveza. La consistencia del cebo no debe ser ni muy líquida ni muy seca.

Dosificación: se colocan porciones de la mezcla bajo “basuras trampa” en hileras intercaladas, comenzando por donde la babosa ingresó al cultivo. Se hacen revisiones cada dos días para colectar las babosas muertas. Se recomienda usar el cebo el mismo día de su preparación.

➤ Latas de chicha (babosas)

Ingredientes: chicha y latas.

Preparación: se entierran las latas al nivel del suelo y se llenan a ¼ de su volumen con chicha.

Dosificación: se llenan las latas con chicha cada cuatro días. SE retiran las babosas que caen en las latas.

➤ Ceniza, cal u hojas de plantas insecticidas (gorgojos del grano)

Ingredientes: ceniza, cal, chile seco picante, u hojas secas de eucalipto, nim o paraíso.

Preparación: al momento de almacenar el frijol, colocar una capa de frijol, luego una capa de uno de los materiales indicados, luego otra capa de frijol, y así sucesivamente.

Dosificación: se utiliza para el control de huevos y adultos fuera del grano. Los granos deben ser previamente secados al 14% de humedad.

### Criterios sobre el uso de insecticidas

Los insecticidas convencionales son efectivos si se utilizan en forma racional y como un componente en el manejo integrado de plagas del cultivo del frijol. Usualmente, los agricultores utilizan insecticidas de amplio espectro en dosis excesivamente altas y cuando las plagas se encuentran en niveles de acción que no afectan al rendimiento del cultivo. Algunos de estos insecticidas poseen un considerable efecto residual que elimina depredadores y parásitos; mientras que otros solamente proveen la efectividad inicial contra ciertas especies de plagas. En la mayoría de casos, dosis relativamente bajas de ciertos insecticidas pueden ofrecer un control adecuado de la plaga y permitir la supervivencia de otras especies benéficas. En el Cuadro 6 se indica los umbrales económicos para algunas plagas del frijol, los cuales ayudan a decidir la aplicación de insecticidas o productos biológicos para el control.

Las siguientes son unas recomendaciones para el manejo de pesticidas:

- Utilizar los productos adecuados y reducir al mínimo el número de aplicaciones y la cantidad de producto.
- Seguir las indicaciones de cantidad del producto a usar. Leer bien la recomendación de la etiqueta o preguntar al vendedor de agroquímicos. No usar cantidades mayores a las recomendadas, pues esto no mejora el control de plagas o enfermedades.

- Debido al costo de los químicos y daños que ocasionan al ambiente, no hacer demasiadas aplicaciones durante el ciclo del cultivo.
- No aplicar el mismo producto repetidamente en la misma época. Procure cambiar los productos de una época a otra.
- Tratar de no hacer aplicaciones de varios químicos a la vez, para reducir el riesgo de afectar al cultivo por mezclas inadecuadas, o aumentar el daño a seres vivos y el ambiente.
- No comer, fumar o beber durante la aplicación de productos químicos.
- Después de fumigar bañarse o lavarse bien y cambiarse con ropa limpia.

**Cuadro 6. Etapa fenológica, método de muestreo, tamaño de la muestra por sitio y nivel crítico de las principales plagas del frijol.**

Plaga	Método de muestreo	Tamaño <sup>z</sup>	Nivel crítico
<u>Etapas germinación- 2<sup>da</sup> hoja trifoliada (VO-V3.5)<sup>y</sup></u>			
<i>Agrotis</i> spp.	Plantas cortadas y presencia de cortador	10 plantas	5
<i>E. lignosellus</i>	Plantas cortadas y presencia de coralillo	10 plantas	5
<i>Empoasca</i> spp.	No. adultos de lorito verde	10 plantas	100
<i>Spodoptera</i> spp.	No. gusanos defoliadores	10 plantas	13
<i>Diabrotica</i> spp.	No. crisomélidos	10 plantas	50
<i>B. tabaci</i>	No. adultos de mosca blanca	10 plantas	
<i>S. plebeia</i>	No. babosas		0.5/m <sup>2</sup>
<u>Etapas 2<sup>da</sup> hoja trifoliada-formación de vainas (V3.5-R7)<sup>x</sup></u>			
<i>Empoasca</i> spp.	No. ninfas de lorito verde	10 hojas <sup>w</sup>	200
<i>Diabrotica</i> spp.	No. crisomélidos	10 hojas	100
<i>B. tabaci</i>	No. mosca blanca	10 hojas	
<i>H. zea</i>	No. vainas con larvas	20 vainas	10
<i>S. plebeia</i>	No. babosas		0.5/m <sup>2</sup>
<i>Spodoptera</i> spp.	No. gusanos defoliadores	20 hojas	15
<i>T. godmani</i>	No. picudos	20 vainas	
<u>Etapas llenado vainas- madurez fisiológica (R7-R9)<sup>x</sup></u>			
<i>T. godmani</i>	No. picudos	20 vainas	
<i>Empoasca</i> spp.	No. ninfas de lorito verde	20 hojas	300
<i>H. zea</i>	No. vainas con larvas	20 vainas	10

Fuente: Modificado de Trabanino (1997).

<sup>z</sup> Tamaño de la muestra por sitio; se deben muestrear 10 sitios en total.

<sup>y</sup> Tres muestreos/semana.

<sup>x</sup> Dos muestreos/semana.

<sup>w</sup> Hojas trifoliadas.

## VII. MALEZAS DEL CULTIVO DEL FRIJOL Y SU CONTROL

Las malezas son uno de los factores limitantes de mayor importancia en el cultivo del frijol en el trópico. El daño más serio de las malezas a este cultivo está asociado a su competencia por espacio, nutrimentos, luz y agua, lo que causa una reducción en los rendimientos en proporción a la proliferación de las malezas durante el cultivo.

La mayor competencia por las malezas ocurre desde la germinación y emergencia del cultivo hasta la floración (35-40 días); en la etapa de floración, el cultivo alcanza su máximo crecimiento y desarrollo vegetativo expresado en la cobertura de los espacios entre los surcos o hileras de plantas. La competencia y reducción en el rendimiento del cultivo de frijol es mucho mayor en los trópicos que en regiones templadas. El promedio de pérdida de rendimiento debido a la competencia por malezas puede llegar a 35-40 %; en casos extremos, las malezas pueden causar reducciones en el rendimiento de grano mayores al 60 %.

La manera más común de propagación de las malezas es a través de semillas. En la mayoría de las especies de malezas, las semillas permanecen latentes en el suelo por mucho tiempo. Otras malezas, además de reproducirse por semillas, se propagan vegetativamente por medio de estolones o rizomas, y otras por raíces, tubérculos o bulbos. Las especies que se propagan de esta forma, como el coyolillo y el pasto Jonson, son bastantes difíciles de controlar. El zacate Bermuda se reproduce por semillas, estolones y rizomas.

Si en las labores de cultivo se cortan estolones o rizomas, cada segmento puede originar una nueva planta. En general, es recomendable reconocer las malezas predominantes en el lote con el fin de obtener información sobre su distribución, biología y los métodos de control más apropiados.

### Malezas que afectan al cultivo del frijol

Entre las malezas dicotiledóneas más comunes que afectan al cultivo del frijol en Centroamérica, México y El Caribe, y otras regiones, se encuentran la verdolaga o portulaca (*Portulaca oleracea*), bledo blanco (*Amaranthus hybridus*), cadillo o moriseco (*Bidens pilosa*), flor amarilla (*Melampodium divaricatum*), pastorcita o lechosa (*Euphorbia heterophylla*), escobilla (*Sida* spp.) y varaboya o girasol (*Tithonia* spp.). Entre las monocotiledóneas más comunes se encuentran la pata de gallina (*Eleusine indica*), caminadora o zacate indio (*Rottboellia cochinchinensis*), mozote o pega-pega (*Cenchrus echinatus*), zacate Johnson o maicillo (*Sorghum halepense*), coquito o coyolillo (*Cyperus rotundus*), grama o zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto Honduras, mesmeto (*Ixophorus unisetus*) y arrocillo o zacate pinto (*Echinochloa colona*).

Estas especies de malezas tienen la habilidad para adaptarse a zonas ecológicas diversas; sin embargo, otras especies se encuentran en ambientes más específicos, ya sea trópico seco o húmedo, y en zonas bajas, intermedias o altas.

### Métodos de control de malezas en el frijol

Existen varios métodos de manejo de las malezas en el cultivo del frijol. Su elección para un caso específico, dependerá de factores como el sistema de producción del cultivo, la población

de malezas, la variedad de frijol empleada, los costos de los métodos y otros. Mediante el manejo integrado de malezas (MIM), se pueden utilizar una serie de prácticas para limitar el desarrollo y la infestación de estas, de tal manera que no causen pérdidas económicas significativas. EL MIM permite reducir el uso de herbicidas, por lo que se reducen los costos de producción y los daños al ecosistema.

### Componentes del MIM

Entre los componentes del MIM, se incluyen los siguientes métodos de control:

**Control cultural:** consiste en la aplicación de prácticas para favorecer el desarrollo del cultivo y reducir el de las malezas; de tal manera, que se pueda tener un cultivo vigoroso que compita eficientemente con las malezas. Este control es preventivo e incluye a la rotación de cultivos, densidad de siembra y distancia de siembra adecuadas.

**Control físico o mecánico:** se trata de manejar las malezas ya establecidas en el lote. Incluye prácticas como la preparación del suelo, la desyerba manual y la eliminación de residuos vegetales.

**Control químico:** el uso de este método se ha incrementado en los últimos años debido al desarrollo de herbicidas selectivos para cultivos específicos. Sin embargo, este se debe considerar como un método más en el manejo de malezas, y su uso debe estar sujeto a la relación costo-beneficio y los efectos adversos al ambiente que pueda ocasionar.

De manera general, las recomendaciones de manejo de malezas en el frijol se resumen en las siguientes prácticas:

1. Incorporación (o quema) durante la fase de preparación del terreno.
2. Desyerbas manuales o mecanizadas durante el cultivo. Usualmente son necesarias dos desyerbas, en las etapas V2-V3 (15-20 días) y V4-R5 (30-35 días).
3. Uso de rotaciones de cultivos para malezas predominantes difíciles de controlar en el cultivo de frijol. Se recomienda el uso de especies leguminosas de cobertura para reducir las malezas y simultáneamente mejorar los suelos.
4. Uso de herbicidas siguiendo las recomendaciones de fabricantes y técnicos. En el Cuadro 7, se presentan los herbicidas más comúnmente utilizados para el control de malezas en el cultivo del frijol en la mayoría de las regiones de América Latina.

En el manejo de malezas hay que considerar los factores físicos relacionados al clima y suelo, las características intrínsecas de las especies y las prácticas agrícolas. Este último es el factor con mayores efectos sobre las poblaciones de malezas, e incluye los efectos debidos a las prácticas de labranza utilizadas (convencional o mínima), el manejo de la fertilización y del agua, el uso de herbicidas y la rotación de cultivos.

El uso de productos químicos para el control de las malezas puede originar cambios en las poblaciones de malezas debido al control selectivo de algunas de ellas; así como la evolución de malezas resistentes como resultado de la presión de selección impuesta por el uso continuo de un herbicida determinado.

**Cuadro 7. Algunos herbicidas utilizados para el control de malezas en el cultivo de frijol en América Latina.**

Nombre comercial	Nombre técnico	Malezas que controla
<b><u>Pre-siembra</u></b>		
Gramoxone, Herbaxón Round-up	Paraquat Glifosato	Hojas anchas y gramíneas anuales Perennes
<b><u>Pre-siembra incorporado</u></b>		
Vernan Treflan Prowl Erradicane	Vernolate Trifluralina Pendimentalina EPTC	Gramíneas y ciperáceas Gramíneas incluyendo <i>Rottboellia</i> Gramíneas incluyendo <i>Rottboellia</i> Ciperáceas
<b><u>Pre-emergencia</u></b>		
Dual Afalón	Metolaclor Linurón	Gramíneas Hojas anchas
<b><u>Post-emergencia</u></b>		
Basagrán Fusilade Flex	Bentazón Fluazifop-butil Fomesafen-difenilo	Hojas anchas y ciperáceas Gramíneas Hojas anchas

Se recomienda seguir las indicaciones sobre las dosis a utilizar de cada herbicida; estas pueden variar según la población y especie de maleza, el tipo de suelo, las condiciones de humedad del suelo y la etapa de desarrollo del cultivo de frijol.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDONA, C., C. A. FLOR, F. J. MORALES y M.A. PASTOR-CORRALES. 1995. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. CIAT, Cali, Colombia, CIAT, 220p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Etapas de desarrollo de la planta de frijol: Guía de estudio (serie 045B-09-03). Cali, Colombia. 26p.
- CIAT. 1985. Frijol: Investigación y Producción. M. López, F. Fernández y A.V. Schoonhoven (eds.). Edit. XYZ, Cali, Colombia, 417 p.
- CIAT. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. A. V. Shoonhoven y M. A. Pastor-Corrales (comp.), CIAT, Cali, Colombia, 56 p.
- CIAT. 1989. Bean Production Problems in the Tropics. 2da. edición. H.F. Schwartz y M. A. Pastor-Corrales (eds.). Cali, Colombia, 726 p.
- CIAT. 1991. Common Beans: Research for Crop Improvement. A.V. Schoonhoven and O. Voysest (eds.). CIAT and CAB International, Redwood Press Ltd., UK, 980 p.
- CIAT. 1991. Manual de Recetas Culinarias de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). G. Gálvez (ed.). PROFRIZA (Programa de Frijol para la Zona Andina)/CIAT. Lima, Perú, 97 p.
- DEBOUK, D.G. y R. HIDALGO. 1985. Morfología de la planta de frijol común. pp. 7-41. En: Frijol: Investigación y Producción. M. López, F. Fernández y A.V. Schoonhoven (Eds.). Edit. XYZ, Cali, Colombia.
- DELGADO L. 1975. Morfología y valor nutritivo de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Curso corto de producción de frijol. CIAT, Cali, Colombia. 62p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1985. Guía para el control de plagas de leguminosas alimenticias. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile, 55 p.
- FAO. 1998. Anuario de Producción de 1997. Colección FAO: Estadística N° 142, vol. 51, Roma, Italia, 239 p.
- GEPTS P. y D. Debouk. 1991. Origin, domestication and evolution of common beans. In: A.V. Schoonhoven and O. Voysest (eds). Common Bean: Research for Crop Improvement. CIAT and CAB International, Redwood Press Ltd., UK, 980 p.
- GRAHAM P.H., J.C. ROSAS, C. ESTÉVEZ de JENSEN, E. PERALTA, B. TLUSTY, J. ACOSTA- GALLEGOS y P.A. ARRAES PEREIRA. 2003. Addressing edaphic constraints to bean production: the Bean/Cowpea CRSP project in perspective. Field Crops Research 82: 179-192.
- LARA K., E. PERALTA y E. VILLACRÉS. 2000. Mejor alimentación.....mejor nutrición preparando recetas con leguminosas. INIAP, Est. Exp. Santa Catalina, Publ. Miscelánea No. 97, Quito, Ecuador, 135 p.
- ORDOÑEZ, B. y M. GARCIA. 1999. Indicadores Básicos sobre el Desempeño Agropecuario 1970-97. Proyecto de Investigación en Políticas Agrícolas y Banco de Datos (USAID PL480). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 110 p.
- PACHICO D. 1989. En: Bean Production Problems in the Tropics. H. F. Schwartz y M. Pastor (eds.) 2da. Edición, CIAT, Cali, Colombia.

- PEJUAN W., H. SIERRA y R. ESPINAL. 2001. Manejo práctico en la cosecha y post-cosecha de frijol (recomendaciones). Publ. Componente de Frijol, Proyecto de Reactivación Agrícola Zamorano-USAID, Honduras, 13 p.
- ROSAS J.C. 2003. Recomendaciones para el manejo agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigaciones en Frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 33 p (ilustrado).
- ROSAS J.C., O. GALLARDO y J. JIMENEZ. 2003. Mejoramiento genético del frijol común mediante enfoques participativos en Honduras. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 1-9.
- ROSAS J.C. y D. ESCOTO. 2003. Presentación de la nueva variedad de frijol rojo claro brillante Amadeus 77. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria/Secretaría de Agricultura y Ganadería (DICTA/SAG). Boletín técnico ilustrado, Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 12 p.
- ROSAS J.C., A. CASTRO, J. S. BEAVER, C .A. PEREZ, A. MORALES y R. LEPIZ. 2000. Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 1-10.
- SANCHEZ, P. A. 1981. Suelos del Trópico: Características y Manejo. IICA, San José, Costa Rica, 634 p.
- SINGH. S.H. 1999. Production and utilization. *In: Common bean improvement in the twenty-first century.* S.H. Singh (ed.), Kluwer Academic Publishers, London, 405 p.
- TRABANINO, R. 1997. Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras, 156 p.
- TUNG M.D.T. e I. PEREIRA de OLIVEIRA. 1998. Problemas abióticos que afectan a producao do feijoeiro e sus métodos de controle. San Antonio de Goiás, EMBRAPA-CNPAP, 172 p.
- VOYSEST, O. 1983. Variedades de Frijol en América Latina y su origen. CIAT, Cali, Colombia, 87 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1989. Health implications for reducing chronic disease risk. National Research Council, Committee on Diet and Health, National Academy Press, Washington, D.C. USA.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1990. Diet, nutrition and prevention of chronical diseases. Tech. Report Series No. 797, Ginebra, Suiza.
- WORLD CANCER RESEARCH FUND/AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH (WCRF/AICR). 1997. Food, nutrition and the prevention of cancer: a global perspective. Menasha, Washington, Banta Book Group.
- ZAUMEYER, W. 1968. The Rockefeller Foundation Grain Legume Report Concerning the Lowlands Tropical Regions of The America. Dpment. of Agriculture, Beltsville, Maryland. 50p.

**Rosas J. C. 2003. El Cultivo del Frijol Común en América Tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 2da. edición, Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 57 p.**