

Introducción

El fríjol es una de las principales actividades de la economía campesina en varias regiones del país, de mucha importancia como generador de ingresos y empleo rural y como producto básico en la dieta alimenticia de la población por su alto contenido de proteínas y de elementos minerales esenciales. A él se dedican 120.000 pequeños productores que siembran 101.559 hectáreas, con una producción de 110.579 toneladas al año, que no son suficientes para abastecer el consumo interno.

El departamento de Antioquia es el primer productor de fríjol en Colombia, a su vez, es el primer consumidor de fríjol, y supera ampliamente el consumo per cápita del país y en este departamento el fríjol es un producto clave en la seguridad alimentaria de la población.

No obstante, en los últimos años el fríjol en Colombia ha perdido competitividad frente a la producción de otros países, en el marco de la globalización, especialmente por los altos costos de producción.

Los principales problemas para la producción de fríjol en Colombia y en Antioquia están relacionados con la alta incidencia de enfermedades y plagas, que se agravan por el uso generalizado de semilla de variedades regionales susceptibles, lo cual exige un alto uso de plaguicidas para su manejo con consecuencias negativas como la alta exposición y riesgo de los trabajadores a intoxicaciones, la contaminación del medio ambiente con estos productos y los riesgos de que el fríjol producido bajo estas condiciones pueda contener residuos tóxicos en niveles superiores a los permitidos. Así mismo, el empleo de plaguicidas en el cultivo ha elevado los costos de producción y es una de las causas de la pérdida de competitividad.

De acuerdo con esta problemática las tendencias actuales sugieren el empleo de estrategias de producción como el manejo integrado de plagas, el manejo integrado de cultivos, la producción limpia, la producción ecológica, y la producción con Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Esta última estrategia se considera como la más apropiada, ya que con su aplicación se logra tener un producto con las condiciones de calidad e inocuidad requeridas minimizando los daños al medio ambiente y protegiendo al máximo la salud y el bienestar de los trabajadores involucrados en el cultivo.

Las Buenas Prácticas Agrícolas —BPA—, las Buenas Prácticas de Manufactura —BPM— y las Buenas Prácticas de Manejo y Empaque —BPM y E— son todas acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo; procesamiento y empaque, transporte y almacenamiento, respectivamente, y se definen como un conjunto de actividades que incorporan el manejo integrado de plagas —MIP— y el manejo integrado del cultivo —MIC—, con el fin de proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable, para producir frutas y hortalizas respetando el medio ambiente (FAO, 2004). Además de los aspectos de higiene e inocuidad, se considera la salud de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas laborales dentro del marco de la producción agraria comercial, para alcanzar la sustentabilidad de la producción agrícola.

La obtención de productos hortícolas bajo un sistema de Buenas Prácticas Agrícolas constituye una necesidad urgente, debido a la preocupación de los gobiernos de contribuir significativamente a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a las exigencias impuestas por los exportadores o empresas agroindustriales que trabajan bajo un sistema de análisis de puntos críticos de control –HACCP¹– o aquellas que están en proceso de certificación (FAO, 2003).

El desarrollo de guías de BPA y la implementación de programas de aseguramiento de la inocuidad son importantes para que los productores cuenten con herramientas que al aplicarlas garanticen al consumidor colombiano productos sin contaminantes químicos, biológicos y físicos, para evitar los casos frecuentes y cada vez más crecientes de enfermedades causadas por alimentos. Para incrementar las exportaciones y diversificar los productos que se exportan, o para competir con los productos que puedan entrar al país como consecuencia de los acuerdos comerciales internacionales, el país debe ofrecer productos competitivos que cumplan con los requisitos de calidad, sanidad e inocuidad establecidos por los compradores; estos aspectos son determinantes hoy dentro de la nueva dinámica del comercio de productos agrícolas. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario emprender acciones para desarrollar un plan de producción de frijol, enfocado a consolidar sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas, de acuerdo con la tendencia mundial de producción más limpia, que permita cumplir con los preceptos de sostenibilidad y manejo ecológico del agroecosistema, como un requisito fundamental para buscar la sostenibilidad, la rentabilidad y la competitividad del sistema de producción y, además, de acceder a los mercados externos.

El país, consciente de la necesidad de implementar sistemas de Buenas Prácticas Agrícolas, ha venido desarrollando normatividad al respecto; por ello el Instituto Nacional de Normas Técnicas —Icontec—, estableció la norma técnica NTC 5400, la cual reglamenta las Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas, culinarias y hortalizas frescas que puede ser ajustada y adaptada a la producción de frijol (anexo 2). En la elaboración de la norma participaron productores, comercializadores, gremios, entidades del gobierno y expertos del sector. Se tuvieron en cuenta documentos como el protocolo EUREPGAP – Euro Retailer Working Produce Good Agriculture Practice²– para productos hortofrutícolas, los reglamentos técnicos, decretos, resoluciones y normas técnicas vigentes en Colombia, además de los conocimientos y experiencias de quienes participaron en el proceso de reglamentación.

También el Servicio Nacional de Aprendizaje —SENA—, a través de la dirección de formación profesional, grupo de innovación y desarrollo tecnológico, desarrolló la línea programática de Buenas Prácticas Agrícolas y pecuarias para la cadena agroindustrial, y con este fin elaboró una guía para la implementación de BPA.

Igualmente, el Consejo Nacional de Política Económica y Social —CONPES— y el Departamento Nacional de Planeación desarrollaron un documento acerca de la política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias, documento 3375 del 5 de septiembre de 2005, el cual contiene los lineamientos de política que permitirán mejorar las condiciones de sanidad e inocuidad de la producción agroalimentaria nacional con el fin de proteger la salud y vida de las personas y de los animales, aumentar la competitividad y fortalecer la capacidad para obtener la admisibilidad de los productos agroalimentarios en los mercados internacionales.

El propósito de este manual es brindar a los productores y asistentes técnicos las herramientas necesarias para el manejo del frijol voluble, con la estrategia de Buenas Prácticas Agrícolas que permitan mejorar la competitividad y la calidad del producto, disminuir el impacto negativo del cultivo en el medio ambiente y mejorar, a su vez, las condiciones de salud, seguridad y bienestar de los trabajadores relacionados con el cultivo.

¹ Hazard Analysis Critical Control Points

² Productores minoristas europeos que apoyan las buenas prácticas agrícolas.

Introducción a las BPA

Introducción

Las Buenas Prácticas Agrícolas son todas las acciones que se realizan en la producción de hortalizas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, el embalaje y el transporte, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al medio ambiente y la salud y el bienestar de los trabajadores.

La aplicación de las normas de BPA es voluntaria. Sin embargo, se cree que en un tiempo cercano las BPA serán indispensables para poder poner los productos en los principales mercados locales e internacionales. Los consumidores están cada vez más interesados en obtener alimentos sanos, producidos respetando el ambiente y el bienestar de los trabajadores. Las BPA nacen como nuevas exigencias de los compradores traspasadas a los proveedores. Para el productor, la ventaja principal es poder comercializar un producto diferenciado. La "diferencia" para el consumidor es saber que se trata de un alimento sano, de alta calidad y seguro, que al ser ingerido no representa un riesgo para la salud. Este tipo de producto diferenciado le otorga al productor mayores posibilidades de venta a mejores precios.

Mediante el cuidado del ambiente se busca reducir la contaminación, conservar la biodiversidad y valorizar los recursos naturales como el suelo y el agua. El uso irracional de productos químicos ha causado la contaminación de suelos y aguas, y los residuos de pesticidas permanecen en el medio y su acumulación puede producir pérdidas de la biodiversidad, además de intoxicaciones en los seres humanos. Por el contrario, el cuidado del ambiente tiene beneficios para el propio productor, se mantiene una mayor productividad a lo largo del tiempo al evitar la pérdida de la fertilidad de los suelos, es menor la contaminación de aguas y suelo, etc. Por otra parte, al incidir en el bienestar de los trabajadores se mejora la calidad de vida y la higiene, se atiende la salud y se previenen las intoxicaciones.

Ingresar a la producción bajo BPA significa para los productores adoptar manejos previamente comprobados, para lo que es fundamental la capacitación sobre higiene y seguridad, aplicación de agroquímicos, manejos durante la cosecha, entre otros. Significa además un gasto o inversión en tiempo y dinero, tanto en capacitación como en infraestructura, insumos y servicios.

La adopción de las BPA implica llevar registros de todas las actividades que se realizan. Esto hace que el productor tenga una visión más clara y ordenada de lo que está sucediendo en su predio. De todas maneras, el productor tiene que analizar previamente los beneficios de las BPA antes de embarcarse en este tipo de producción.

Dada la importancia que tienen las BPA en el comercio mundial, en el cuidado del medio ambiente y el bienestar de los trabajadores, la FAO ha decidido difundirlas, y capacitar y colaborar en su adopción.

Buenas Prácticas Agrícolas significa “hacer las cosas bien y dar garantía de ello”.

Definición de las BPA

Las Buenas Prácticas Agrícolas son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas —MIP— y el Manejo Integrado del Cultivo —MIC—, cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad con un mínimo impacto ambiental, con bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores y que permita proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable.

En general, las BPA se basan en tres principios: la obtención de productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, la protección del medio ambiente y el bienestar de los agricultores.

Para la implementación de un programa de BPA es importante el conocimiento previo de las acciones o líneas que rigen este sistema de calidad, como son: el medio ambiente, la sanidad e inocuidad de los productos, su trazabilidad por medio de registros, y la seguridad para los trabajadores y consumidores. Deben tenerse en cuenta, además, otros temas como el agua, el suelo, el empaque, el transporte y la manipulación.

Ventajas de la adopción de las BPA

- Mejorar las condiciones higiénicas del producto.
- Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos tóxicos o características inadecuadas en sabor o aspecto para el consumidor.
- Minimizar las fuentes de contaminación de los productos, en la medida en que se implementen normas de higiene durante la producción y recolección de la cosecha.
- Abre posibilidades de exportar a mercados exigentes (mejores oportunidades y precios). En el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados.
- Obtención de nueva y mejor información de su propio negocio, merced a los sistemas de registros que se deben implementar (certificación) y que se pueden cruzar con información económica. De esta forma, el productor comprende mejor su negocio, lo cual lo habilita para tomar mejores decisiones.
- Mejora la gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, etc.) de la finca (empresa) en términos productivos y económicos, y aumentar la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, etc.).

- Se reduce la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, etc.
- El personal de la empresa se compromete más con ella, porque aumenta la productividad gracias a la especialización y dignificación del trabajo agropecuario.
- Mejora la imagen del producto y de la empresa ante sus compradores (oportunidades de nuevos negocios) y, por agregación, mejora la imagen del propio país.
- Desde el punto de vista de las comunidades rurales locales, las BPA representan un recurso de inclusión en los mercados, tanto locales como regionales o internacionales. Así mismo, constituyen una excelente oportunidad para demostrarse a sí mismas y a otras comunidades semejantes que se pueden integrar con éxito, al tiempo que mejoran su calidad de vida y su autoestima, sin dejar de lado sus valores culturales.

Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

- **Protección del ambiente:** se minimiza la aplicación de agroquímicos y su uso y manejo son adecuados, por tanto no se contaminan suelos y aguas y se cuida la biodiversidad.
- **Bienestar y seguridad de los trabajadores:** esto se logra mediante capacitación, cuidado de los aspectos laborales y de la salud (prevención de accidentes, de enfermedades gastrointestinales, higiene), y buenas condiciones en los lugares de trabajo.
- **Alimentos sanos:** los alimentos producidos le dan garantía al consumidor, porque son sanos y aptos para el consumo por estar libres de contaminantes (residuos de pesticidas, metales pesados, tierra, piedras, hongos).
- **Organización y participación de la comunidad:** los procesos de gestión son participativos, ayudan al empoderamiento y a la construcción de tejido social y fortalecen el uso de los recursos en busca de procesos de sostenibilidad.
- **Comercio justo:** los productores organizados cuentan con poder de negociación, logran encadenamientos con productores de bienes y servicios, se fomenta la generación de valor agregado a los productos de origen agropecuario, y así el productor recibe una justa retribución por su participación en el proceso de producción.

Componentes BPA

Semillas: Se debe fomentar el uso de variedades y especies comerciales resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades importantes desde el punto de vista económico, con vistas a un uso racional de agroquímicos e insumos. Igualmente, se debe fomentar una adecuada selección de semillas entre los productores y utilizar especies adaptables a la zona de cultivo. Es importante que las semillas y especies utilizadas estén certificadas sanitariamente.

Historia y manejo del establecimiento: Se debe conocer la historia del terreno y su uso actual, al igual que de los terrenos vecinos, para identificar ventajas y riesgos para el cultivo. Así mismo los lotes o unidades productivas, de manera que se defina el número o nombre del lote, y la variedad y el número de plantas o animales. Es de gran valor establecer un sistema básico de planificación de la producción y un sistema de monitoreo y evaluación.

Manejo de suelos y sustratos: Las técnicas de cultivo más recomendadas, encaminadas a reducir la posibilidad de erosión y compactación del suelo, son la labranza mínima y la protección de pendientes. Además, se debe mantener el suelo limpio de residuos no orgánicos. En cualquier caso, es recomendable utilizar distancias de siembra adecuadas con plantas sanas, y asegurarse de disponer de un análisis de suelos antes de proceder a establecer el cultivo.

Los cultivos se han de plantar donde haya más fertilidad y menos problemas de malezas (arvenses) o inundaciones. Pero también hay que fomentar la rotación de cultivos en la unidad productiva para evitar la esterilización y los desbalances químicos del suelo con sustancias.

Uso de fertilizantes: hay que asegurarse de que la aplicación de fertilizantes esté basada en los requerimientos nutricionales del cultivo con base en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad por medio de un uso racional de los recursos y los insumos y evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante.

Hay que llevar un registro de la existencia de fertilizantes en la unidad productiva. Se debe verificar que éstos declaren su composición química (sobre el empaque o botella), y estén registrados oficialmente.

El almacenamiento de los fertilizantes debe cumplir con los criterios de seguridad: estar separados de los pesticidas y, donde no sea posible, separarlos por un espacio de aire y etiquetados; que estén en un área cubierta limpia y seca, y aislados del piso para evitar que se humedezcan. No se deben mezclar en un mismo espacio con alimentos, productos frescos o productos terminados, como tampoco se deben guardar en los sitios de residencia. Por último, se deben señalar las áreas de peligro y riesgos, con avisos sencillos y visibles a distancia.

Riego: es vital realizar acciones que propendan por la protección del recurso hídrico, garantizar que no haya acceso de animales domésticos a la fuente de agua y no aplicar agroquímicos y fertilizantes cerca de ella.

Se debe utilizar un sistema de riego eficiente y económicamente viable para asegurar un adecuado manejo del recurso hídrico. De igual forma, se recomienda el monitoreo del agua de riego por medio de análisis que permitan demostrar su calidad y pertinencia para regar cultivos, y realizar acciones correctivas en caso de resultados adversos.

Protección de cultivos: se deben aplicar técnicas reconocidas de Manejo Integrado de Plagas —MIP— y usar productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de signos y síntomas de plagas y enfermedades que permitan tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación.

La elección de los productos fitosanitarios es de suma importancia en el proceso productivo, ya que este concepto involucra varios aspectos, a saber: justificación de la aplicación, mediante la verificación de la presencia de síntomas o signos de las plagas o enfermedades; categoría toxicológica del producto, ya que se debe fomentar el uso de plaguicidas registrados oficialmente y de baja toxicidad (categorías III y IV); dosificación mínima eficiente para el control; rotación de producto para evitar resistencia de las plagas y enfermedades a los agroquímicos, y competencia y conocimiento en la materia de quien recomienda el producto.

Los trabajadores deben recibir entrenamiento en el manejo de equipos y la aplicación de pesticidas, de igual forma, usar ropa de protección adecuada para disminuir los riesgos de salud y seguridad. Es vital asegurarse de que antes de realizar una aplicación, conozcan el producto que van a utilizar; no se deben hacer autoformulaciones. Cada aplicación está acompañada por instrucciones claras o símbolos donde se detalla la labor y la dosificación química y técnica requerida. El equipo de aplicación se debe mantener en buena condición realizando calibraciones y mantenimientos periódicos.

La disposición de residuos sobrantes de productos fitosanitarios debe hacerse de acuerdo con los procedimientos reglamentados. El almacenamiento de plaguicidas deberá ser en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación apropiada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego. En lo posible, evitar derrames, y en caso de ocurrir realizar las labores adecuadas para contrarrestarlos. Se debe contar con los elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y los medios para manejar intoxicaciones; además, tener a mano los teléfonos de hospitales, policía y dirección local de salud para solución de emergencias. Los envases vacíos de agroquímicos deben disponerse de

acuerdo con la legislación nacional para evitar la exposición de las personas y la reutilización de los mismos.

Se deben llevar registros de todas las labores realizadas en el proceso productivo, incluyendo poscosecha y comercialización, de tal manera que se pueda trazar el producto.

Recolección y manejo poscosecha: Hay que tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado. Se debe organizar un sistema conveniente de manipulación, clasificación, empaque y transporte, y almacenar lo empacado en la parcela, campo o centro de acopio, de forma que se evite la contaminación por roedores, plagas, pájaros o peligros físicos o químicos y se mantenga la vida útil adecuada. Es importante efectuar un análisis de los riesgos de higiene del sitio de manejo poscosecha, que será usado para establecer protocolos de higiene tanto para el personal como para los equipos.

Los trabajadores deben tener acceso a unidades sanitarias adecuadas para el manejo de excretas y lavado de manos cerca a su sitio de trabajo. Es de vital importancia capacitar a los trabajadores en instrucciones básicas de higiene antes de manipular productos frescos. Éstos no se deben tocar si se padece una enfermedad transmisible que inhabilite para manipular productos destinados al consumo humano. Por último, se debe garantizar el adecuado suministro de agua potable y evitar la contaminación por aguas residuales para las labores de poscosecha.

Salud, seguridad y bienestar: Hay que fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, normas de higiene, procedimientos para accidentes y emergencias y entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso. En este sentido, se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajador.

Los trabajadores que realizan aplicaciones de productos fitosanitarios en la parcela deben recibir controles anuales de salud, los cuales estarán de acuerdo con las pautas establecidas por los códigos de salud locales. Así mismo, conviene abrir espacios de participación en jornadas de salud realizadas por el hospital y el municipio para los trabajadores y sus hijos, para conocer su estado nutricional.

Se debe garantizar que la persona contratada esté vinculada a algún régimen de salud, y respetar las edades para contratación de acuerdo con las disposiciones legales.

Es aconsejable fomentar en las familias de los trabajadores acciones encaminadas al reconocimiento de los derechos y deberes de los niños, buen trato entre los miembros de la familia, buena manipulación y preparación de los alimentos, que corresponda con unos hábitos alimentarios adecuados, mantenimiento de una huerta casera que les permita mejorar la alimentación de la familia, y propiciar condiciones de estudio para los menores de edad, junto con programas de complementación alimentaria, crecimiento y desarrollo, control prenatal y sobre los beneficios de la lactancia materna.

Importancia del fríjol en Antioquia

Importancia en la alimentación

El fríjol es uno de los componentes más importantes en la alimentación de la población en Antioquia por su calidad nutricional, ya que posee altos contenidos de proteína y de algunos de los minerales esenciales. El consumo aparente de fríjol en Colombia es de 3,7 kg/persona/año y en Antioquia se estima en 6 kg/persona/año.

El contenido de proteína del fríjol varía del 20 al 28% de acuerdo con la variedad y la región donde se produce. Entre los aminoácidos esenciales que contiene están la metionina, que varía entre 0,17 y 0,53%, la lisina, entre 1,69 y 2,44%, y el triptofano, entre 0,14 y 0,22% (Obando, citado en Profiza, 1992). La tabla 1 muestra los componentes nutricionales del fríjol.

Tabla 1. Contenido promedio de nutrientes en 100 g de fríjol

Componente	Valor
Energía	322 kcal
Proteínas	21,8 g
Grasas	2,5 g
Carbohidratos	55,4 g
Tiamina	0,63 mg
Niacina	1,8 mg
Calcio	183 mg
Hierro	4,7 mg

Fuente: Obesidad. net/Spanish 2002 default . html.

Área sembrada y volúmenes de producción

El departamento de Antioquia es el primer productor de fríjol en Colombia. Según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el año 2005 en Colombia se sembraron 101.559 hectáreas de las cuales 21.048 correspondieron al departamento de Antioquia y representaron el 21% del total. La producción en este mismo año fue de 110.579 toneladas, de las cuales 29.347 se produjeron en Antioquia, equivalentes al 27% del volumen total.

En Antioquia las subregiones más productoras son el Oriente con 9.391 ha y 15.622 t; el Suroeste, con 4.580,5 ha y 7.716,2 t, y el Occidente, con 4.379 ha y 3.317,2 t (Ministerio

de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, 2006).

Variedades comerciales

En el clima frío moderado predomina la siembra de variedades regionales de frijol voluble tipo cargamanto blanco, que es sembrado por el 75% de los agricultores del Oriente antioqueño y por el 80% de los agricultores de Urrao (Suroeste). En cuanto a variedades mejoradas, se tienen el ICA viboral y el corpoica 106, ambas tipo cargamanto, que son sembradas por el 5% de los agricultores del Oriente y por el 3,3% de los productores del municipio de Urrao (Arias y Guzmán, 2001; Quirós, 2000). Los agricultores tienen preferencia por las variedades regionales tipo cargamanto por varias razones, entre las que se destacan su adaptación a las condiciones de producción y la preferencia en los mercados por este tipo de frijol, que tiene precios más altos en comparación con los otros que se ofrecen. Una de las razones del bajo uso de las variedades mejoradas es la poca oferta de semilla (Arias y Guzmán, 2001).

Costos de producción

A precios del año 2005, el costo promedio de producción para frijol cargamanto voluble era \$3.948.600 pesos por hectárea, que con un rendimiento promedio de 1.500 kg/ha da un costo de \$2.632 por kg producido. La mano de obra representa el 43% de los costos de producción en el frijol voluble.

Generación de empleo

En Colombia se ha estimado que por cada hectárea de frijol se requieren 70 jornales. Para el frijol voluble se requiere un mayor número de jornales, aproximadamente 140 por hectárea. De acuerdo con el área cultivada en Antioquia, el frijol emplea unos 3.150.000 jornales, que equivalen a 12.115 empleos directos permanentes. Si se tiene en cuenta que la mano de obra empleada en el cultivo es casi en su totalidad mano de obra familiar, se entenderá su importancia como generador de empleo y de ingresos para la economía campesina.

Comercialización

La producción de frijol se destina básicamente a abastecer el mercado interno, pero en algunas épocas del año no es suficiente para abastecer la demanda y se hacen importaciones. Entre abril y julio generalmente baja la producción, y la oferta de frijol y los precios tienden al alza.

En el proceso de comercialización del frijol participan muchos productores y pocos mayoristas, estos últimos son quienes abastecen a los consumidores finales e intervienen en la fijación del precio. Se han identificado cuatro canales de distribución para llevar el producto hasta el consumidor final: acopiador–mayorista–detallista; proveedor–mayorista– supermercado; importador–mayorista–detallista; importador–agroindustria–detallista. El canal que va del acopiador al mayorista y de éste al detallista es el más utilizado para la comercialización de frijol nacional fresco y seco (Anuario Estadístico de Antioquia, Coyuntura Frijol, 2005).

Precios

El precio de compra de frijol al productor es determinado con base en la oferta y en la expectativa del precio que se pueda conseguir en las centrales mayoristas. En los años 2003 y 2004, los precios registrados en los mercados mayoristas fueron bajos, entre \$2.500 y \$3.000 pesos/kg para el frijol tipo cargamanto. En los años 2005 y 2006 los precios estuvieron más altos, entre \$3.000 y \$4.000 para esta misma clase comercial de frijol (Anuario Estadístico de Antioquia, Coyuntura frijol, 2005).

Generalidades del cultivo

Descripción botánica y etapas de desarrollo

Taxonomía

Desde el punto de vista taxonómico, el frijol es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Lineo en 1753. Pertenece a la tribu *Phaseolae* de la subfamilia papilionoidae dentro del orden Rosales y la familia Leguminosae.

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas: *P. vulgaris* L.; *P. lunatus* L.; *P. coccineus* L., y *P. acutifolius* A. Gray var *latifolius* Freeman (CIAT, 1984).

Morfología

El estudio de la morfología se hace por los caracteres, es decir, las marcas externas que componen cada órgano, visibles a escalas macroscópica y microscópica. Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables. Los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.

La raíz: En la primera etapa de desarrollo, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. A los pocos días de la emergencia de la radícula, es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal (figura 1). Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud (figura 2). En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo.

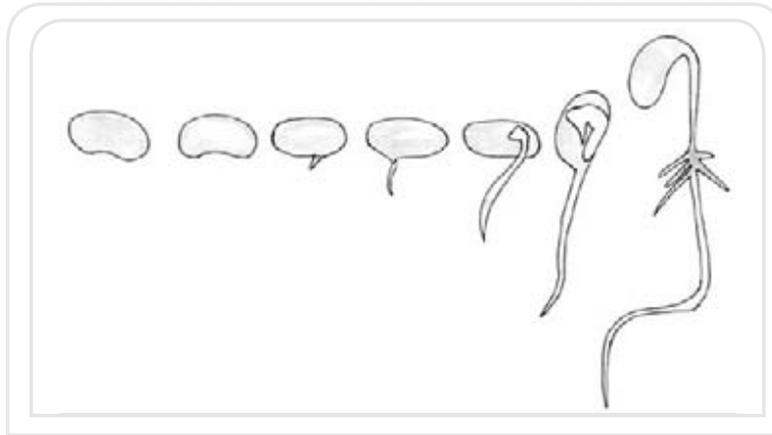


Figura 1. Sistema radical inicial



Figura 2. Raíz completamente desarrollada

Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación incluso dentro de una misma variedad.

Como miembro de la subfamilia papilionoideae, *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical (figura 2). Estos nódulos son

colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta.

La composición del sistema radical del frijol y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, etc. (CIAT, 1984).

El tallo: el tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en el tallo (figura 3). El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis.

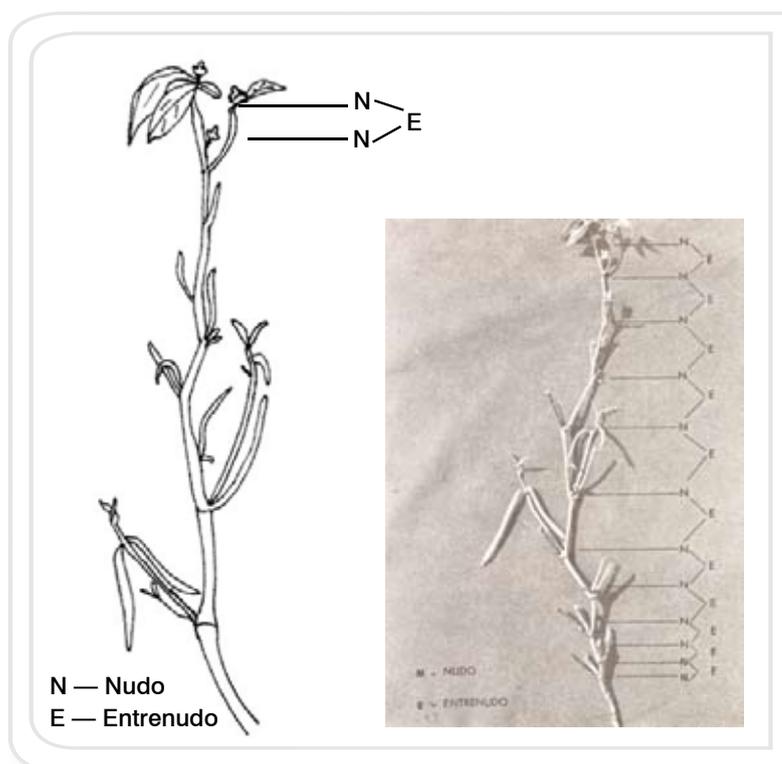


Figura 3. Tallo

El tallo es el resultado de un proceso dinámico de construcción activa desde sus primeras etapas de crecimiento por parte de un grupo de células situadas en su parte final, llamada meristemo terminal. Este proceso de construcción incluye también la formación de otros órganos en los nudos y la de los

Es importante tener un conocimiento básico sobre la morfología de la planta de frijol para detectar e identificar las anomalías causadas por agentes externos.

entrenudos. El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas, y puede ser erecto, semipostrado y postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo, de modo que pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado.

El tallo empieza en la inserción de las raíces. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo se llama hipocótilo. El siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas. Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias se encuentra un entrenudo real llamado epicotilo (figura 4). En el tallo se encuentran presentes, a nivel de cada nudo, otros órganos como las hojas, las ramas, los racimos y las flores.

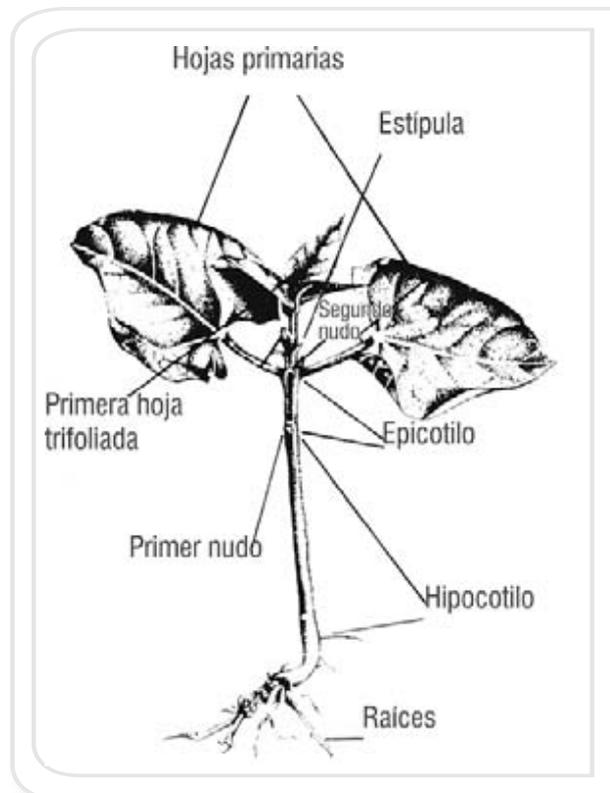


Figura 4. Plántula de frijol

El tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, con dos probabilidades, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Una es que termina en una inflorescencia que al aparecer, normalmente, el tallo cesa su crecimiento y, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado. En la otra el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo, formando más nudos y entrenudos, en este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado. Cuando la planta es de hábito de crecimiento

determinado el tallo posee, por lo general, un bajo número de nudos, y en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado el número de nudos es mayor.

Bajo condiciones similares de ambiente, el número de nudos del tallo de un material genéticamente puro se puede considerar como un carácter de poca variación (CIAT, 1984).

Hábito de crecimiento: Este concepto morfoagronómico puede ser definido como el resultado de la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final. Debido a que algunos de estos caracteres son influenciados por el ambiente, el hábito de crecimiento puede ser afectado por éste. Los principales caracteres morfoagronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

- El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- El número de nudos.
- La longitud de los entrenudos y, en consecuencia, la altura de la planta.
- La aptitud para trepar.
- El grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definida como la parte del tallo o de las ramas que sobresale por encima del follaje del cultivo.

Según estudios hechos por el CIAT, se considera que los hábitos de crecimiento pueden ser agrupados en cuatro tipos principales (figura 5).

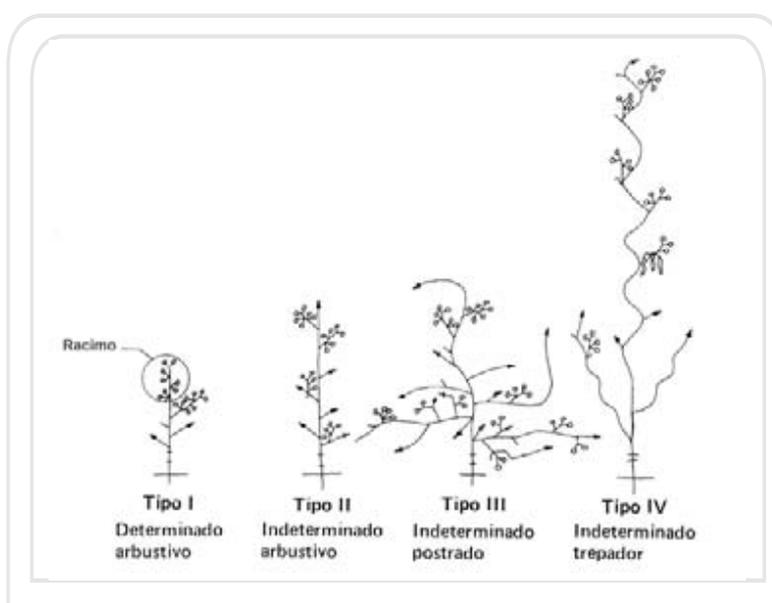


Figura 5. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento

Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo, con las siguientes características:

- El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada.
- En general, el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de cinco a diez, normalmente cortos.
- La altura puede variar entre 30 y 50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas, más cortas.
- La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.

Tipo II: hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, con las siguientes características:

- Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta. Las ramas no producen guías.
- Pocas ramas, pero con un número superior al tipo I, y generalmente cortas con respecto al tallo.
- El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I, generalmente más de 12.
- Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III: hábito de crecimiento indeterminado postrado, cuyas plantas presentan las siguientes características:

- Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
- La altura de las plantas es superior a la de las plantas del tipo I, generalmente mayor a 80 cm.
- 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, y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
- El desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura de la planta. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa; otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Pueden presentar aptitud trepadora.

Tipo IV: hábito de crecimiento indeterminado trepador. Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico hábito trepador. Poseen las siguientes características:

- A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad trepadora.
- Las ramas muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
- El tallo, el cual puede tener de 20 a 30 nudos, puede alcanzar más de 2 m de altura con un soporte adecuado.
- 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, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración.

Algunos de los parámetros que componen el hábito de crecimiento han evolucionado, por ejemplo en el tipo de ramificación, debido a la selección de fenotipos adecuados a necesidades locales o regionales. Esto ha dado origen a subclasificaciones, veamos algunos ejemplos: entre los tipos III existen aquellos totalmente postrados denominados IIIa, mientras que otros tienen el tallo y las ramas con aptitud trepadora, aunque no muy desarrollada, y se denominan IIIb. En los tipos IV se hacen subdivisiones según la distribución de las vainas en la planta. Así, 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 (figura 6) (CIAT, 1984).

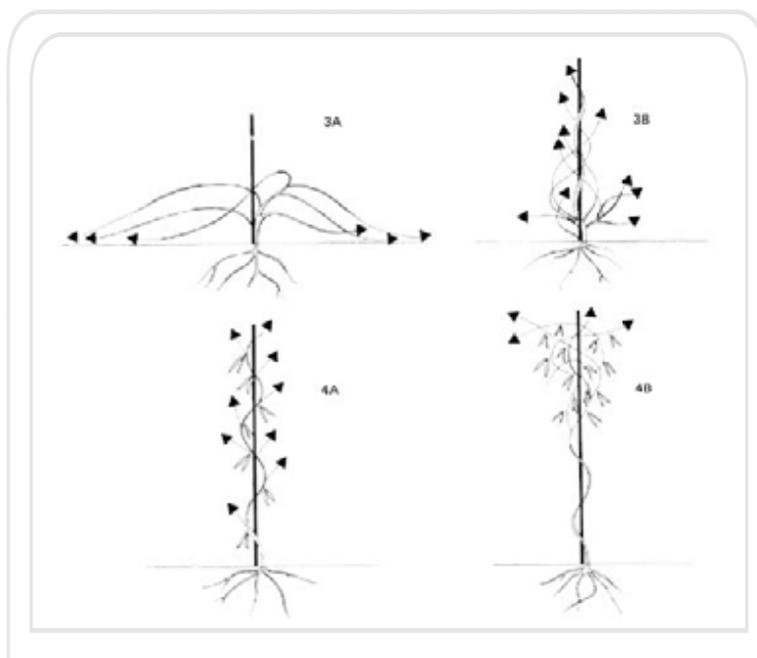


Figura 6. Parámetros que componen el hábito de crecimiento.

Ramas: las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en las axilas, formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o rama, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar, que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo. De éste, además de ramas, se pueden desarrollar otras estructuras, como las inflorescencias. El predominio de ramas o inflorescencias depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Las tres yemas forman un complejo axilar llamado tríada (figura 7), y pueden tener un desarrollo diferente que puede ser de tres tipos:

Es necesario conocer y diferenciar las variedades de frijol por su hábito de crecimiento para programar y realizar las prácticas de manejo del cultivo, de acuerdo con esta característica.

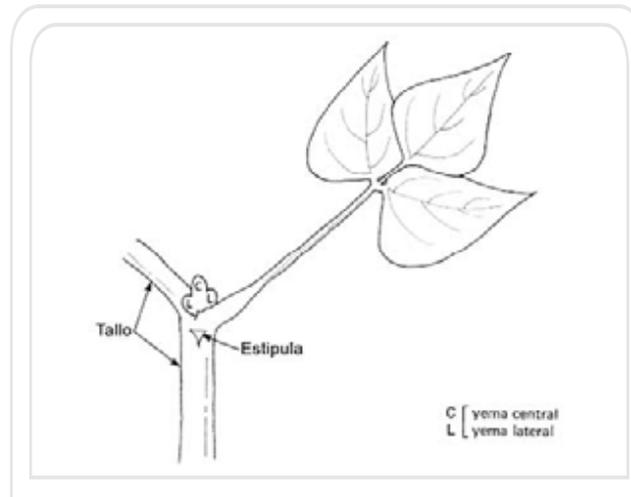


Figura 7. Triada, complejo axilar formado por yemas.

Tipo 1: Desarrollo completamente vegetativo, si las tres yemas son vegetativas.

Tipo 2: Desarrollo floral y vegetativo, si existen yemas florales y vegetativas.

Tipo 3: Desarrollo completamente floral, si las tres yemas son yemas florales.

El desarrollo de la estructura de la planta se limita a los tres casos de desarrollo de las tríadas, tanto en el tallo como en las ramas. En los hábitos determinados se presentan los tipos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los tipos 1 y 2 (CIAT, 1984).

Hojas: Las hojas del frijol son de dos tipos, simples y compuestas (figura 8), y están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples, aparecen en el segundo nudo del tallo, se forman en la semilla durante la embriogénesis, y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada.

Las hojas compuestas trifoliadas (figura 8) son las hojas típicas del frijol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular que siempre son visibles.

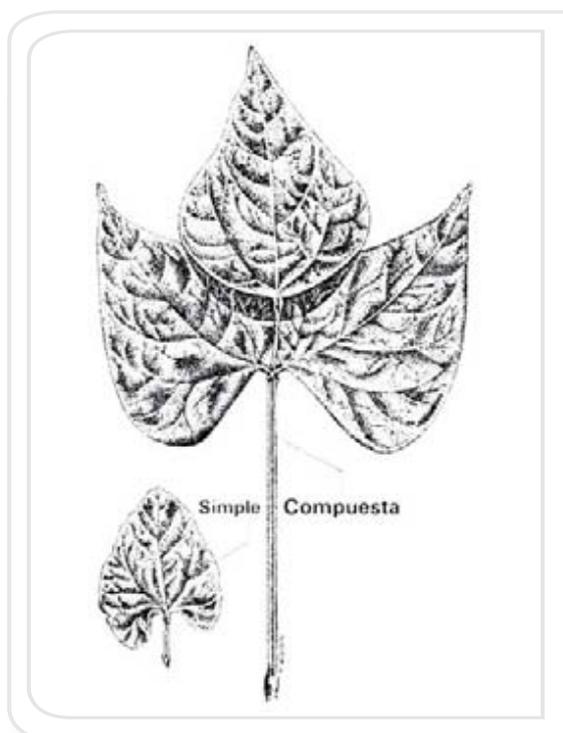


Figura 8. Hojas simples y compuestas del frijol.

En condiciones normales, existe una gran variación en cuanto al color y la pilosidad de las hojas. Estos caracteres pueden o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo y de las ramas. La variación también está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta y con la edad (CIAT, 1984).

Inflorescencia: Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico, se consideran como racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral) que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis (figura 9). En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales (CIAT, 1984).

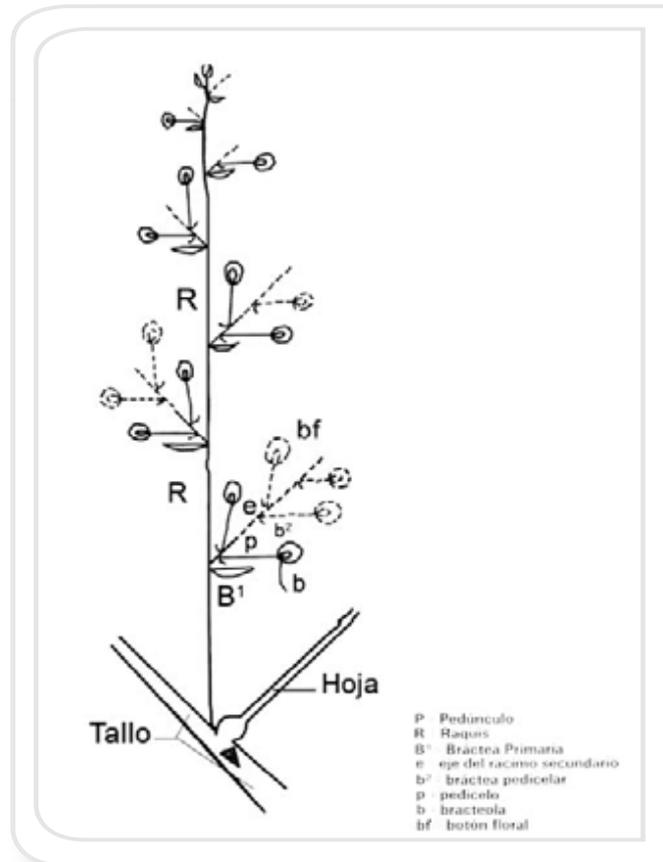


Figura 9. Inflorescencias terminales o axilares.

Flor: La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados, el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila en su estado inicial, está envuelto por las bracteolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola, que aún está cerrada, sobresale, y las bracteolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre. Las características de la flor son las siguientes (figura 10):

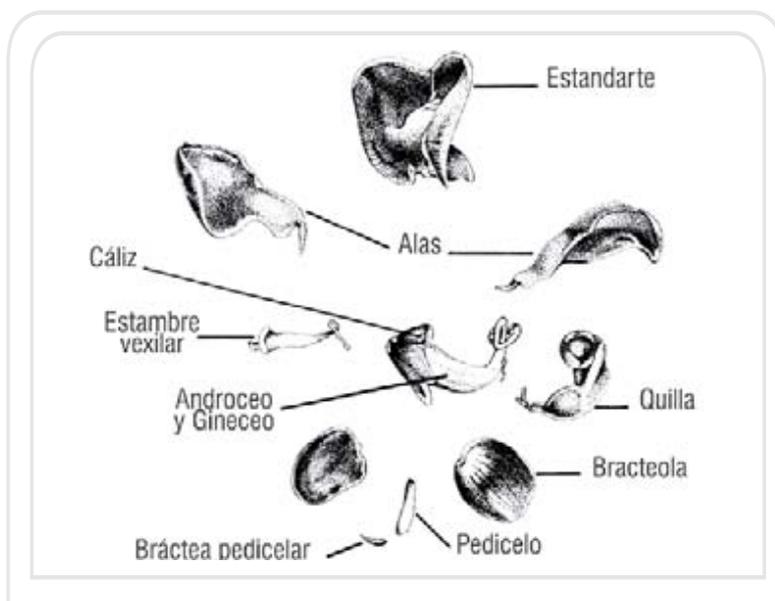


Figura 10. Componentes de la flor

- Un pecíolo, y en su base una pequeña bráctea.
- El cáliz posee cinco dientes triangulados dispuestos en dos grupos. En la base del cáliz hay dos bracteolas ovoides que persisten hasta poco después de la floración.
- La corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados por su base. En ella se distinguen el pétalo más sobresaliente o estandarte, que puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura y que, generalmente, se torna amarillo después de la fecundación, y dos alas cuyo color puede ser blanco, rosado o púrpura. En general, las alas son más oscuras que las otras partes de la corola. La otra parte es la quilla, que tiene forma de espiral muy cerrada y compuesta por dos pétalos completamente unidos.
- El androceo está formado por nueve estambres soldados en su base por un tubo, y un estambre libre llamado vexilar.
- El gineceo incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal.

La morfología floral del frijol favorece el mecanismo de autopolinización, ya que las anteras están al mismo nivel del estigma y, además, ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce el derrame del polen (antesis), éste cae directamente sobre el estigma (CIAT 1984).

Fruto: el fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con

rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral (figura 11). Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar.

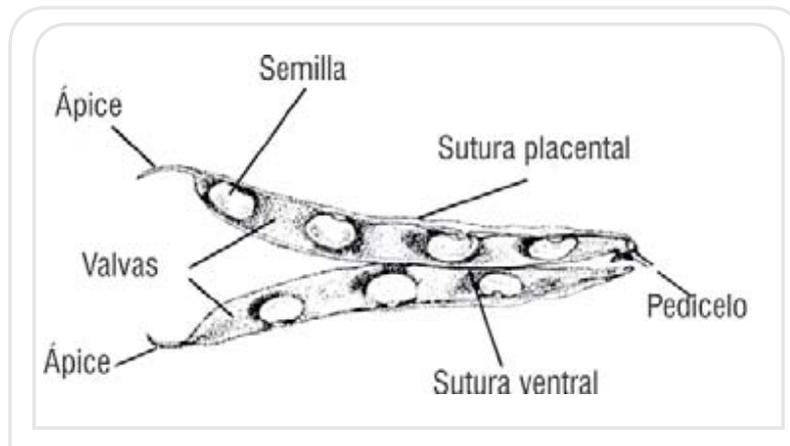


Figura 11. Fruto de la planta del frijol.

Semilla: la semilla no posee albumen, por tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Puede tener varias formas: ovalada, redonda, cilíndrica, arriñonada. Las partes externas más importantes de la semilla se muestran en la figura 12.

- La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
- El hilum, que conecta la semilla con la placentar.
- El micrópilo, que es una abertura en la cubierta cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza la absorción del agua.
- El rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos de óvulo.

Internamente, la semilla está constituida por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (figura 13).

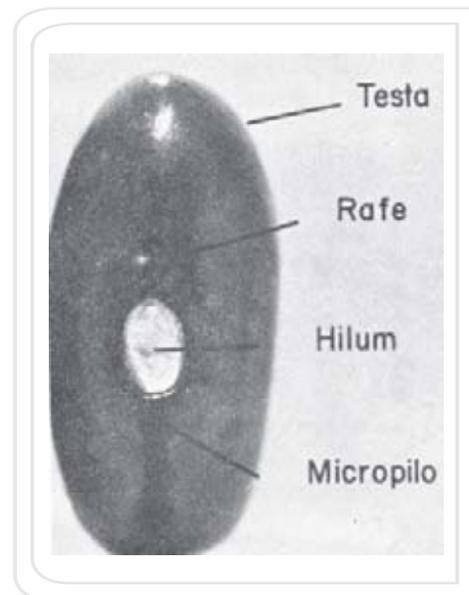


Figura 12. Composición externa de la semilla de frijol.

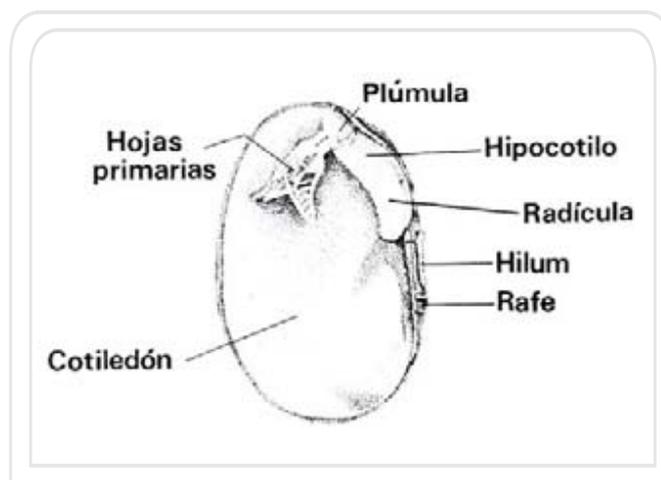


Figura 13. Composición interna de la semilla de frijol.

La semilla tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo. La combinación de colores también es muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales de frijol (CIAT, 1984).

Etapas de desarrollo de la planta de frijol

El Centro Internacional de Agricultura Tropical —CIAT— ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del frijol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que se suceden durante el desarrollo. Esta escala permite referir las observaciones y prácticas de manejo, o etapas de desarrollo fisiológico.

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva. La fase vegetativa se inicia cuando se le brindan a la semilla las condiciones para iniciar la germinación, y termina cuando aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. La fase reproductiva, por su parte, está comprendida entre la aparición de los primeros botones florales o racimos y la madurez de cosecha.

En el desarrollo de la planta de frijol se han identificado 10 etapas, las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes (figura 14). Cada etapa comienza en un evento del desarrollo, cuyo nombre la identifica, y termina donde se inicia el siguiente evento, y así sucesivamente.

La identificación de cada etapa se hace 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

Es muy importante conocer y manejar el concepto de etapas de desarrollo de la planta de frijol, ya que las prácticas de manejo se deben realizar acorde con dichas etapas.

pertenece la etapa particular. Es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa, o R si pertenece a la fase reproductiva. El número indica la posición de la etapa en la escala (figura 14).

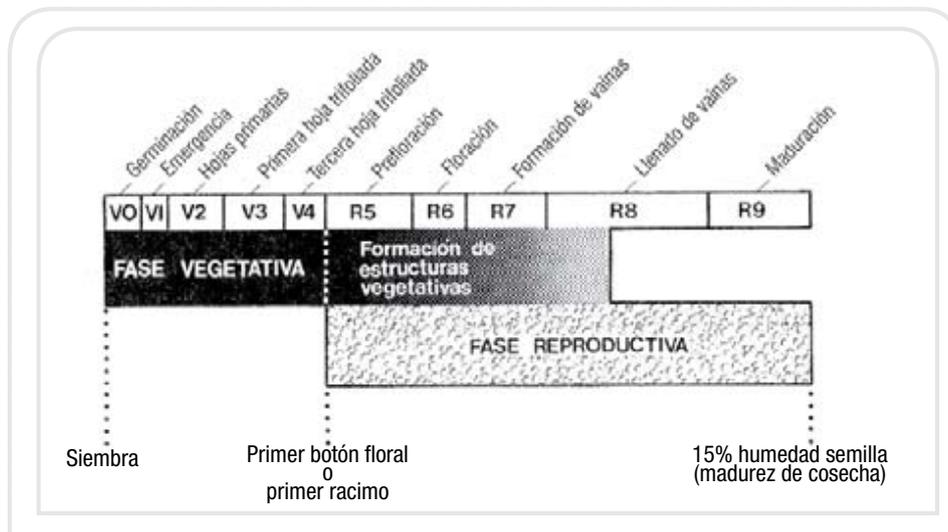


Figura 14. Etapas de desarrollo de la planta de frijol.

Los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol son el genotipo y el clima, aunque también influyen otros factores como la fertilidad y las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros (CIAT, 1982).

Descripción de las etapas de desarrollo

Etapas de la fase vegetativa:

La fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada (figura 14).

Etapa V0 (Germinación). La semilla absorbe agua y ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrientes de los cotiledones. Emerge luego la radícula, que posteriormente se convierte en raíz primaria al aparecer sobre ella las raíces secundarias; el hipocótilo también crece, y quedan los cotiledones al nivel del suelo (figura 15).

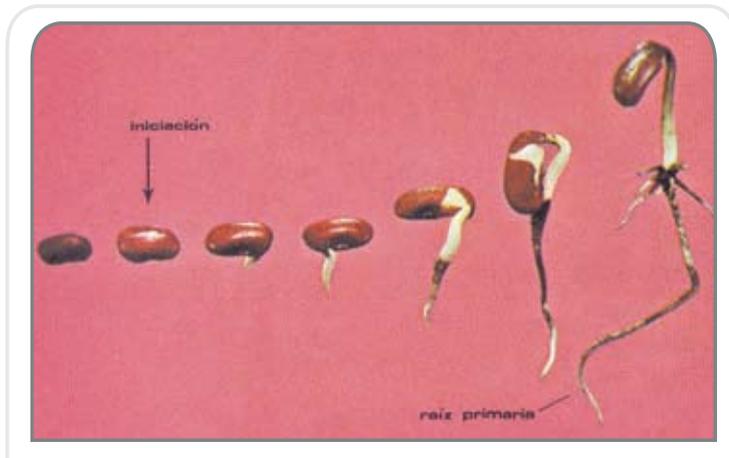


Figura 15. Etapa V0: germinación

Etapa V1 (Emergencia). Se inicia cuando los cotiledones aparecen a nivel del suelo. El hipocótilo se endereza y sigue creciendo, los cotiledones comienzan a separarse y luego se despliegan las hojas primarias (figura 16).

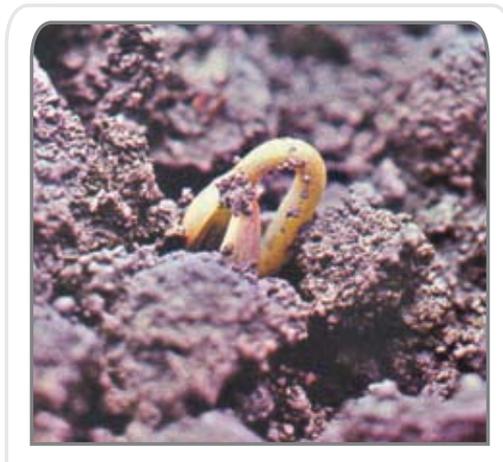


Figura 16. Etapa V1: emergencia

Etapa V2 (Hojas primarias). Comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas. En un cultivo se considera que esta etapa inicia cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. En esta etapa empieza el desarrollo vegetativo rápido de la planta, durante el cual se formarán el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas. Los cotiledones pierden su forma arrugándose y arqueándose (figura 17).



Figura 17. Etapa V2: hojas primarias

Etapa V3 (Primera hoja trifoliada). Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana (figura 18). En un cultivo esta etapa se inicia cuando el 50% de las plantas han desplegado la primera hoja trifoliada.

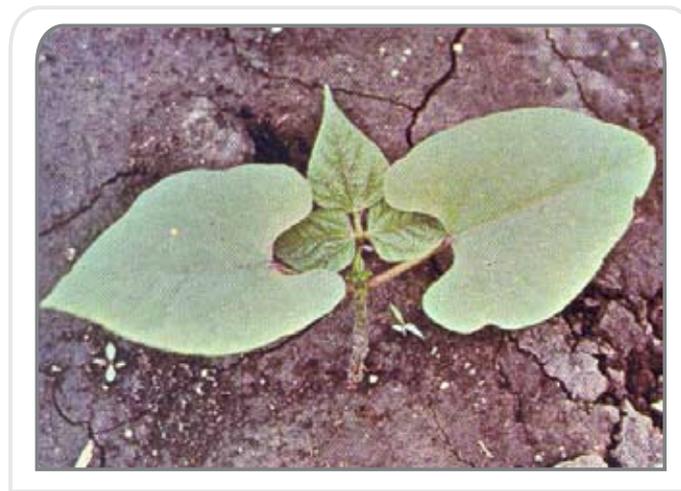


Figura 18. Etapa V3: primera hoja trifoliada

Etapa V4 (Tercera hoja trifoliada). Esta etapa comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada (figura 19). En un cultivo comienza esta etapa cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. A partir de esta etapa se hacen claramente diferenciables algunas estructuras vegetativas como el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas que se desarrollan a partir de las tríadas de yemas. La primera rama generalmente inicia su desarrollo cuando la planta comienza la etapa V3.



Figura 19. Etapa V4: tercera hoja trifoliada

Etapas de la fase reproductiva

En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración.

Etapa R5 (prefloración). La etapa R5 se inicia cuando aparece el primer botón o el primer racimo floral (figura 20). Para un cultivo, se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta esta característica.

En una variedad determinada, se nota el desarrollo de los botones florales en el último nudo del tallo o la rama; en cambio, en las variedades indeterminadas los racimos florales se observan en los nudos inferiores.



Figura 20. Etapa R5: prefloración

Etapa R6 (Floración). La etapa R6 se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta (figura 21), 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 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 crecimiento indeterminado, la floración comienza en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente. Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento.

Etapa R7 (Formación de las vainas). En una planta, esta etapa se inicia cuando aparece la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida (figura 22), y en condiciones de cultivo cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. Inicialmente, la formación de las vainas comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 o 15 días después de la floración, ocurre principalmente un crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de la semilla. Cuando las valvas alcanzan su tamaño final y el peso máximo, se inicia el llenado de las vainas.



Figura 21. Etapa R6: floración

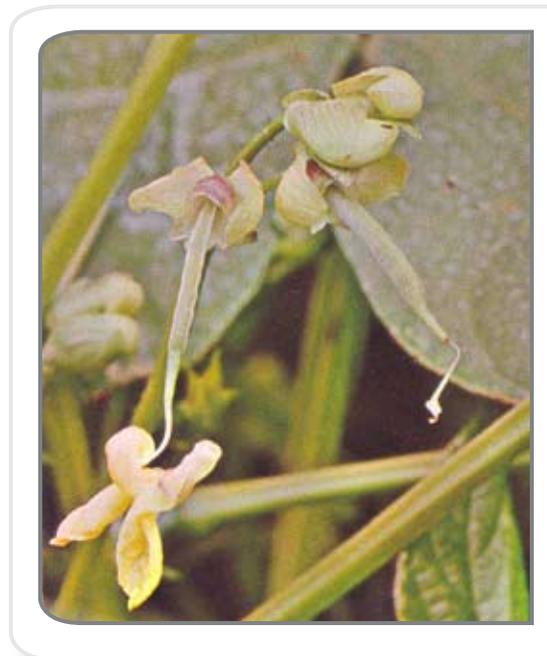


Figura 22. Etapa R7: formación de las vainas

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. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde, así comienzan a adquirir las características de la variedad. En algunas variedades, las valvas de las vainas empiezan a pigmentarse, lo que generalmente ocurre después del inicio de la pigmentación de la semilla (figura 23).

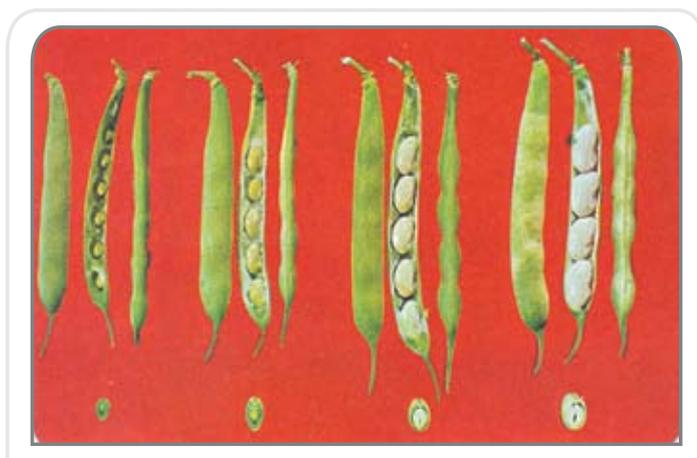


Figura 23. Etapa R8: llenado de las vainas

Etapa R9 (Maduración). Esta etapa es la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración del cultivo. Se caracteriza por la maduración y secado de las vainas (figura 24). Un cultivo inicia esta etapa cuando en el 50% de las plantas por lo menos una vaina inicia su decoloración y secado. Las vainas, al secarse, pierden su pigmentación; el contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar del 15 al 20%, momento en el cual alcanzan su coloración típica. Aquí termina el ciclo biológico de la planta y ésta se encuentra lista para la cosecha (CIAT 1982).



Figura 24. Etapa R9: maduración

Se debe tener muy presente los requerimientos climáticos y ambientales del frijol para poderle brindar al cultivo las condiciones apropiadas para su normal desarrollo. Establecer los cultivos de frijol solamente en el ambiente y el clima apropiados.

Factores climáticos

Los factores climáticos que más influyen en el desarrollo del cultivo son la temperatura y la luz; tanto los valores promedio como las variaciones diarias y estacionales tienen una influencia importante en la duración de las etapas de desarrollo y en el comportamiento del cultivo.

Temperatura

La planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27° C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5° C o 40° C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles (White, citado por Ríos y Quirós, 2002).

Luz

El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días.

Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Ríos, 2002).

Agua

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura (White, citado por Ríos, 2002).

Se estima que más del 60% de los cultivos de frijol en el tercer mundo sufren por falta de agua. En contraste con lo anterior, las zonas donde se siembra frijol en Colombia corresponden a los pisos altitudinales premontano (1.000 a 2.000 msnm) y montano bajo (2.000 a 3.000 msnm), con precipitaciones superiores a los 500 mm promedio anual, y en el caso de las tierras cafeteras y del clima frío moderado, son superiores a los 1.000 mm, suficientes para satisfacer las necesidades de agua del cultivo (Ríos, 2002).

Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (White, citado por Ríos, 2002).

Estudios realizados para medir el consumo de agua del frijol a lo largo de las etapas de desarrollo han permitido determinar que el mayor consumo se da en las etapas de floración y formación de las vainas (Pavani, citado por Ríos, 2002).

En la zona cafetera de Colombia, los mejores rendimientos en frijol arbustivo se obtienen cuando la precipitación es de aproximadamente 400 mm, bien distribuidos en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo (Jaramillo, citado por Ríos, 2002).