

Modelo tecnológico

para el cultivo de **fríjol voluble**
(*Phaseolus vulgaris* L.) en el
departamento de Antioquia

Modelo tecnológico para el cultivo de fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) en el departamento de Antioquia

Autores

Pablo J Tamayo M
Paula A Aguilar
Carlos Velásquez A

Mosquera, Colombia, 2013

Modelo tecnológico para el cultivo de frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) en el departamento de Antioquia / Pablo J. Tamayo M., Paula A. Aguilar, Carlos Velásquez A. – Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), [2013].

116 páginas: ilustraciones, datos numéricos
Incluye referencias bibliográficas
ISBN e-Book: 978-958-740-207-0

1. *Phaseolus vulgaris* 2. Manejo del cultivo 3. Variedades 4. Comercialización 5. Fenología 6. Enfermedades de las plantas 7. Análisis de costos 8. Antioquia (Colombia) I. Aguilar, Paula A. II. Velásquez A., Carlos

Palabras clave normalizadas según Tesoro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica

Centro de Investigación La Selva. Kilómetro 7, vía a Las Palmas, vereda Llano Grande, Antioquia. Código postal 054040, Colombia.

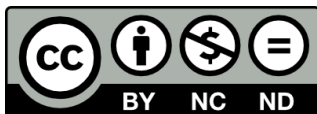
Esta publicación es el resultado del convenio de cooperación 0181 de 2013 (Contrato 1810) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Serie: Modelos productivos

Preparación editorial

Editorial Corpoica
editorial.corpoica@corpoica.org.co

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Citación sugerida: Tamayo-Molano, P. J., Aguilar-Aguilar, P. A., Velásquez-Arroyo, C. E. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo de frijol voluble (Phaseolus vulgaris L.) en el departamento de Antioquia*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Cláusula de responsabilidad: Corpoica no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Contenido

Introducción	11
Capítulo I	
Descripción del área geográfica	13
Oriente antioqueño	13
Suroeste antioqueño	14
Capítulo II	
Importancia del cultivo de frijol	16
Cultivo de frijol en el mundo	17
Área cosechada, producción y rendimiento	17
Principales países productores de frijol	18
Exportaciones en el mundo	19
Importaciones en el mundo.....	21
Consumo de frijol en el mundo	22
Cultivo del frijol en Colombia	23
Área cosechada, producción y rendimiento	24
Principales departamentos productores de frijol	24
Consumo nacional.....	25
Importaciones de frijol en Colombia	26
Cultivo de frijol en Antioquia	27
Área cosechada, producción y rendimiento	27
Principales subregiones productoras de frijol	27
Principales municipios productores de frijol	29
Capítulo III	
Generalidades del cultivo	31
Taxonomía y origen del frijol.....	31
Distribución del frijol en el mundo	32
Distribución del frijol en Colombia	32
Morfología del frijol	33
Sistema radicular.....	33
Tallo	33
Ramas.....	34
Hojas	34
Inflorescencia.....	34
Flor.....	35
Fruto.....	35
Semilla	36
Ciclo vegetativo y fenología del frijol	36

Factores climáticos	40
Temperatura	40
Agua	40
Luz	41
Capítulo IV	
Manejo agronómico	42
Suelo	42
Semilla y variedades	42
Estrategias de producción de semilla	43
Producción de semilla certificada	43
Producción de semilla seleccionada	43
Variedades	44
Fríjol ICA LS-3,3	45
Fríjol Corpoica 106	46
Fríjol ICA Viboral	47
Fríjol ICA Llanogrande	48
Preparación del terreno	49
Sistemas y arreglos de siembra	50
Fríjol en monocultivo	50
Fríjol en relevo con maíz	51
Fríjol en asocio con maíz	51
Relevo papa, maíz, fríjol	51
Tutorado	52
Aporque	53
Cosecha	53
Método de cosecha	54
Poscosecha	55
Secado del grano	55
Desgrane	57
Limpieza del grano	59
Selección del grano	59
Empaque del grano	60
Almacenamiento del grano	61
Capítulo V	
Manejo del suelo y fertilización del cultivo	62
Propiedades físicas y químicas de los suelos de clima frío de Antioquia	62
Función y deficiencia de los nutrientes	62
Toxicidad por aluminio (Al)	63

Deficiencia de nitrógeno (N).....	63
Deficiencia de fósforo (P).....	64
Deficiencia de potasio (K).....	64
Deficiencia de calcio (Ca).....	64
Deficiencia de magnesio (Mg).....	65
Deficiencia de azufre (S).....	65
Deficiencia y toxicidad por Boro (B).....	65
Requerimientos nutricionales del frijol.....	66
Análisis de suelos.....	66
Procedimiento para la toma de muestras de suelo.....	67
Interpretación del análisis de suelos.....	68
Fertilización.....	69
Limitantes en la absorción de nutrientes.....	70
Fuentes de fertilización orgánica y química.....	71
Capítulo VI	
Manejo de enfermedades y plagas.....	73
Enfermedades causadas por hongos.....	73
Antracnosis, <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	73
Mancha anillada, <i>Phoma exigua</i> var. <i>diversispora</i>	75
Mancha angular, <i>Phaeoisariopsis griseola</i>	77
Moho blanco, <i>Esclerotinia</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	79
Mildeo polvoso, oidio, cenicilla, <i>Erysiphe polygoni</i>	81
Amarillamiento, marchitamiento por <i>Fusarium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	82
Chancro, pudrición radical por <i>Rhizoctonia</i> , <i>Rhizoctonia solani</i>	84
Pudrición radical por <i>Fusarium</i> , <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i>	85
Pudrición por <i>Pythium</i> , <i>Pythium</i> spp.....	87
Enfermedades causadas por virus.....	89
Virus del mosaico común del frijol (VMCF), Bean Common Mosaic Virus (BCMV).....	89
Enfermedades causadas por nematodos.....	91
Nematodos del nudo, <i>Meloidogyne</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. javanica</i> , <i>M. arenaria</i> , <i>M. hapla</i>	91
Plagas.....	93
Chiza, mojoyoy, <i>Phyllophaga obsoleta</i> , <i>Ancognatha scarabaeoides</i>	93
Tierreros, trozadores, <i>Agrotis ipsilon</i> , <i>Spodoptera frugiperda</i>	94
Crisomélidos, diabroticas, cucarroncitos de las hojas, <i>Diabrotica balteata</i> , <i>Cerotoma</i> sp.....	95

Minador, tostón, <i>Liriomyza huidobrensis</i> , <i>Hemichalepus</i> spp.	96
Trips, Thrips palmi, <i>Frankliniella</i> sp.	96
Áfidos, pulgones, <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i>	97
Lorito verde, salta hojas, <i>Empoasca kraemeri</i>	98
Ácaros, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> , <i>Tetranychu</i> ssp.	98
Mosca blanca, <i>Bemisia tabaci</i> , <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	99
Gusano cogollero, perforador de la vaina, <i>Epinotia aporema</i>	100
Barrenador del cogollo, <i>Dasiops</i> sp.....	100
Gorgojo, <i>Acanthoscelides obtectus</i> , <i>Zabrotes subfasciatus</i>	101
Capítulo VII	
Manejo de arvenses.....	102
Capítulo VIII	
Estructura de costos de producción del fríjol.....	104
Bibliografía.....	111

Listado de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica	15
Figura 2. Área cosechada y producción mundial de frijol seco, 2002-2012.....	17
Figura 3. Rendimiento mundial de frijol seco, 2002-2012	18
Figura 4. Principales países productores de frijol seco en el mundo, 2012	19
Figura 5. Exportaciones mundiales de frijol seco, 2002-2011	20
Figura 6. Principales países exportadores de frijol seco en el mundo, 2002-2011	20
Figura 7. Importaciones de frijol seco en el mundo, 2002-2011	21
Figura 8. Principales países importadores de frijol seco en el mundo, 2002-2011	22
Figura 9. Área cosechada y producción de frijol seco en Colombia, 2002-2012....	24
Figura 10. Principales departamentos productores de frijol en Colombia	25
Figura 11. Importaciones de frijol en Colombia, 2002-2011	26
Figura 12. Subregiones productoras de frijol voluble en Antioquia, 2011.....	28
Figura 13. Principales municipios productores de frijol voluble en Antioquia, 2011	30
Figura 14. Etapas de desarrollo de una planta de frijol en condiciones de Palmira, Colombia.....	37
Figura 15. Frijol cargamanto	45
Figura 16. Frijol ICA, LS 3,3	46
Figura 17. Semilla de frijol Corpoica 106.....	47
Figura 18. Frijol ICA Viboral	48
Figura 19. Frijol ICA Llanogrande.....	48
Figura 20. Preparación del suelo, labranza reducida	49
Figura 21. Frijol en espaldera o monocultivo	50
Figura 22. Frijol en relevo con maíz	51
Figura 23. Tutorado de enmallado con propileno.....	52
Figura 24. Aporcado del frijol	53
Figura 25. Cosecha manual de frijol	55
Figura 26. Secado del grano sobre cubierta de plástico.....	56
Figura 27. Secado en marquesinas.....	56
Figura 28. Desgranadora de frijol de pequeño tamaño.....	57
Figura 29. Desgrane de frijol por el método de garroteo o apaleo	58
Figura 30. Desgrane manual de frijol.....	58
Figura 31. Limpieza del grano	59
Figura 32. Selección del grano.....	60
Figura 33. Empaque y almacenamiento del grano	60
Figura 34. Síntomas de antracnosis en el envés de la hoja	74
Figura 35. Vainas de frijol afectadas por antracnosis	74
Figura 36. Síntomas de antracnosis afectando los cotiledones de la semilla	74

Figura 37. Síntomas de antracnosis afectando plantas recién establecidas	75
Figura 38. Hoja de frijol afectada por mancha anillada.....	76
Figura 39. Vaina de frijol afectada por mancha anillada	76
Figura 40. Tallo de frijol afectado por mancha anillada	77
Figura 41. Amarillamiento de las hojas causadas por mancha angular	78
Figura 42. Vainas afectadas por mancha angular	78
Figura 43. Tallos afectados por mancha angular	79
Figura 44. Vaina afectada por moho blanco.....	80
Figura 45. Tallo afectado por moho blanco	80
Figura 46. Hojas con lesiones causadas por mildew polvoso.....	81
Figura 47. Hojas con lesiones causadas por mildew polvoso.....	81
Figura 48. Tallo con lesiones causadas por mildew polvoso	82
Figura 49. Vaina afectada por mildew polvoso.....	82
Figura 50. Tallo afectado por Fusarium oxysporum	83
Figura 51. Sistema radical afectado por Fusarium oxysporum.....	83
Figura 52. Pudrición de las semillas en preemergencia por Rhizoctonia solani	84
Figura 53. Lesiones causadas por Rhizotonia solani.....	85
Figura 54. Lesiones causadas por Fusarium solani en la base de la planta.....	86
Figura 55. Raíces afectadas por pudrición causada por Fusarium solani	86
Figura 56. Lesiones causadas por Pythium sp. en la base del tallo.....	87
Figura 57. Tallo afectado por Pythium sp.	88
Figura 58. Tallo afectado por Pythium sp.	88
Figura 59. Áfido vector del virus del mosaico común del frijol	89
Figura 60. Hojas con síntomas causados por el virus del mosaico común del frijol.....	90
Figura 61. Planta de frijol afectada por el virus del mosaico común del frijol.....	90
Figura 62. Mosaico tenue en hojas primarias y deformación a causa del virus del mosaico común del frijol	91
Figura 63. Raíces de frijol afectadas por Meloidogyne spp.	92
Figura 64. Nódulos causados por bacterias fijadora de nitrógeno Rhizobium spp. en raíces de frijol.....	92
Figura 65. Larva de chiza.....	94
Figura 66. Adulto de mosca blanca.....	99
Figura 67. Gorgojo afectando granos almacenados	101

Listado de tablas

Tabla 1. Fríjol frente a posibles sustitutos, 2012	18
Tabla 2. Consumo mundial de fríjol seco, principales países, 2009.....	23
Tabla 3. Consumo per cápita (kg/persona al año) de frijoles secos por país, 2009	23
Tabla 4. Fríjol: superficie cosechada (ha), producción (kg) y rendimiento (kg/ha), principales productores, años agrícolas 2000-2011	25
Tabla 5. Área, producción y rendimientos de fríjol en Antioquia.....	27
Tabla 6. Etapas de desarrollo de una planta de fríjol	37
Tabla 7. Exigencias minerales del fríjol (arbustivo)	66
Tabla 8. Niveles críticos de fósforo y potasio.....	68
Tabla 9. Niveles críticos de materia orgánica para clima frío	68
Tabla 10. Niveles críticos de nitrógeno.....	69
Tabla 11. Contenido de nutrientes en varios abonos comunes en Colombia	72
Tabla 12. Estimación de costos para fríjol cargamento omblogoamarillo.....	107
Tabla 12. Indicadores	110

Introducción

El presente documento titulado Modelo tecnológico para el cultivo del frijol voluble en el departamento de Antioquia, contiene el conjunto de tecnologías que se han venido adaptando en el sistema productivo de frijol voluble en el departamento de Antioquia y que con su aplicación mejoran la productividad y la competitividad del mismo en el departamento.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) desde épocas precolombinas representa una de las principales fuentes de alimentación, además de ser de gran importancia como generador de ingresos y empleo rural; así mismo, constituye uno de los principales productos básicos de la canasta familiar (Arias *et al.*, 2007). Por lo anterior, organismos de carácter tanto nacional como internacional, han identificado al frijol como uno de los cultivos obligatorios para los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto, por su alto contenido de proteínas y minerales y su amplio rango de adaptaciones a los diferentes ambientes agroecológicos (Fenalce, 2004).

En Colombia, es frecuente que la actividad de sembrar frijol pierda importancia debido a una alta oferta del producto que provoca precios bajos e, incluso, que se disminuya la producción con destino al autoconsumo; sin embargo, tales circunstancias son rápidamente sustituidas por una alta demanda que de nuevo provoca precios atractivos e interés por el establecimiento de nuevas áreas de cultivo, lo cual revitaliza el sector y estimula el fomento, además de renovar el interés por emprender esfuerzos de investigación en entidades del orden nacional e internacional, dirigidas al desarrollo de variedades más productivas y resistentes a enfermedades (Graham y Ranilli, 1997).

Con respecto al valor nutritivo, el frijol es considerado una de las principales fuentes de proteína, en especial para aquellas poblaciones de bajos recursos; así mismo, es uno de los productos básicos en la seguridad alimentaria de las áreas rurales y de bajos ingresos (Fenalce, 2004). En Colombia, el cultivo de frijol posee rendimientos aceptables, debido a que 65% de la producción nacional de frijol proviene del cultivo de variedades volubles o de enredadera, con rendimientos promedio de 1.202 kg/ha, y 35% restante se origina en variedades de tipo arbustivo, cuyo rendimiento promedio está en 750 kg/ha. Además de lo anterior, a partir del año 2000 los

departamentos de Tolima y Huila cambiaron las variedades lima por otras de mayores rendimientos, como cargamanto rojo, radicales y bola roja (Sadra, 2011).

El cultivo del fríjol voluble en Antioquia es de economía campesina, en la que predominan pequeños productores; es considerado un producto básico de la canasta familiar y una fuente de ingresos por la demanda de mano de obra y del grano, lo cual ocasiona escasez del producto e incremento de los precios en algunas épocas del año. El departamento de Antioquia es uno de los principales productores de fríjol en Colombia y, a su vez, el principal consumidor de fríjol, además de que supera ampliamente el consumo per cápita del país.

Los rendimientos de fríjol en Antioquia han mostrado un crecimiento de 2,9% promedio anual en los últimos 19 años, pasando de 862 kg/ha en 1990 a 1.573 kg/ha en 2009. Esto se debe al desarrollo de nuevas tecnologías en el manejo del cultivo, encaminadas a incrementar los rendimientos y aumentar la rentabilidad, para lo que se aprovecha la integración de diferentes factores, como variedad, ambiente y manejo del cultivo, entre otros; tecnologías que se están dando a conocer a los productores para su respectiva validación y adaptación, de acuerdo con sus situaciones particulares y junto con la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (Sadra, 2011).

En Antioquia, instituciones regionales, como la Gobernación de Antioquia, y de orden nacional, como Corpoica, CIAT, SENA y Fenalce, han venido liderando procesos de investigación, promoción y desarrollo del cultivo de fríjol en el departamento, al punto de que es el único que posee un acuerdo regional de competitividad en Colombia. En los últimos dos años se ha renovado el interés por conformar la cadena nacional de fríjol, con la participación de instituciones de diferentes departamentos, impulsada por el Ministerio de Agricultura y Corpoica.

Este modelo productivo está dirigido a productores de la subregión del oriente y suroeste Antioqueño, donde se concentran los principales productores de fríjol voluble y en la que se han desarrollado la mayoría de investigaciones de esta leguminosa en Colombia.

Capítulo I

Descripción del área geográfica

El cultivo de frijol voluble se siembra en las zonas de clima medio y frío moderado de todo el departamento. A continuación, se describen las características de las dos principales subregiones cultivadoras de frijol voluble del departamento, como son el oriente y suroeste antioqueño.

Se estima que la zona del suroeste es la que tiene una mayor oferta ambiental, lo que hace al cultivo de frijol muy competitivo por sus altos rendimientos. A diferencia de otras zonas del departamento, en la región del suroeste el frijol voluble se siembra con el sistema de tutorado, antes usado para la granadilla, en suelos profundos, no encharcables y de texturas francas. Lo anterior, junto con una caracterización ambiental que incluye temperaturas medias, lluvias bien distribuidas durante todo el año y buena luminosidad, posibilitan alta productividad y buena calidad del producto cosechado.

Oriente antioqueño

Según Cornare (2006) el territorio del oriente antioqueño está conformado por 26 municipios, con un área aproximada de 827.600 ha, correspondientes a 13% del departamento de Antioquia y a 0,7% de Colombia. Este territorio se encuentra dividido en cinco subregiones, según las características biogeográficas y ambientales de los municipios que las componen; estas subregiones se denominan: Valle de San Nicolás, Bosques, Aguas, Porce-Nus y Páramo, de las que la región de San Nicolás es la que concentra la mayor producción de frijol voluble.

La zona conocida como Valle del San Nicolás está conformada por nueve municipios: Guarne, Rionegro, Marinilla, El Santuario, El Carmen de Viboral, La Ceja, La Unión, El Retiro y San Vicente. La mayor parte de esta subregión tiene características de bosque húmedo montano bajo (bh-MB), con alturas que van desde 2.000 a 3.000 msnm, una temperatura entre los 12 y 20 ° C, promedio anual de lluvias de 1.000 a 2.000 mm y humedad relativa de entre 70% y 85% (Espinal, 1992).

En esta zona los suelos más comunes son derivados de cenizas volcánicas, como los andisoles, caracterizados por tener un primer horizonte (H-A) rico en materia orgánica, sobre un subsuelo de color pardo amarillento (Muñoz, 1985). Los siguientes

horizontes son bajos en materia orgánica, con colores que van desde un amarillento a rojizo amarillento (Cortés, 1982; Muñoz, 1985; Toro, 1979). En estos horizontes se limita el desarrollo de las raíces de las plantas y, en consecuencia, la profundidad efectiva superficial es menor de 50 cm. Este fenómeno es común en los suelos planos aluviales, terrazas y colinas bajas del oriente antioqueño. Las tierras de clima frío en Antioquia son de baja fertilidad, ya que presentan bajos contenidos de nutrientes y desbalances nutricionales (Muñoz, 1985).

Suroeste antioqueño

Este territorio está conformado por 23 municipios; tiene una extensión de 6.733 km² que equivalen a 10,44% del departamento; se localiza entre las vertientes oriental de la Cordillera Occidental y occidental de la Cordillera Central, que conforman el cañón del río Cauca y la cuenca del río San Juan (Castro *et al.*, 2009). Comprende pisos térmicos cálido, templado y frío, con una precipitación media anual que oscila entre 1.500 y 3.000 mm, con temperaturas que varían entre 17 y 26 °C, y alturas comprendidas entre los 500 y los 2.100 msnm (Roncancio *et al.*, 1998).

Según la dirección de planeación estratégica integral de la Gobernación de Antioquia (2007), el suroeste está conformado por cuatro zonas, a saber: Sinifaná, Penderisco, Cartama y San Juan, distribución que atiende a las dinámicas que los municipios vienen perfilando para su desarrollo, su vocación económica, lazos culturales, conexión vial y accidentes geográficos, entre otros, siendo la zona del Penderisco en la que se concentra la producción de frijol voluble, en particular en el municipio de Urrao. Esta zona del Penderisco, en el suroeste antioqueño, está conformada por los municipios de Salgar, Betulia, Concordia y Urrao, con una población de 96.851 habitantes que corresponde a 26% de la población del suroeste; tiene una extensión de 3.457 km² y está formada principalmente por las vertientes de la cordillera occidental y por las más importantes hoyas hidrográficas del departamento (Castro *et al.*, 2009).

En la zona del suroeste del departamento los suelos se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos y bien drenados; su primer horizonte tiene agregados medianos a gruesos, de texturas franco, franco-limosas, franco-arcillosas y franco-arcillo-arenosas; son suelos ricos en humus y oscuros en color, de terrones nítidos, esponjosos y fáciles de romper en piezas más pequeñas, con percolación alta y dispersión baja de las arcillas (IGAC, 2007). Respecto a sus propiedades químicas, estos suelos presentan una fertilidad moderada, debido a sus bajos contenidos en

nutrientes y desbalances nutricionales; su pH varía entre muy ácido a moderadamente ácido (pH 4,6-5,5) y tiende a incrementarse con la profundidad del suelo; con frecuencia, el aluminio intercambiable es menor a 3,0 meq/100 ml (Muñoz, 1985).



Figura 1. Ubicación geográfica

Fuente: Página oficial del municipio de Remedios en Antioquia, Colombia, 2013

Capítulo II

Importancia del cultivo de fríjol

El fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L), es la especie más importante dentro del conjunto de las leguminosas de grano. Al género americano *Phaseolus* corresponden 50 especies, de las cuales sólo cuatro son de importancia económica: *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus acutifolius*; de éstas, el fríjol común, *Phaseolus vulgaris*, es el de mayor interés económico por ser un cultivo que se desarrolla en regiones templadas y tropicales. Además, representa una fuente de gran valor alimenticio debido a su alto contenido de proteína, lo que lo hace un eslabón importante al momento de hablar de seguridad alimentaria. Es un producto básico de la canasta familiar en muchos hogares, en especial en poblaciones vulnerables, de áreas rurales y de bajos ingresos (Fenalce, 2004).

Los contenidos de proteína presentes en el fríjol varían de acuerdo con el genotipo. En general, es de 24%, por encima del maíz y la papa en cantidad y calidad. Además, es rico en hierro y es una buena fuente de fibra y carbohidratos. Aparte, mejora la sostenibilidad de otros cultivos al utilizarse como cultivo de rotación (Fenalce, 2004).

El agricultor de fríjol en Colombia, por lo general, pertenece a la economía campesina, principalmente minifundios, con un área promedio de siembra de 1 ha. Aunque no se utilizan altos niveles de tecnificación, el cultivo de fríjol se convierte en una actividad con gran poder de generación de empleo, ya que se utilizan más de 100 jornales/ha. La comercialización de esta leguminosa constituye, además, un soporte económico del sistema productivo e incentiva la permanencia de la población en el campo (Fenalce, 2010).

En Antioquia, los municipios de Urrao, San Vicente y Marinilla concentran 57% de la producción de fríjol voluble y, a su vez, presentan los mejores rendimientos del departamento, lo cuales pueden llegar a ser de 1.800 a 2.500 kg/ha (Sadra, 2001). Los principales problemas para la producción de fríjol en Antioquia están relacionados con la gran incidencia de plagas y enfermedades, agravadas por el uso generalizado de semilla de variedades regionales susceptibles (Arias *et al.*, 2007). En Antioquia se consume todo el fríjol voluble que produce el departamento y la demanda no satisfecha la cubren los departamentos de Tolima, Huila, Meta, Nariño y Putumayo, desde donde se comercializan fríjoles cargamantos blancos y rojos.

Cultivo de fríjol en el mundo

Área cosechada, producción y rendimiento

Según información encontrada en la página web de la Faostat de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para el año 2012, en el mundo se destinaron alrededor de 28,8 millones de ha para el cultivo de fríjol en sus diferentes variedades, con una producción de 23,1 millones de toneladas de fríjol seco que se ha mantenido constante durante los últimos tres años, por lo que en 2010 se le consideró el de mayor producción durante los últimos 11 años, con 23,3 millones de toneladas (figura 2).

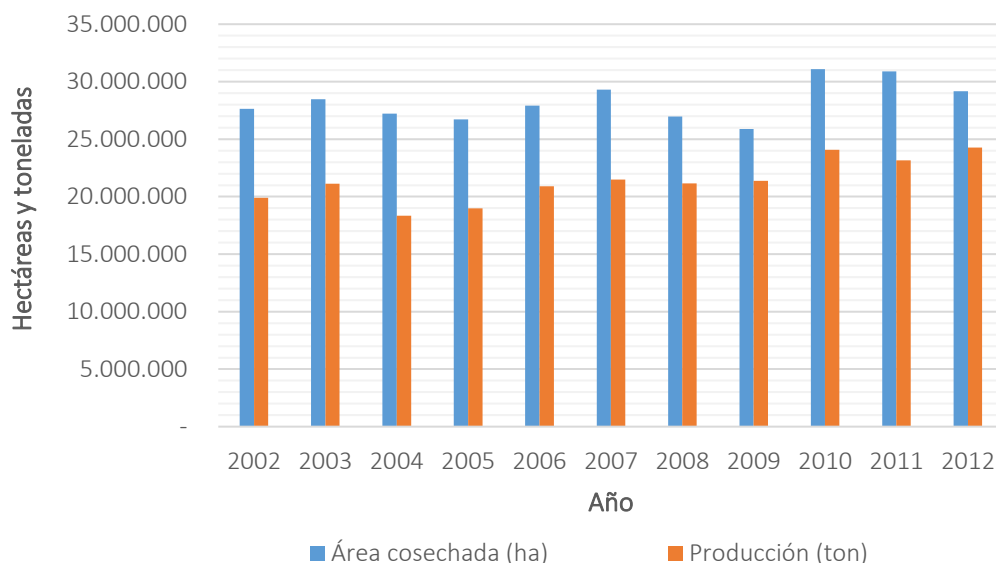


Figura 2. Área cosechada y producción mundial de fríjol seco, 2002-2012

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

El rendimiento global de esta leguminosa ha presentado un incremento de 1% promedio anual durante los últimos 11 años, pasando de 717 kg/ha, producidos en el año 2002, a 804 kg/ha para el año 2012 (figura 3).

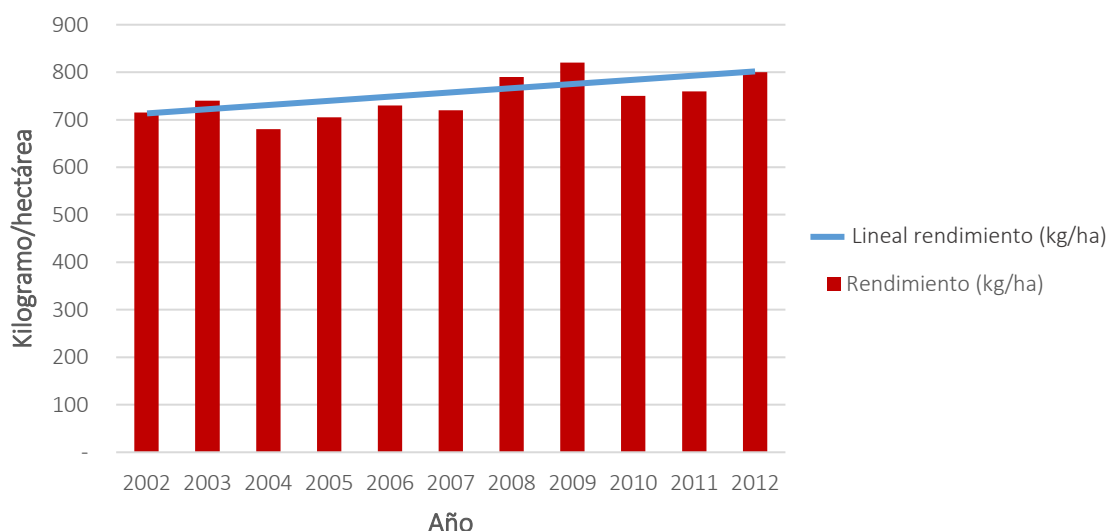


Figura 3. Rendimiento mundial de frijol seco, 2002-2012

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Como se evidencia en la tabla 1, la producción mundial del cultivo de frijol representa 53% de 54 millones de ha dedicadas a la producción de otros granos, como garbanzo, guisantes secos (arveja), haba y lenteja que se han catalogado como posibles sustitutos del frijol que se consume (Faostat, 2002-2011).

Tabla 1. Frijol frente a posibles sustitutos, 2012

Cultivo	Área cosechada (ha)	Área cosechada (%)	Producción (t)	Producción (%)
Frijoles secos	28.780.377	53	23.140.276	44
Haba común y haba caballar secas	2.434.421	5	4.057.922	8
Garbanzos	12.144.639	23	11.308.684	21
Lentejas	4.249.725	8	4.550.358	9
Guisantes secos	6.326.999	12	9.861.758	19
Total	53.936.162	100	52.918.998	100

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Principales países productores de frijol

Myanmar, India, Brasil y China son los principales países que se destacan por la producción de frijol; en conjunto aportan 50,23% de la oferta mundial, del que Myanmar para 2012 fue el mayor productor, con 3,7 millones de t en un área cosechada de 2,8 millones de ha y un rendimiento de 1.308 kg/ha, seguido por la

India, con 3,6 millones de t en una área cosechada de 9,1 millones de ha, reflejadas en un rendimiento de 399 kg/ha (Faostat, 2012). Colombia participa en la producción mundial de frijol con 0,6% y ocupa el cuarto lugar en América, después de Brasil, Estados Unidos y México (figura 4) (Faostat, 2012).

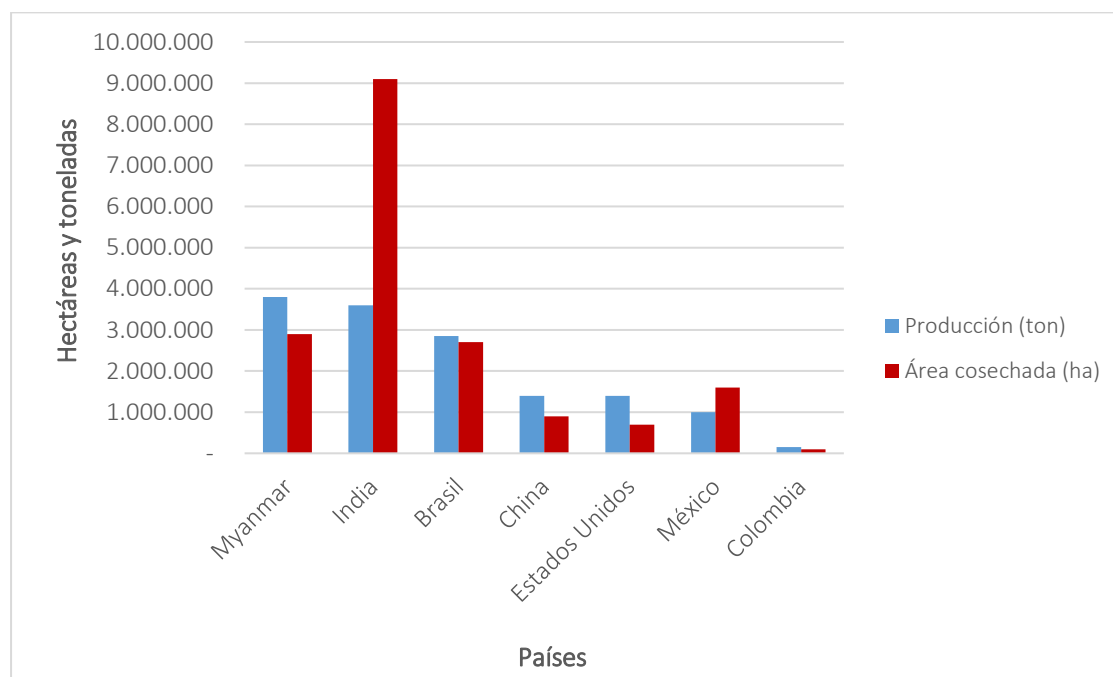


Figura 4. Principales países productores de frijol seco en el mundo, 2012
Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Exportaciones en el mundo

La tendencia de las exportaciones de frijol se ha mantenido relativamente constante, a excepción de 2004 y 2005 que presentan los valores más bajos de los últimos 10 años, con 2,9 y 2,7 millones de t (figura 5), lo que se ve reflejado en la baja producción que se presentó para estos años (figura 2). Los años más representativos en la exportación fueron 2008 y 2009, con valores de 4,4 millones de t exportadas (Faostat, 2002).

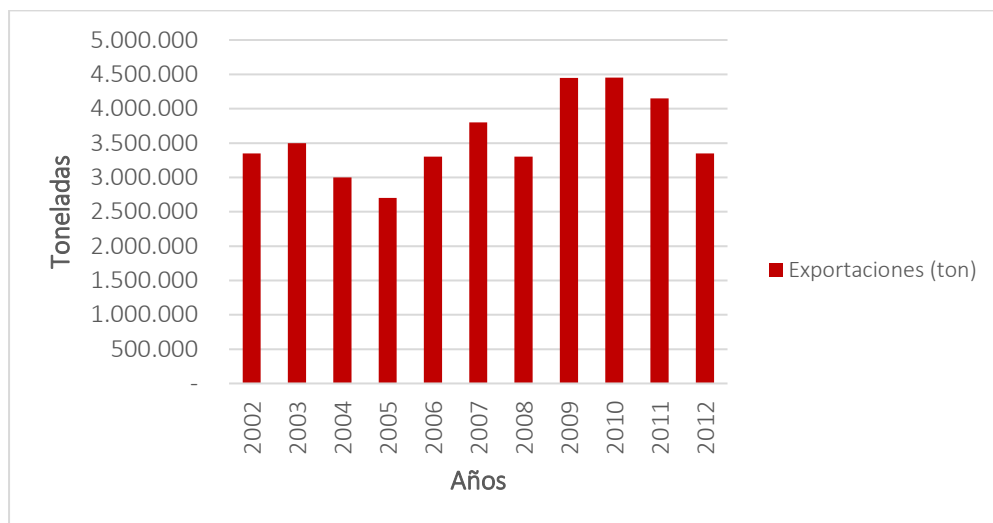


Figura 5. Exportaciones mundiales de frijól seco, 2002-2011

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

La exportación promedio mundial de frijól (2002-2011), se situó en 3,6 millones de t anuales, que representan 17,3% de la producción promedio mundial. Para este periodo los principales países exportadores fueron Myanmar, con 31% promedio anual; seguido por China, con 24%; Estados Unidos, con 10%; Canadá, con 8%; y Argentina, con 7% (figura 6) (Faostat, 2002-2011). Por su parte, Colombia mantiene una posición muy alejada, con sólo 0,4% del promedio de las exportaciones de los últimos 10 años; es decir, 14.264 t/año (Faostat, 2002-2011).

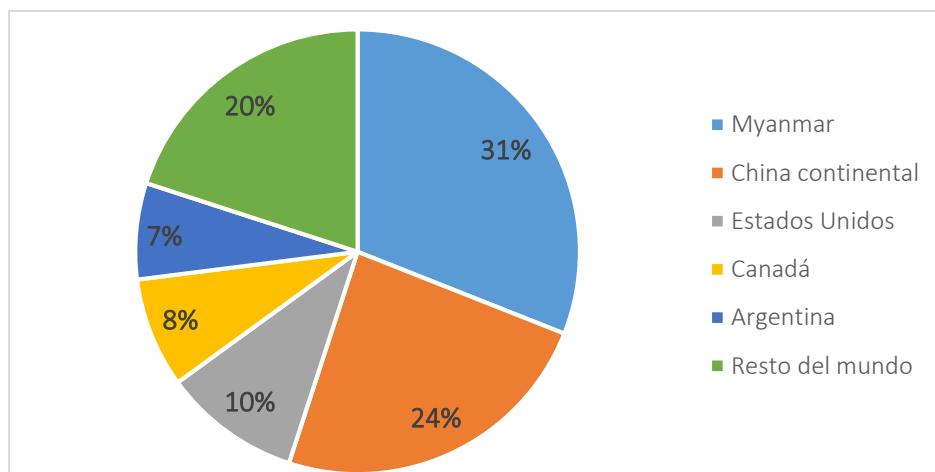


Figura 6. Principales países exportadores de frijól seco en el mundo, 2002-2011

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Importaciones en el mundo

Las importaciones mundiales se han venido incrementando en promedio para los últimos 10 años, pasando de 2,4 millones de t en el año 2002, a 3,3 millones de t reportadas para el año 2011, con una tasa de crecimiento de 4,1% promedio anual (figura 7). El año más representativo fue 2009, con 3,7 millones de t importadas (Faostat, 2002-2011).

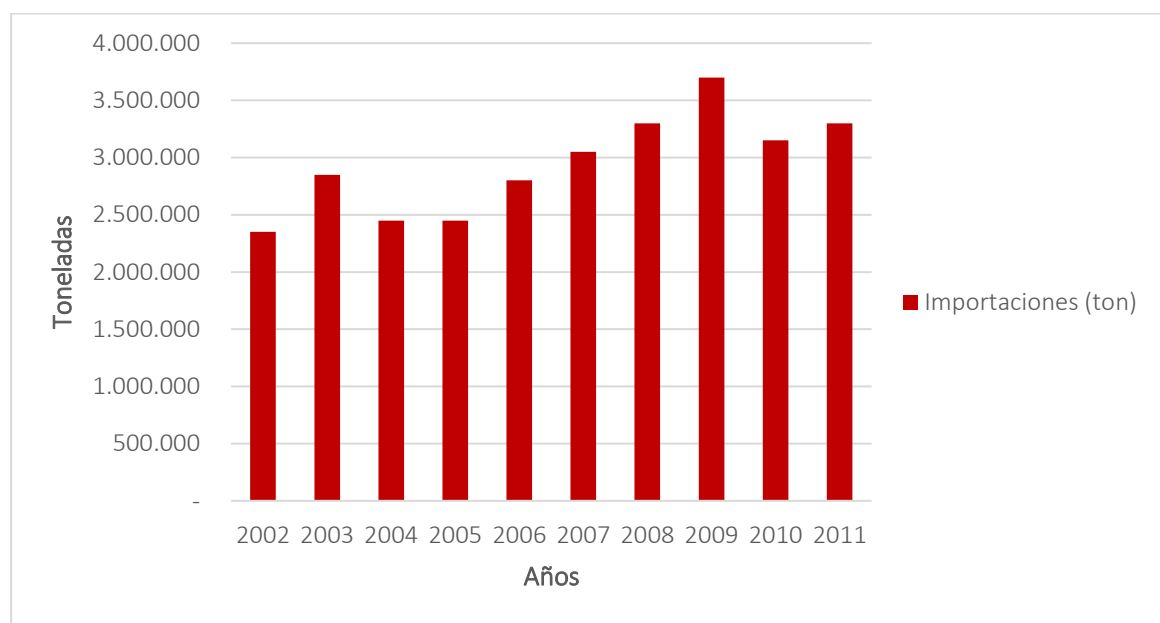


Figura 7. Importaciones de frijol seco en el mundo, 2002-2011

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

El promedio anual de las importaciones para este periodo se situó en 3 millones de t, que representan 14,2% del promedio de la producción mundial. El principal país importador de esta leguminosa fue la India, con 18% promedio anual; seguido por Estados Unidos, con 5%; Reino Unido, Brasil, Japón, Italia y México, con 4% (figura 8); los cuales, en conjunto, aportan 43% de las importaciones globales por año (Faostat, 2002-2011).

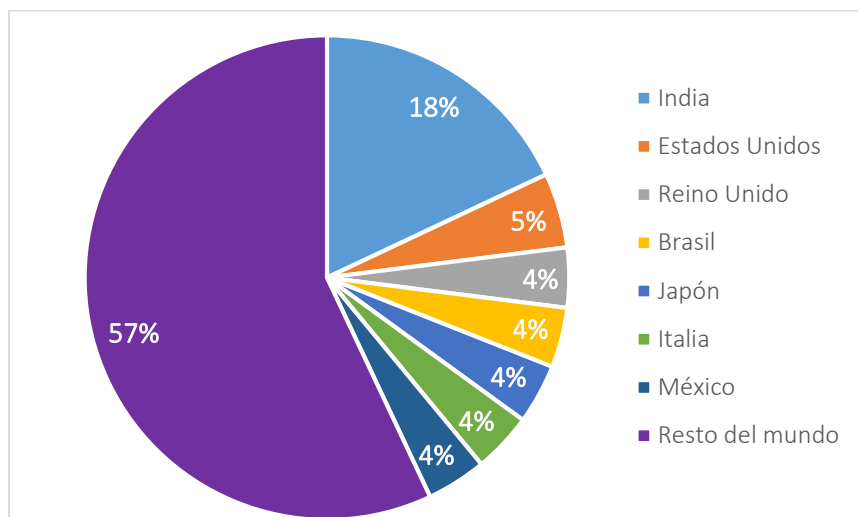


Figura 8. Principales países importadores de frijól seco en el mundo, 2002-2011
 Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

El porcentaje de la producción mundial destinado a las importaciones se ha mantenido en 14% promedio anual. El consumo es uno de los principales factores que afecta su comportamiento, como es el caso de Estados Unidos y la alta demanda de los inmigrantes latinos, quienes prefieren variedades de sus propios países de origen; sin olvidar que India continúa siendo un importante productor, consumidor aparente e importador de frijól en el mundo (Fenalce, 2011).

Consumo de frijól en el mundo

Según Velásquez y Giraldo (2005), el frijól es la leguminosa alimenticia más importante para cerca de 300 millones de personas en el mundo, de las cuales, la mayoría vive en países en desarrollo, debido a que este cultivo, conocido también como "la carne de los pobres", es un alimento de poco costo para consumidores de bajos recursos. El frijól se considera como la segunda fuente de proteína en África oriental y del sur, y la cuarta en América tropical. El frijól es de especial importancia en la nutrición de mujeres y niños y, además, tiene gran relevancia económica, pues genera ingresos para millones de pequeños agricultores.

Dos de los principales países productores de frijól, Brasil e India, son también los mayores consumidores de esta leguminosa. Éstos concentran 20% y 19% de consumo global, respectivamente (15,7 millones de t); también se destacan México que participa con 7% y Estados Unidos, con 6% del consumo global (Faostat, 2009) (tabla 2).

Tabla 2. Consumo mundial de fríjol seco, principales países, 2009

País	t/año	Participación (%)
Brasil	3.152.389	20
India	2.969.550	19
México	1.154.400	7
Estados Unidos	980.000	6
Consumo mundial	15.718.710	

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2009).

Según las estadísticas de la FAO, Faostat (2009), el consumo per cápita mundial reporta una tendencia estable durante la última década. El fríjol es consumido en particular en los países en desarrollo; sin embargo, en muchos países se ha reducido su consumo en los años recientes al sustituirlo por otros productos. Así pues, el consumo per cápita de fríjol en Ruanda para el año 2009 es de alrededor de 29,3 kg por persona, 26 kg en Burundi y 23,4 kg en Nicaragua; en menor cantidad están: Cuba, con 16,6 kg, Brasil, con 16,3 kg y El Salvador, con 15,2 kilogramos. En tanto que en países desarrollados, como Alemania, Reino Unido, Francia, Italia y Japón, no supera 2 kg por persona al año (tabla 3). En Estados Unidos el consumo per cápita de fríjol es de 3,2 kg/año, impulsado por la población de origen hispano que representa 11% de la misma y que concentra la tercera parte del consumo de fríjol en dicho país (Velásquez y Giraldo, 2005).

Tabla 3. Consumo per cápita (kg/persona al año) de frijoles secos por país, 2009

País	kg/persona al año	País	kg/persona al año	País	kg/persona al año
Ruanda	29,3	Tanzania	14,2	Uganda	10,9
Burundi	26,0	Benín	13,7	Togo	10,5
Nicaragua	23,4	Corea del Norte	12,5	México	10,3
Cuba	16,6	Camerún	11,6	Colombia	3,5
Brasil	16,3	Kenia	11,1	Mundo	2,4
El Salvador	15,2				

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2009).

Cultivo del fríjol en Colombia

El papel del fríjol en el sector agrícola colombiano ha sido primordial en la economía campesina, debido a que es una fuente significativa de ocupación e ingresos, además de una garantía de seguridad y soberanía alimentaria. A su vez, el fríjol representa una

tradición para algunas de las regiones colombianas y da muestra de la diversidad y heterogeneidad que existe en nuestro país, tanto en lo que se refiere al consumo como en las diferentes variedades cultivadas según las preferencias del mercado en cada región.

Área cosechada, producción y rendimiento

El promedio del área nacional cosechada de frijól seco se situó en 119.696 ha, una producción de 137.553 t y rendimientos de 1.146 kg/ha; el año que presentó la mayor producción fue 2008, con 160.883 t, en un área cosechada de 131.714 ha (figura 9). En contraste, para 2012, la producción bajó 17% respecto a 2008, con 133.061 t, en un área cosechada de 114.481 ha. Sin embargo, como se muestra en la figura 9, la producción en Colombia tiende a incrementar con una tasa de crecimiento de 1,2% promedio anual (Faostat, 2002-2011).

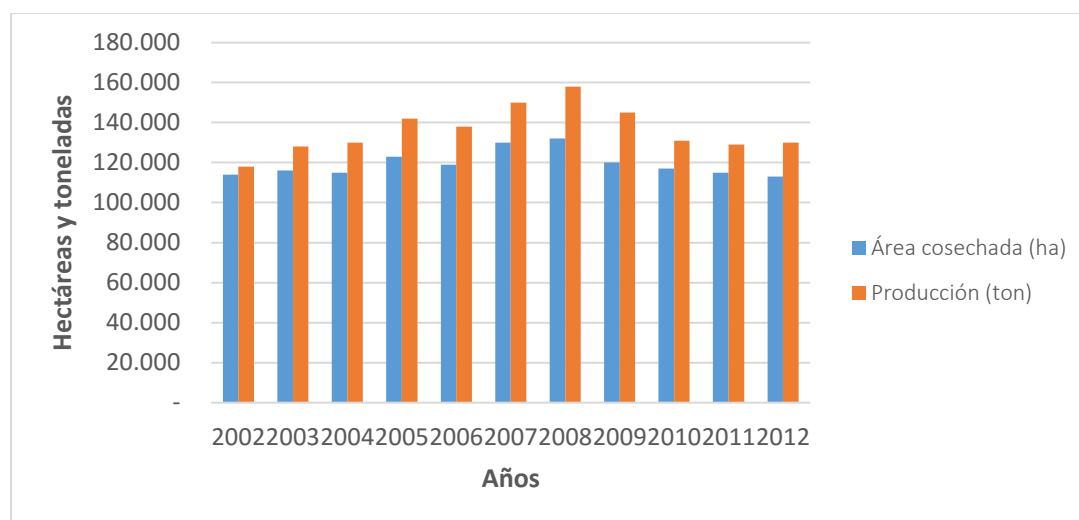


Figura 9. Área cosechada y producción de frijól seco en Colombia, 2002-2012

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Principales departamentos productores de frijól

Según el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero (2011), en el ámbito nacional, la producción de frijól en general proviene de 28 departamentos, entre los cuales se destaca Huila como principal productor que aporta en promedio 24,1% a la producción nacional; seguido por Antioquia, con 18,6%; Cundinamarca, con 10,8%; Norte de Santander, con 9,8%; Nariño, con 9,3%; y el resto lo aportan los otros departamentos, los cuales suman 27,4% (figura 10).

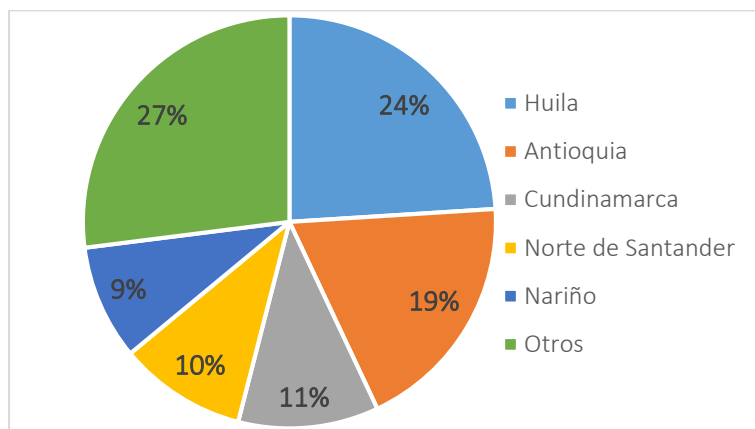


Figura 10. Principales departamentos productores de frijol en Colombia
Fuente: Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero (2011).

Sin embargo, es de resaltar que para el periodo comprendido entre 2000 y 2011, Antioquia fue uno de los principales productores de frijol, con una producción promedio de 28.572 t/año, seguido por Huila, con 23.053 t/año (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero, 2011) (tabla 4).

Tabla 4. Frijol: superficie cosechada (ha), producción (kg) y rendimiento (kg/ha), principales productores, años agrícolas 2000-2011

Departamento	Variable	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Huila	Superficie	13.180	14.760	16.644	18.862	19.641	22.440	18.224	25.411	23.283	22.683	22.813	23.836
	Producción	14.715	16.548	18.289	21.028	22.001	26.026	23.081	30.858	27.311	26.743	25.348	24.671
	Rendimiento	1.116	1.121	1.096	1.115	1.120	1.160	1.267	1.214	1.173	1.179	1.113	1.035
Antioquia	Superficie	23.913	22.694	23.288	21.504	20.708	22.773	25.830	23.975	21.228	17.160	17.160	16.113
	Producción	27.181	27.301	29.637	27.289	28.076	30.045	36.026	36.163	31.002	22.390	22.390	19.099
	Rendimiento	1.137	1.203	1.208	1.269	1.356	1.395	1.395	1.508	1.460	1.305	1.305	1.185
Cundinamarca	Superficie	5.075	4.366	4.215	4.246	4.199	5.357	5.858	6.473	6.504	6.566	6.591	6.440
	Producción	6.343	5.897	6.055	6.054	6.258	8.040	8.675	9.870	10.038	10.188	10.254	10.001
	Rendimiento	1.250	1.351	1.437	1.426	1.491	1.501	1.481	1.525	1.543	1.552	1.556	1.553
Norte de Santander	Superficie	5.075	4.366	4.215	4.246	4.199	5.357	5.858	6.473	6.504	6.566	6.591	6.440
	Producción	6.343	5.897	6.055	6.054	6.258	8.040	8.675	9.870	10.038	10.188	10.254	10.001
	Rendimiento	1.250	1.351	1.437	1.426	1.491	1.501	1.481	1.525	1.543	1.552	1.556	1.553
Nariño	Superficie	11.828	10.435	10.581	10.238	10.399	14.268	10.456	11.993	9.862	9.352	10.665	10.046
	Producción	8.361	7.234	6.998	7.728	8.110	10.590	9.276	10.532	8.215	8.395	9.182	9.574
	Rendimiento	707	693	661	755	780	742	887	878	833	898	861	953

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero (2011).

Consumo nacional

Aunque el consumo de frijol en Colombia sigue siendo bajo, es una de las leguminosas con mayor consumo en comparación con la arveja y el garbanzo. Según la Federación nacional de cerealistas y leguminosas, Fenalce (2010), el consumo per cápita al año

de fríjol en Colombia para 2010 fue de 2,7 kilos, cifra que muestra una caída con respecto a los años 2005 y 2009, cuando se llegó a 3,3 y 2,8 kg, respectivamente.

Según Fenalce (2010), el consumo per cápita de los granos sustitutos para el año 2010 es de 0,23 kilos para el garbanzo y 1,48 kilos para la arveja. Los mayores consumidores de fríjol se concentran en Antioquia, Eje Cafetero, Bogotá, Santander y la Costa Atlántica.

Importaciones de fríjol en Colombia

Las importaciones en Colombia se han incrementado durante los últimos 9 años, pasando de 23.457 t en el año 2002 a 40.386 t para 2011 (figura 11), a una tasa de crecimiento de 8% promedio anual. Una de las causas de este incremento es el desarraigo de la población campesina por cultivar esta leguminosa (Faostat, 2002-2011). Agricultores del municipio de Urrao en el departamento de Antioquia afirman que los costos de producción se han incrementado y que las ganancias son muy pocas, por lo cual han buscado otras actividades u otros cultivos que ofrezcan mayores ganancias. Muchos de estos problemas son los que afectan a los productores de fríjol en Colombia, por lo cual la producción nacional no ha sido suficiente para abastecer la demanda interna (Fenalce, 2010).

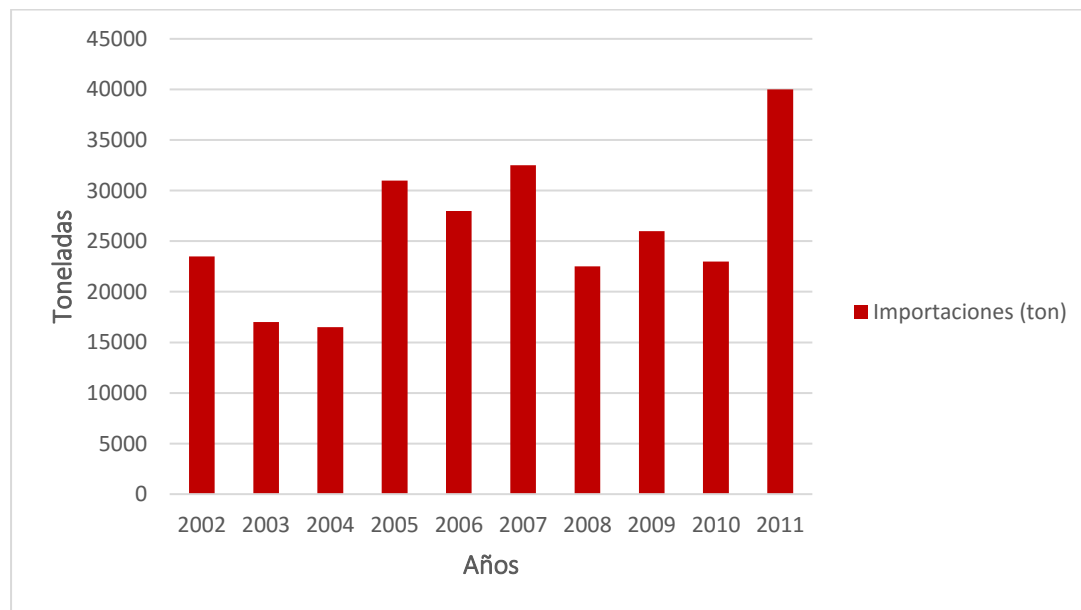


Figura 11. Importaciones de fríjol en Colombia, 2002-2011

Fuente: elaborado con base en información obtenida en Faostat (2002-2011).

Cultivo de fríjol en Antioquia

Área cosechada, producción y rendimiento

Como se evidencia en la tabla 5, la producción de fríjol en Antioquia ha venido disminuyendo, pasando de 30.686 ha sembradas en 1990 con una producción de 28.628 t, a 17.617 ha en 2009, con una producción de 25.356 t. Para 2011, el área sembrada disminuyó 27% y su producción bajó 21% respecto a 2009, debido a las causas ya descritas en el ítem de Importaciones de fríjol en Colombia (Faostat, 2011).

Con respecto a los rendimientos nacionales, éstos también se han visto afectados. Para el periodo comprendido entre 1990 y 2009 se evidenció un incremento de 4% promedio anual; sin embargo, a partir de 2009 se ha venido presentando una tasa de decrecimiento de 21% promedio (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011) (tabla 5).

Tabla 5. Área, producción y rendimientos de fríjol en Antioquia

Año	1990	2009	2011
Área (ha)	30.686	17.617	12.808,9
Producción (t)	28.628	25.356	19.931,6
Rendimientos (kg/ha)	892,6	1.573	912

Fuente: elaborado con base en el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia (2011).

Principales subregiones productoras de fríjol

Las principales subregiones productoras de fríjol en Antioquia para el año 2011 fueron: el oriente antioqueño, con 45% del área total sembrada de fríjol voluble; seguido por el suroeste, con 26%; el norte, con 10%; el occidente, con 7%; y el restante 4% lo aportaron las subregiones del Valle de Aburrá y Nordeste (figura 12) (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011).

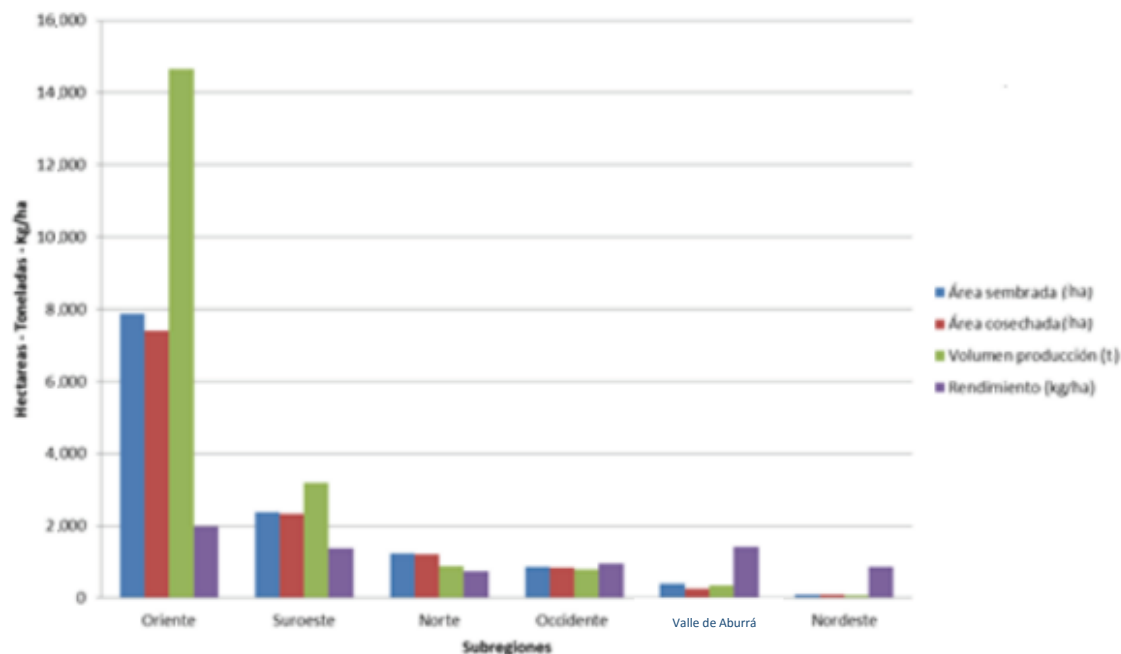


Figura 12. Subregiones productoras de fríjol voluble en Antioquia, 2011

Fuente: elaborado con base en el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia (2011).

Aunque la subregión del oriente encabeza la lista como una de las zonas de mayor producción, ha venido perdiendo participación en el área cosechada durante los últimos 20 años, más o menos en 4% promedio anual (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011). Esta problemática se debe a que municipios como El Retiro, Rionegro, Guarne y La Ceja están muy cerca del área metropolitana de Medellín, lo que ha causado el aumento de la demanda de suelos urbanizables, además del asentamiento de industrias e incremento en los requerimientos de espacio para la recreación, demandas todas que el Valle de Aburrá es incapaz de suplir.

Por otra parte, los municipios de La Unión, El Carmen de Viboral, El Santuario, San Vicente y Marinilla, aun cuando conservan la producción y predominio de la población rural, presentan procesos de desarraigo agrícola, estimulados por la urbanización y la industrialización; lo más inquietante es el acelerado incremento de la adquisición de fincas de recreo que ocupan crecientes áreas de provecho campesino (Universidad Nacional de Colombia, 1995).

A pesar de que los productores de fríjol del oriente y Urrao en el suroeste Antioqueño, tienen una trayectoria de muchos años en el cultivo de fríjol, el uso desmesurado de semillas regionales tipo cargamanto, apetecidas por su aceptación en el mercado, color de grano, tamaño y precio, presentan una gran desventaja y es la susceptibilidad a las principales enfermedades del cultivo, lo que es una de las causas de incrementos en los costos de producción (Arias et al., 2007), hecho por el cual muchos de los agricultores han decidido cambiar de cultivo; tal es el caso de Marinilla y Carmen de Viboral, donde han optado por la producción de hortalizas, como lechuga y brócoli. Para el caso de Urrao, el sistema de siembra de tomate bajo semi-techo y el cultivo de granadilla han ido reemplazando las áreas cultivadas antes por esta leguminosa (Testimonio de los agricultores, 2013).

Con todo y lo anterior, la región del suroeste, a partir del año 1999 hasta 2009, ha presentado una tendencia a incrementar las áreas de siembra en 9% promedio anual y para el año 2009 llegó a tener 4.530 ha cosechadas de fríjol. Sin embargo, a partir de 2009 y hasta 2011, el área cosechada ha venido disminuyendo a una tasa de 4,8% promedio anual, hasta llegar a sólo 2.329 ha. Aun así, la subregión del suroeste se postula como la segunda de mayor producción en Antioquia (figura 12) (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011).

Principales municipios productores de fríjol

Los municipios que se destacan por su producción de fríjol en el departamento de Antioquia son: San Vicente de Ferrer, con una participación de 23% del total de la producción; Marinilla y Carmen de Viboral, con una participación de 21,4% para la subregión del oriente antioqueño. Urrao ocupa el tercer lugar en orden de importancia, aunque es el principal productor de la subregión del suroeste, con una participación de 14% (figura 13) (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011).

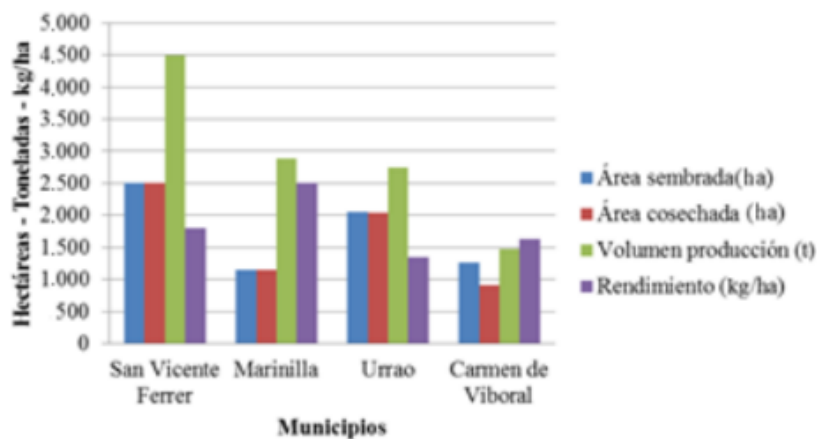


Figura 13. Principales municipios productores de frijol voluble en Antioquia, 2011
 Fuente: elaborado con base en el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia (2011).

Los municipios de San Vicente, Marinilla, Urrao y Carmen de Viboral aportan en conjunto 58% de la producción total del departamento de Antioquia; a su vez, son los municipios que presentan los rendimientos más altos, con un promedio de 1.800 kg/ha (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011).

Capítulo III

Generalidades del cultivo

Taxonomía y origen del fríjol

El fríjol común tiene como nombre científico *Phaseolus vulgaris* L., asignado por Carl von Linné, en 1753. Esta especie pertenece al género *Phaseolus*, de la tribu *Phaseolae*, cuya subfamilia es *Papilionoidae*, del orden *Fabales*. Marechal (1988) señala la siguiente clasificación para el fríjol común:

REINO: Vegetal

Clase: Dicotiledoneae

Sub-clase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Leguminosa (*Papilionaceae*)

Sub-familia: Litoidea (*papilionoidae*)

Tribu: Phaseoleae

Sub-tribu: Phaseolinae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombre común: fríjol, frejol, caraota, poroto, frisol, fagiol, feijao, judía, bean, habichuela y alubia.

Estudios arqueológicos muestran que el fríjol común o *Phaseolus vulgaris*, también conocido como habichuela, poroto, alubia y caraota, entre otros nombres, es de origen americano; se han encontrado evidencias en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú con antigüedad de 5.000 a 8.000 años. Existe un acuerdo relativo que señala a México como su lugar de origen, aunque también se lo disputa Perú, por encontrarse allí prototipos de las especies silvestres de los cinco grupos de fríjoles más cultivados (Fenalce, 2010).

Sin embargo, investigaciones recientes realizadas por Bitocchi et al. (2011), de la Universidad Politécnica Delle Marche, en Ancona, Italia, afirman que fue domesticado de forma independiente en dos regiones: en los Andes, en lo que es hoy Perú y Ecuador, y en México y América Central. Estas variedades tienen un ancestro común en Mesoamérica. Estos autores sugieren que el *P. vulgaris* que parece originario de Perú y Ecuador es en realidad "una población reliquia que solamente representa una

fracción de la diversidad genética en la población ancestral que migró desde el centro de México en tiempos antiguos". Las leguminosas se han cultivado desde tiempos prehistóricos (10.000 a.C.) y en la actualidad se encuentra un gran número de especies distribuidas en todo el mundo (CIAT, 1990).

Distribución del fríjol en el mundo

El cultivo del fríjol tiene una antigüedad de 5.300 años a.C. y comprende unas 180 especies, todas provenientes del nuevo mundo (Voysest, 1993). El interés del ser humano por esta leguminosa hizo que las selecciones realizadas por culturas precolombinas originaran un gran número de formas diferentes; es por ello que el fríjol se conoce con sus diferentes nombres (Debouck e Hidalgo, 1985). Se dice que a principios del siglo XVI fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de fríjol; años después los portugueses lo difundieron en varios países africanos (Fenalce, 2010).

Distribución del fríjol en Colombia

El área cultivada en fríjol se concentra en la región andina, más o menos en 89% del área total cultivada; mientras que la región Caribe concentra alrededor de 10%. De la producción nacional, 80% corresponde a cultivos de fríjol voluble o enredadera y 20% a cultivos de fríjol de hábito arbustivo, destinados al consumo en fresco, ya sea como grano seco o grano verde en vaina (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011). Las variedades volubles se cultivan entre 1.800 y 2.400 msnm (clima frío moderado) y las variedades arbustivas se cultivan entre 0 y 1.800 msnm (climas cálidos a medios) (Corporación Colombia Internacional, CCI, 2000).

La distribución de las variedades cultivadas en Colombia está ligada a las preferencias del mercado y responde al gusto de los consumidores locales. Por ejemplo, en Antioquia se prefieren las variedades volubles tipo cargamanto, las cuales se cultivan en relevo o asocio con maíz y en monocultivo; en Huila, Nariño, Santander, Norte de Santander y Tolima, se prefieren las variedades de fríjol rojo o moteado tipo arbustivo; en Cundinamarca y Boyacá se cultivan las variedades de fríjol rojo y rosado voluble y arbustivo; y variedades arbustivas se cultivan en la Costa Atlántica (CCI, 2000).

En Antioquia el fríjol voluble se cultiva más en las subregiones del oriente y suroeste antioqueño y en menor proporción en las subregiones de norte, occidente, valle de Aburrá y nordeste (Anuario Estadístico del Sector Agropecuario de Antioquia, 2011).

Morfología del fríjol

Debouck e Hidalgo (1985) describen las características morfológicas de la planta de fríjol común de la siguiente manera:

Sistema radicular

En la etapa de germinación (V0), el sistema radicular está formado por la radícula del embrión, la cual luego da origen a la raíz primaria, sobre la que se desarrollan las raíces secundarias y sobre ellas, a su vez, lo hacen las terciarias y otras subdivisiones llamadas cuaternarias, especializadas en la absorción de agua y nutrientes. La raíz principal se distingue del resto de las raíces por ser de mayor longitud y diámetro.

El sistema radicular del fríjol tiende a tener una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad, aunque, por lo general, se distingue la raíz principal. El sistema radicular puede ser fasciculado y hasta fibroso en algunos casos. Es superficial y su mayor volumen está a una profundidad de 20 cm.

Como miembro de la familia de las leguminosas, la raíz del fríjol presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radicular, los cuales son colonizados por bacterias del género *Rhizobium* sp. que fijan nitrógeno atmosférico.

Tallo

El tallo es el eje principal de la planta, el cual está constituido por una sucesión de nudos y entrenudos. Se origina a partir del meristemo apical del embrión de la semilla. Es epigeo, herbáceo y delgado y de mayor diámetro que las ramas; dependiendo del hábito de crecimiento de la variedad puede ser erecto, semipostrado o postrado. Del mismo modo, según el hábito de crecimiento, el tallo presenta un desarrollo característico en la parte terminal. Si este hábito es determinado, el tallo termina en una inflorescencia y hace que cese su crecimiento. Si su hábito de crecimiento es indeterminado, el tallo presenta en su parte apical un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo.

Ramas

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas que se encuentran en los nudos, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar o tríada, el cual está formado por tres yemas visibles desde el inicio del desarrollo. De este complejo axilar, además de ramas, se pueden desarrollar otras estructuras, como inflorescencias.

Este complejo de yemas que conforman la denominada tríada, puede tener tres tipos de desarrollo, denominados casos:

Caso 1, desarrollo completamente vegetativo.

Caso 2, desarrollo floral y vegetativo.

Caso 3, desarrollo completamente floral.

En las variedades de hábito determinado se presentan los casos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los casos 1 y 2.

Hojas

Las hojas de fríjol son de dos tipos: simples o compuestas; en ambos casos, están insertadas en los nudos de los tallos y ramas. En la planta de fríjol, las hojas simples sólo aparecen en el segundo nudo del tallo; se crean en la semilla durante la etapa de desarrollo V2, cuando se forman las hojas primarias, pero caen antes de que la planta tenga un desarrollo completo. Las hojas compuestas o trifoliadas son las hojas que caracterizan a la planta de fríjol, compuestas por tres folíolos, un peciolo y un raquis.

Inflorescencia

Las inflorescencias en la planta de fríjol pueden ser axilares o terminales; están formadas por un racimo principal que, a su vez, está compuesto de racimos secundarios (un racimo de racimos) que se originan desde un complejo de tres yemas (tríada foliar), las cuales se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis.

En la inflorescencia se distinguen tres componentes principales: el eje de la inflorescencia, formado por pedúnculo y raquis; las brácteas primarias; y los botones florales. Antes de que la flor abra por completo, el pedúnculo de la inflorescencia se alarga con rapidez.

El desarrollo y estructura de la tríada se repite en todas las inserciones de la inflorescencia y llega a formar dos o tres inserciones florales por racimo en el raquis; sin embargo, su desarrollo está limitado por procesos fisiológicos, en particular de competencia, que resultan de la formación y llenado de vainas.

Flor

En el proceso de desarrollo de la flor se distinguen dos estados: el botón floral y la flor abierta por completo. En su estado inicial, el botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o a partir del desarrollo floral de las yemas de una axila, está envuelto por las bractéolas, las cuales son de forma ovalada; en su estado final, la corola que aún está cerrada, sobresale y las bractéolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis, la flor se abre.

La flor está formada por las siguientes estructuras:

- Un pedicelo, que en su base presenta una pequeña bráctea, llamada bráctea pedicelar.
- El cáliz, constituido por cinco dientes triangulares, los cuales se encuentran dispuestos como labios en dos grupos: el primer grupo, con dos dientes completamente soldados en la parte alta, y el segundo grupo con tres dientes más visibles en la parte baja. En la base del cáliz hay dos bractéolas ovoides que persisten hasta poco después de la floración.
- La corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados en su base y tres no soldados. El pétalo más sobresaliente corresponde al estandarte. Puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura, y se torna amarillo después de la fecundación. Además, presenta dos alas de color blanco, rosado o púrpura, por lo general más oscuras que las otras partes de la planta; sin embargo, hay casos en que el estandarte es de color más intenso que las alas. La quilla tiene forma de espiral muy cerrada y está constituida por dos pétalos unidos por completo.
- El androceo, lo componen nueve estambres soldados por su base en un tubo y por un estambre libre, llamado vexilar.
- El gineceo está formado por un ovario comprimido, un estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal.

Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, la cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que su fruto es una vaina, esta especie se clasifica como una leguminosa. Las

vainas presentan diferentes colores, los cuales dependen de la variedad y estado fenológico.

Semilla

La semilla puede tener varias formas: cilíndrica, arriñonada, esférica u otras; también presenta una gran variedad de colores: blanco, rojo, crema, negro, café y, con frecuencia, la combinación de éstos. No posee albumen, por lo cual las reservas nutricionales se concentran en los cotiledones. Las partes externas más importantes de la semilla son:

- La testa o cubierta que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
- El hilum o cicatriz, dejada por el funículo que conecta la semilla con la placenta.
- El micrópilo que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla y cuya función es la absorción de agua.
- El rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo.

En el interior, la semilla está compuesta por el embrión, formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocotilo, los dos cotiledones y la radícula.

Ciclo vegetativo y fenología del fríjol

El ciclo biológico de la planta de fríjol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva.

La fase vegetativa se inicia cuando la semilla dispone de los requerimientos necesarios para germinar y termina cuando aparecen los primeros racimos. En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción (Fernández et al., 1986).

La fase reproductiva comienza desde el momento de la aparición de los racimos hasta la madurez de cosecha; sin embargo, para el caso de las plantas de fríjol de hábito de crecimiento indeterminado, continúa la aparición de estructuras vegetativas como tallos, flores y hojas, aun cuando ya ha terminado la fase vegetativa (Fernández et al., 1986).

A continuación se presenta un esquema donde se ilustran las variaciones en la duración de las etapas de desarrollo (figura 14) (Fernández et al., 1986).

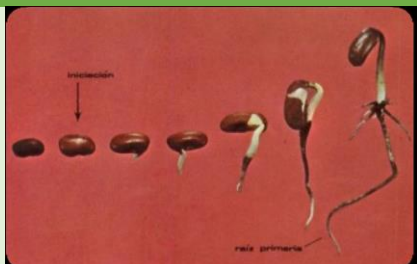

GERMINACIÓN	EMERGENCIA	HOJAS PRIMARIAS	1ª HOJA TRIFOLIADA	3ª HOJA TRIFOLIADA	PREFLORACIÓN	FLORACIÓN	FORMACIÓN DE VAINA	LLENADO DE FRUTO	MADURACIÓN
VO	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
FASE VEGETATIVA					Formación de estructuras reproductivas				
					FASE REPRODUCTIVA				
Siembra					1er. botón floral o primer racimo			15% humedad semilla (madurez de cosecha)	

Figura 14. Etapas de desarrollo de una planta de frijol en condiciones de Palmira, Colombia






Fuente: tomado de Fernández et al. (1986)

Se han descrito 10 etapas de desarrollo de la planta de frijol. Como se muestra en la tabla 6, cada una de estas etapas está definida por sucesos fisiológicos importantes (Fernández et al., 1986).

Tabla 6. Etapas de desarrollo de una planta de frijol




Etapa*	Descripción**	Ilustración
V0	Germinación. Absorción de agua por la semilla; emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.	
V1	Emergencia. Los cotiledones aparecen en la superficie del suelo y empiezan a secarse. El epicotilo comienza su desarrollo.	

Continúa...

		Continuación
V2	Hojas primarias. Hojas primarias abiertas en su totalidad.	
V3	Primera hoja trifoliada. Se abre la primera hoja trifoliada y aparece la segunda hoja trifoliada.	
V4	Tercera hoja trifoliada. Se abre la tercera hoja trifoliada y la yema de los nudos inferiores produce ramas.	
R5	Prefloración. Aparece el primer botón floral o el primer racimo. Los botones florales de las variedades determinadas se forman en el último nudo del tallo o de la rama. En las variedades indeterminadas, los racimos aparecen primero en los nudos más bajos.	
R6	Floración. Se abre la primera flor.	

Continúa...

Continuació

<p>R7</p>	<p>Formación de las vainas. Aparece la primera vaina que mide más de 2,5 cm de longitud.</p>	
<p>R8</p>	<p>Llenado de las vainas. Comienza a llenarse la primera vaina (crecimiento de la semilla). Al final de esta etapa, las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad. Se inicia la defoliación.</p>	
<p>R9</p>	<p>Madurez fisiológica. Las vainas pierden pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.</p>	
<p>*V = Vegetativa; R= Reproductiva; Cifra (0-9) = Posición de la etapa dentro del ciclo del cultivo. **Cada etapa comienza cuando 50% de las plantas muestran las condiciones que corresponden a la descripción de la etapa.</p>		

Fuente: tomado de Fernández *et al.* (1986)

Factores climáticos

Temperatura

El fríjol responde bien a temperaturas promedio que van desde los 15 a 27 °C (Arias *et al.*, 2007). Las bajas temperaturas ocasionan retardo en el crecimiento de las plantas, mientras que las altas causan un aceleramiento (Ríos y Quirós, 2002). Las temperaturas extremas, desde las muy bajas (5 °C) hasta las muy altas (40 °C), pueden ser soportadas por periodos muy cortos. Sin embargo, cuando las plantas de fríjol se someten a tiempos prolongados de temperaturas extremas puede haber daños irreversibles que, si bien no matan a la planta, pueden generar pérdidas de producción. Estudios realizados por Laing (1979) en fríjol común muestran que las temperaturas mínimas que puede tolerar el cultivo para su normal desarrollo están relacionadas con las diferentes etapas del periodo vegetativo. Así, se tiene que para la germinación la temperatura mínima es 8 °C, para la floración es 15 °C y para la madurez es de 18 a 20 °C.

Agua

El agua es importante para el crecimiento y desarrollo del cultivo de fríjol, ya que éste depende mucho de su disponibilidad para realizar su proceso de fotosíntesis; además, el agua también tiene función como elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura. La situación ideal para el crecimiento de la planta y la fijación de nitrógeno es de 70% de la capacidad de campo del suelo. Tanto el exceso de agua (encharcamiento) como la falta de agua (sequía) tienen un efecto negativo (Meneses, *et al.*, 1996).

En Colombia y Antioquia, las zonas donde se cultiva fríjol voluble se encuentran, por lo general, en los bosques premontano (1.000 a 2.000 msnm) y bosque húmedo montano bajo (2.000 a 3.000 msnm), con precipitaciones superiores a los 500 mm promedio anual. En algunas zonas cafeteras y de clima frío moderado, las precipitaciones que superan los 1.000 mm son suficientes para satisfacer las necesidades de agua del cultivo (Ríos y Quirós, 2002) y es por esta razón que el cultivo de fríjol voluble no hace uso de sistemas de riego y se siembra a libre exposición.

Estudios realizados en fríjol cargamanto blanco mostraron que la demanda de agua en la etapa inicial, desde la siembra hasta los 32 días, fue de 30 mm; en la etapa de desarrollo, de 38 días, la demanda fue de 75 mm; luego, en la etapa media, durante los siguientes 50 días, la demanda fue de 145 mm, y en la etapa final del cultivo o etapa de maduración que dura 20 días, la demanda de agua fue de 50 mm. El ciclo del cultivo tuvo una duración de 140 días y el total de agua consumida fue de 300 mm (INAT, 1997; Corpoica, 1997).

El mayor consumo de agua que muestra la planta de fríjol ocurre en las etapas de floración y llenado de vainas. En estas etapas las plantas de fríjol son más sensibles al déficit de agua, con afectación seria de los rendimientos. El exceso de humedad hace escasear el nitrógeno, lo que disminuye el desarrollo de la planta, además de favorecer el ataque de un gran número de patógenos que causan enfermedades (Hernández, 2009).

Catan y Fleming (1956) encontraron que las plantas de fríjol, conforme van creciendo, son más sensibles a una deficiencia de humedad del suelo, por lo que demandan mayor cantidad de agua; así, al disminuir la humedad, la velocidad de crecimiento también se reduce. Además, han confirmado que en las leguminosas la tensión alta de estrés hídrico en los primeros días del crecimiento de las plántulas afecta sobre todo el crecimiento vegetativo.

Luz

La luz tiene una importancia fundamental en el proceso de fotosíntesis pero también afecta la fenología y morfología de la planta, ya que por ser una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez (Arias et al., 2007).

Singh (1999) afirma que los requerimientos de luz del fríjol común para su normal desarrollo son de alrededor de 12 horas al día y así completar su ciclo de crecimiento. Sin embargo, existen cultivares que crecen bien en mayores latitudes (mayores a 14 horas de luz) como Canadá, Estados Unidos, Europa, Japón entre otros, cultivares que son insensibles al fotoperiodo y han evolucionado o se han desarrollado por mejoramiento genético.

Capítulo IV

Manejo agronómico

Suelo

En general, el frijol se produce mejor en terrenos sueltos, profundos, aireados y con un buen drenaje. Aunque el cultivo no es exigente con las condiciones físicas del suelo, no se debe cultivar en suelos húmedos y salinos. El pH óptimo para el buen desarrollo está entre 5,5 y 7,0. Esta leguminosa es muy sensible a la salinidad del suelo y del agua, sobre todo cuando aparece en forma de cloruro sódico (Mogollón, 2008 Arias *et al.*, 2007).

Semilla y variedades

La semilla es la portadora del potencial genético que permite obtener una producción más alta; de allí la importancia de obtener una semilla libre de enfermedades y plagas, puesto que el control fitosanitario es uno de los principales factores que incrementan los costos de producción.

Por esta razón, es de suma importancia usar semilla certificada o de buena calidad, ya que así se garantiza: 1) su calidad genética; es decir, que no se ha mezclado ni ha perdido sus características de identidad; 2) su calidad sanitaria, ausencia de patógenos, tanto interna como externamente; y 3) su calidad fisiológica, cuando la semilla ha alcanzado el mayor contenido de reservas nutritivas y el embrión ha alcanzado su total desarrollo (Arias *et al.*, 2007).

Muchas de las semillas que emplean los agricultores de esta leguminosa en algunas regiones de Colombia no son de buena calidad y son pocos los que realizan pruebas de germinación a sus semillas. El problema radica en que muchos agentes fitopatogénicos pueden ser transportados dentro y fuera de la misma semilla, ya que gran parte de estos patógenos se localizan en el interior de la testa. Algunos hongos, por ejemplo, pueden afectar al embrión, causando su muerte y, por ende, reducir los porcentajes de germinación. Estos patógenos pueden sobrevivir dentro de la semilla o ser epífitos en la planta de frijol en desarrollo, hasta que las condiciones ambientales favorezcan su establecimiento (Cardona *et al.*, 1982). En Antioquia, las semillas de frijol voluble utilizadas por los productores de la región del oriente son de buena

calidad y presentan baja incidencia de organismos potencialmente patógenos (Álvarez et al., 1997).

Se han reportado alrededor de 150 especies de hongos que, además de afectar su germinación, menoscaban la calidad industrial y las propiedades alimenticias del fríjol almacenado. Algunos de los hongos con capacidad para producir toxinas y que se asocian con problemas de almacenamiento son *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. Por ello se recomienda almacenar el grano en sitios aireados, con temperaturas bajas, de alrededor de 10 °C y evitar almacenar semillas frescas con alto grado de humedad (Cardona et al., 1982).

Estrategias de producción de semilla

Producción de semilla certificada

La semilla certificada es producida por empresas especializadas o asociaciones de productores que manejan todo el proceso, desde la producción en campo hasta el acondicionamiento, almacenamiento y distribución, proceso supervisado por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. La semilla certificada proviene de la multiplicación de semilla básica de variedades mejoradas de aquellas especies que poseen legislación de certificación y reúnen los requisitos mínimos de pureza genética y calidad fisiológica y sanitaria. La demanda de semilla certificada es más frecuente en cultivos de tipo industrial y se aprovecha para la producción de grandes cantidades de semilla básica, utilizando infraestructuras que facilitan el almacenamiento y beneficio de las mismas.

Producción de semilla seleccionada

La producción de semilla seleccionada la hacen empresas o asociaciones de productores que trabajan con variedades, regionales o mejoradas, de aquellas especies que no poseen aún legislación de certificación; estos productores manejan todo el proceso, desde la producción en campo hasta el acondicionamiento, almacenamiento y distribución y el ICA sólo supervisa el proceso de distribución. La semilla seleccionada reúne también los requisitos mínimos de pureza genética y calidad fisiológica y sanitaria.

Al momento de adquirir la semilla se recomienda tener en cuenta su procedencia, calidad sanitaria y tiempo en almacenamiento (poscosecha), puesto que muchas veces la semilla que se compra o guarda en bodega por mucho tiempo tiende a presentar mala calidad fisiológica; en otras palabras, comienza a deteriorarse, lo que afecta su tamaño, así como la cantidad y calidad de elementos en ella contenidos para nutrir a la futura planta y, por consiguiente, su viabilidad (Arias et al., 2001).

Variedades

Colombia cuenta con un gran acervo genético de frijol, adaptado a las condiciones topográficas y agroecológicas de cada lugar, como es el caso del frijol de hábito tipo IV (voluble), adaptado a condiciones de clima frío, acervo que también encaja en las preferencias del consumidor, como es el caso de los cargamantos en el departamento de Antioquia (Arias et al., 2007).

La gran mayoría de los agricultores que cultivan frijol voluble en la región antioqueña prefieren el frijol cargamanto, a excepción de algunos que hacen uso de variedades mejoradas, como ICA Viboral y Corpoica 106 (Arias et al., 2007). Sin embargo, agricultores de las regiones productoras de frijol afirman que es difícil encontrar semilla certificada y que su preferencia radica sobre todo en las demandas de los mercados por estas variedades tradicionales, cuyos precios de venta son más altos (Testimonio de agricultores del oriente antioqueño, 2013).

Los cargamantos son frijoles de hábito de crecimiento voluble o enredadera, que se adaptan a condiciones de clima frío y frío moderado. Tienen gran acogida para su siembra en los municipios de San Vicente Ferrer, Marinilla, El Santuario y Carmen de Viboral en la subregión del oriente; Urrao, Jardín, Andes, Betulia y Altamira, en el suroeste; Peque, Dabeiba, Uramita y Buriticá en el occidente, e Ituango en el norte antioqueño, donde son apetecidos por el tipo de grano, su forma ovalada y el tamaño grande; dentro de este grupo se destacan el cargamanto común, cargamanto ombligoamarillo, cargamanto gigante y cargamanto rojo. Los tres primeros tipos de cargamanto se diferencian por la forma y tamaño del grano y el cuarto por el color rojo que le da su nombre. Una de las desventajas de estas variedades regionales tipo cargamanto (figura 15) es su alta susceptibilidad a enfermedades (Arias et al., 2007).

Aunque ahora se cuenta con variedades resistentes a enfermedades y de buena adaptación a las diferentes condiciones agroecológicas, Arias et al. (2001) afirman que estas variedades no han tenido el uso esperado entre los agricultores de las

regiones productoras del departamento de Antioquia y que no existe ningún programa de producción, distribución y comercialización de estas variedades mejoradas que se ajuste a las condiciones socioeconómicas de los productores.



Figura 15. Fríjol cargamanto

Fuente: Corpoica (2007).

Visitas de campo realizadas a los agricultores de los municipios productores de fríjol en Antioquia dan certeza de que son pocos los que hacen uso de variedades resistentes y que la gran mayoría de éstas se encuentran en desuso por lo descrito antes. A continuación, se describen algunas variedades cultivadas, en particular en los municipios del oriente antioqueño.

Fríjol ICA LS-3,3

Es una variedad tipo enredadera (voluble), con buenos rendimientos y características agronómicas; se adapta muy bien al clima frío moderado entre los 1.700 y 2.500 msnm, responde bien a suelos ácidos, de baja fertilidad y muestra amplia tolerancia a la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc). Se manejan densidades de siembra de 30 kg/ha y distancias de siembra de 20 cm entre plantas y 100 cm entre surcos (ICA, 1985). Su grano es grande, de color crema, con estrías alargadas de color rojo. Su rendimiento es del orden de 2.500 kg/ha. El peso en 100 semillas es de 60 a 64 g; resiste 6 meses sin oxidarse y su tiempo de cocción es de 20 a 30 minutos (figura 16) (ICA, 1985).



Figura 16. Frijol ICA, LS 3,3

Fuente: Colección fotográfica de frijol. Banco de germoplasma, Corpoica (1996).

Fríjol Corpoica 106

Es una variedad de tipo enredadera (voluble), de hojas grandes de color verde intenso, flores blancas y vainas largas. Presenta buen rendimiento y comportamiento agronómico; se adapta muy bien a temperaturas de clima frío moderado, entre los 1.800 y los 2.400 msnm. Presenta resistencia a la antracnosis, es moderadamente susceptible a roya o cenicilla, *Oidium sp.*, pero susceptible a mancha angular, virus del mosaico común y mancha anillada. La densidad de siembra que se maneja para esta variedad es de 13 a 24 o 15 a 25 kg/ha y una distancia de siembra de 20 a 25 cm o de 35 a 40 cm entre plantas, sembrando dos semillas por sitio y 100 a 150 cm entre surcos (Corpoica, 2001).

El grano es del tipo cargamento de tamaño grande, forma redondeada no muy definida, y color crema con estrías rojas brillantes. Sus rendimientos son del orden de 1.455 kg/ha. El peso en 100 semillas es de 47,82 g. Este frijol es de buena calidad culinaria y apetecido por la industria de enlatados. Presenta corto tiempo de cocción (figura 17) (Corpoica, 2001).



Figura 17. Semilla de fríjol Corpoica 106
Fuente: Corpoica (2007).

Fríjol ICA Viboral

Variedad de crecimiento voluble o enredadera, de hojas grandes de color verde intenso oscuro y flores blancas; sus vainas son largas, uniformes en tamaño y gran número de granos; se adapta a climas fríos moderados, entre los 1.800 y 2.400 msnm. Es moderadamente resistente a roya, antracnosis, mancha angular, tiene tolerancia a pudrición de las raíces causada por *Fusarium oxysporum* pero muestra susceptibilidad a *Oidium* sp. Se maneja una densidad de siembra de 20 a 25 kg/planta y distancias de siembra de 20 a 25 cm entre plantas y 100 a 150 cm entre surcos (ICA, 1980).

Los granos de esta variedad son grandes y de forma alargada con extremos redondeados, de color crema moteado de rojo. Sus rendimientos son de 1.600 a 2.500 kg/ha. El peso en 100 semillas es de 75,4 a 75 gramos, de buena calidad nutricional y corto tiempo de cocción (figura 18) (ICA, 1980).

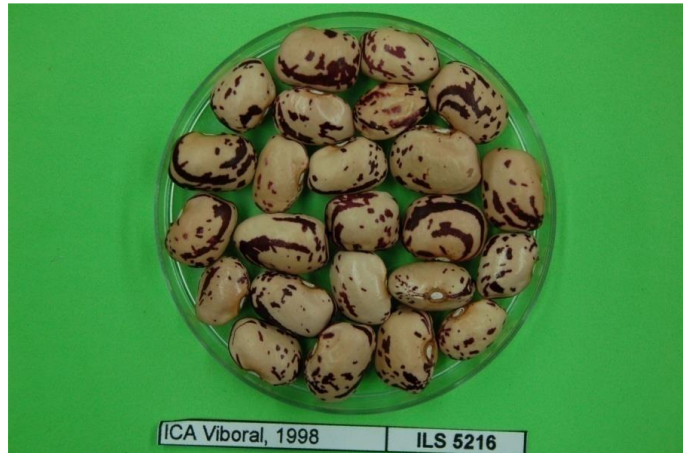


Figura 18. Fríjol ICA Viboral

Fuente: Colección fotográfica de fríjol. Banco de germoplasma, Corpoica (1998).

Fríjol ICA Llanogrande

Es un fríjol de enredadera (voluble), de buen rendimiento y buenas características agronómicas; su planta es de hojas pequeñas de color verde y flores moradas; se adapta muy bien a climas fríos moderados, entre 1.700 y 2.700 msnm. Presenta buena resistencia a la antracnosis, es tolerante a la mancha angular y a la roya pero es susceptible a la mancha de *Ascochyta* sp. Se manejan densidades de siembra de 50 a 60 kg/ha y distancias de siembra de 10 cm entre plantas y de 80 a 100 cm entre surcos (ICA, 1985). Sus granos son de tamaño grande, de color crema con estrías moradas, su forma es alargada, aplanada, con los bordes redondeados. Su rendimiento es de unos 1.700 kg/ha y su peso en 100 semillas es de 50 a 52 g (figura 19) (ICA, 1985).



Figura 19. Fríjol ICA Llanogrande

Fuente: Colección fotográfica de fríjol. Banco de germoplasma, Corpoica (1992).

Preparación del terreno

Es recomendable hacer la preparación del suelo para el cultivo de frijol voluble cerca de la época de siembra para así obtener un terreno más suelto y manejable, lo que puede reducir el número de operaciones de labranza; se debe evitar, en lo posible, el uso de sistemas mecanizados que volteen el suelo.

En Antioquia, la mayor parte del cultivo de frijol voluble se hace en zonas de ladera, por lo que no es recomendable usar maquinaria para la preparación del terreno. Es aconsejable preparar con azadón los suelos que han sido cultivados con intensidad, en particular los terrenos con pendientes; de esta manera se evita pérdida y deterioro por erosión. En últimas, la preparación del terreno depende del cultivo anterior que, por lo general, es de papa, tomate o maíz, por lo que es recomendable hacer una labranza reducida (Peláez y Ríos, 1999) (figura 20).



Figura 20. Preparación del suelo, labranza reducida

Fuente: Corpoica (2013).

Una buena preparación del suelo y surcada del terreno favorecen el desarrollo inicial del cultivo; en lo posible, se deben enterrar los residuos de cosecha durante la preparación del terreno. En un suelo bien preparado, la semilla encuentra las mejores condiciones de desarrollo y sanidad para su buena germinación (Peláez y Ríos, 1999).

Sistemas y arreglos de siembra

Fríjol en monocultivo

Para esta modalidad se utilizan diferentes tipos de tutorado. Uno de ellos es el empleo de tutorado de madera o de cañas de maíz procedentes de otros lotes. El tutorado de madera es económico pero ecológicamente agresivo. Otra modalidad es la de espaldera o enmallado que permite una mayor densidad de siembra, es de menor impacto ambiental pero el más costoso.

En el oriente antioqueño, cuando se usa espaldera o enmallado (figura 21), las distancias de siembra utilizadas por los agricultores varían entre 1,10 a 1,60 m entre surcos y de 30 a 40 cm entre plantas, con una semilla por sitio y a 2 o 3 cm de profundidad. Los agricultores aseguran que estas distancias de siembra brindan una mayor productividad y un mejor manejo de enfermedades, lo cual es corroborado por Suárez (1990), quien afirma que “un buen espaciamento entre plantas beneficia la calidad de la semilla, en especial por la menor incidencia de enfermedades. Además, se ha encontrado que los rendimientos de semilla por cantidad sembrada aumentan a medida que la cantidad de plantas disminuye, observándose cierto incremento en el peso y tamaño de la semilla”.

Visitas de campo realizadas a los agricultores en el municipio de Urrao, en el suroeste antioqueño, muestran su preferencia por sembrar en monocultivo, con aprovechamiento del sistema de tutorado existente del cultivo de granadilla, lo que permite reducir los costos de producción.



Figura 21. Fríjol en espaldera o monocultivo

Fuente: Fotografía de Velásquez C (2013).

Fríjol en relevo con maíz

El fríjol en relevo con maíz es uno de los arreglos productivos con el cual se llegó a sembrar más área en fríjol en Antioquia. Es uno de los de uso más frecuente entre los pequeños y medianos agricultores, en especial en el municipio de Carmen de Viboral, en el oriente antioqueño. En este sistema se recomienda tener un buen cultivo de maíz, con el propósito de que el fríjol se pueda enredar y levantar bien, ya que la caña de maíz servirá de tutor (Arias y Guzmán, 2001) (figura 22).



Figura 22. Fríjol en relevo con maíz
Fuente: Corpoica (2013).

Fríjol en asocio con maíz

Este sistema de asocio fríjol-maíz consiste en sembrar en el mismo sitio y época las semillas de las dos especies, de manera que el sistema radicular de ambas se lleguen a entrecruzar, razón por la que las dos especies compiten de forma simultánea por espacio, agua, luz y nutrientes (Ligarreto, 1991); esta es la razón por la que este sistema de siembra se encuentra en desuso y tiende a desaparecer.

Relevo papa, maíz, fríjol

Este arreglo consiste en sembrar papa; después de su floración, se siembra el maíz y, finalmente, cuando el maíz esté a la altura de la rodilla, se hace la siembra de fríjol.

La importancia de este arreglo radica en que la papa, por ser un colonizador del suelo, exige condiciones óptimas de preparación del mismo y niveles altos de fertilización, lo que permite que el maíz y el fríjol aprovechen los residuos de fertilización, con la subsecuente reducción en costos de producción por mano de obra e insumos (Arias y Guzmán, 2001). Sin embargo, al igual que el fríjol en asocio con maíz, son pocos los agricultores que hacen uso de este sistema de siembra, por lo que se presenta con escasa frecuencia entre los cultivadores de fríjol voluble.

Tutorado

La gran mayoría de los agricultores de los municipios productores de fríjol del oriente antioqueño hacen uso tanto de las modalidades de enmallado como del empleo de cañas de maíz como sistemas de tutorado; éste último es el método más utilizado por pequeños agricultores. No obstante, en el municipio de Urrao, en el suroeste de Antioquia, el método más empleado como sistema de tutorado es el de enmallado. El sistema de enmallado con polipropileno consiste en colocar postes de madera de 3 m de alto, a distancias de 5 o 6 m, sobre los cuales se amarra y tensiona alambre galvanizado calibre 14 a lo largo de cada surco. Se utiliza como tutor hilo de polipropileno o nailon, amarrado al alambre, mientras que en la parte inferior se sujeta el tallo de la planta de fríjol (Ligarreto, 1991) (figura 23).



Figura 23. Tutorado de enmallado con propileno

Fuente: Fotografía de Velásquez C (2013).

Para el caso del sistema productivo relevo maíz-fríjol, el hilo de polipropileno es reemplazado por las cañas de maíz que quedan de la cosecha.

Aporque

Esta práctica se realiza 20 a 30 días después de la siembra y consiste en remover tierra que se encuentra entre los surcos, levantándola hasta la altura del cuello de las plantas de fríjol con la ayuda de un azadón o pico, teniendo cuidado de no maltratar las raíces (figura 24). La importancia de esta práctica radica en que evita el crecimiento de malezas, sirve como soporte y da estabilidad a la planta, airea y renueva el suelo y controla algunas plagas y enfermedades. Para el caso de fríjol voluble, esta actividad se realiza cuando se desarrollan las primeras guías (Torres, 2006).



Figura 24. Aporcado del fríjol

Fuente: Fotografía de Gutiérrez J (2012).

Cosecha

Debido a los largos periodos de floración que presentan las variedades de fríjol de crecimiento voluble no se muestra una maduración uniforme, por lo cual la cosecha se realiza en varias etapas, a medida que las vainas van madurando. Lo recomendable es realizar la cosecha cuando el grano alcanza su madurez fisiológica, momento en el

que el grano ha alcanzado la totalidad de nutrientes y su embrión se ha desarrollado por completo (Ríos et al., 2003).

En Antioquia, el fríjol se cosecha en distintas etapas de madurez, según las exigencias del mercado. La cosecha en verde se realiza cuando las semillas ya han alcanzado su máximo tamaño pero todavía son tiernas (Ríos et al., 2003). Para el caso del fríjol seco, es conveniente dejar secar las vainas en la misma planta, ya que así se permite un secado natural del grano por pérdida gradual y uniforme de humedad. Sin embargo, es preferible cosechar las vainas antes de que se sequen demasiado y así se minimizan las pérdidas por desgrane (Ríos et al., 2003).

El fríjol voluble se siembra en todas las épocas del año en Antioquia, lo que resulta en que no hay épocas definidas de cosecha, aunque la mayor abundancia de fríjol cargamanto ocurre en los meses de enero, febrero y marzo, en el primer semestre, y en los meses de julio agosto y septiembre, en el segundo semestre del año.

La elevada humedad del grano en el momento de la cosecha (superior a 30%) hace recomendable programar las épocas de siembra en aquellas regiones donde se conoce el ciclo de lluvias, de modo que la cosecha coincida con las épocas secas, lo que facilita las labores de cosecha y secado del grano. Así mismo, se recomienda contar con métodos especiales para el secado en las fincas, ya que la elevada humedad puede causar un deterioro del grano y, por ende, pérdidas económicas (Ríos et al., 2003).

Método de cosecha

Para estas variedades de hábito voluble que no presentan maduración uniforme de las vainas, la cosecha se realiza de manera manual (figura 25), desprendiendo las vainas que ya han alcanzado su madurez fisiológica (Arias et al., 2007) o estado reproductivo R9, fase que se reconoce porque las vainas pierden pigmentación y comienzan a secarse, mientras que las semillas desarrollan el color típico de la variedad (Fernández et al., 1986).



Figura 25. Cosecha manual de fríjol

Fuente: Sitio oficial de El Tambo, Nariño, Colombia (2013).

Poscosecha

Secado del grano

Debido a la elevada humedad del grano que bien puede estar por encima de 20%, es necesario reducir sus contenidos de agua hasta 15% o menos para evitar pérdidas por deterioro. Se recomienda realizar el secado directo de las vainas; es decir, antes de realizar el desgrane; de esta manera el grano se encuentra protegido de la luz directa del sol (Ríos et al., 2003).

Para el secamiento se pueden aprovechar la energía solar y el viento, en patios acondicionados con una cubierta de plástico que ayude a proteger en caso de lluvias y, a su vez, aumente la temperatura de secado (figura 26 y figura 27) (Ríos et al., 2003).



Figura 26. Secado del grano sobre cubierta de plástico
Fuente: Corpoica (2013).

Otro de los mecanismos utilizados por los agricultores para el secado del fríjol son las marquesinas elaboradas con cubiertas de plástico (figura 27). Este sistema es más eficiente, puesto que permite un mejor aprovechamiento de la temperatura generada por la energía solar, por acumulación de calor e incremento de la temperatura en el interior de la marquesina. Además, se favorece una mejor circulación de las corrientes de viento que ayudan al secado rápido y uniforme del grano. El uso de este sistema también permite mantener protegido al fríjol de la lluvia durante su proceso de secado (Ríos et al., 2003).



Figura 27. Secado en marquesinas
Fuente: Fotografía de Velásquez C (2013).

También se utilizan las llamadas paseras, empleadas para el secado de café que consisten en estantes corredizos hechos en madera y puestos bajo un techo de zinc u otro material que ayude a mantener el calor e incrementar la temperatura en el interior de la estructura (Ríos et al., 2003). Otro método de secado es el “secado de motor”, aunque no es muy nombrado por los pequeños y medianos agricultores, es de gran utilidad para grandes cantidades de fríjol. Aunque es un mecanismo eficiente, genera mayores costos, comparado con el secado natural (Arias et al., 2001).

Desgrane

Esta actividad también se conoce como trillado del fríjol y consiste en separar los granos de las vainas. Existen diferentes maneras de realizarlo; una de ellas es el sistema de trilladoras, las cuales pueden ser portátiles o estacionarias. Otra consiste en el método tradicional de garroteo, llamado también apaleo y, por último, el método manual, utilizado más para la selección de semilla (Arias et al., 2001). Las maquinas desgranadoras mecánicas son accionadas, por lo general, mediante la energía de un motor (figura 28). Aunque se incurre en un costo inicial alto, es uno de los métodos más eficientes. Por ejemplo, en una trilladora pequeña se pueden desgranar hasta 1.000 kg de fríjol en una hora. Con el método tradicional de apaleo se requiere aproximadamente una jornada de ocho horas para desgranar esta misma cantidad de fríjol (Arias et al., 2001).



Figura 28. Desgranadora de fríjol de pequeño tamaño
Fuente: Corpoica (2013).

El método de garroteo consiste en dar golpes suaves con un palo a las vainas secas de frijol (figura 29); aunque es un método más eficiente que el desgrane manual, puede causar daños físicos al grano cuando éste no tiene la humedad adecuada (10%-15%), por lo que no es recomendable para desgranar frijol destinado a semilla (Ríos et al., 2013).



Figura 29. Desgrane de frijol por el método de garroteo o apaleo

Fuente: Página oficial del Observatorio regional de innovaciones tecnológicas en las cadenas de maíz y frijol (2014).

El desgrane manual consiste en separar los granos de la vaina con las manos y se utiliza para cantidades pequeñas (figura 30). Como ya se mencionó, es empleado con mayor frecuencia en el desgrane de frijol destinado a semilla, pues así no se maltrata el grano. Este método tiene la desventaja de su poca eficiencia, además de que aumenta los costos cuando se hace con mano de obra contratada.



Figura 30. Desgrane manual de frijol

Fuente: Corpoica (2013).

Limpieza del grano

Después de realizar el desgrane, el proceso siguiente es la limpieza del grano, el cual consiste en separar todas las impurezas, como restos de hojas, tallos, vainas y cualquier otro material extraño. Una primera prelimpieza se realiza con corrientes naturales o artificiales de aire que permiten separar los residuos más grandes (figura 31). Después de esto, es muy común utilizar la misma zaranda que se emplea para clasificar los granos por tamaño, con el fin de separar las impurezas más pequeñas (Arias et al., 2007).



Figura 31. Limpieza del grano
Fuente: Corpoica (2013).

Selección del grano

La selección de los granos se realiza de manera manual, separando aquellos que no son uniformes, ya sean manchados, partidos, deformes, pequeños o perforados por insectos (figura 32). Se recomienda hacer este proceso sobre una mesa de color contrastante que permita agilizar la selección de los granos; para ello, es frecuente utilizar el color azul. Para la selección del tamaño se emplean zarandas con el tamaño de malla ajustado a la variedad del grano (Ríos et al., 2001).



Figura 32. Selección del grano
Fuente: Corpoica (2013).

Empaque del grano

Se prefieren sacos o costales de fique de 50 kg de capacidad, los cuales facilitan una buena aireación y absorben la humedad que pueden seguir liberando algunos granos después de ser empacados (Ríos et al., 2003) (figura 33).



Figura 33. Empaque y almacenamiento del grano
Fuente: Corpoica (2013).

Almacenamiento del grano

Desde el momento en que se realiza la cosecha del fríjol, se busca minimizar su deterioro, por lo cual se realiza el beneficio del grano, en vista de que la humedad y la temperatura son los principales factores que determinan la calidad del fríjol almacenado (Ríos et al., 2003). El fríjol cargamento blanco es un producto que pierde su brillo y original color crema con el paso de los días, por lo que su vida en anaquel no pasa de 15 días; pasado este tiempo, se torna opaco y adquiere un color crema oscuro que dificulta su comercialización. El cargamento rojo, aunque puede perder brillo, no cambia de color con el tiempo. Arias et al. (2001) afirman que para el caso del oriente y suroeste antioqueño, el porcentaje de humedad del grano debe estar en el punto de equilibrio o, por lo menos, cerca de él. Según estos requerimientos, es ideal almacenar el fríjol con 14% de humedad o menos. El lugar donde se va a almacenar debe tener temperaturas bajas, inferiores a los 20 °C, estar aireados, secos y limpios. Estos autores indican que por cada 5 °C que se reduzca la temperatura del lugar, se duplica el potencial de almacenamiento, o sea, la duración del grano en esas condiciones. Además, los empaques se deben poner sobre estibas de madera y no sobre el suelo ni arrimados a las paredes de los sitios de almacenamiento, ya que se puede generar humedad en el grano y causar pudriciones u otros problemas poscosecha.

Capítulo V

Manejo del suelo y fertilización del cultivo

Propiedades físicas y químicas de los suelos de clima frío de Antioquia

En cuanto a sus propiedades físicas, las tierras de clima frío en Antioquia son de terrenos planos y ondulados, en colinas bajas de montañas y laderas. En esta zona, los suelos más comunes son derivados de cenizas volcánicas, como los andisoles, caracterizados por tener un primer horizonte (H-A) rico en materia orgánica, sobre un subsuelo de color pardo amarillento (Muñoz, 1985). Los siguientes horizontes son bajos en materia orgánica, con colores que van desde amarillento a rojizo amarillento (Cortés, 1982; Muñoz, 1985; Toro, 1979). En estos horizontes se limita el desarrollo de las raíces de las plantas; en consecuencia, esta limitante física determina una profundidad efectiva superficial, menor a 50 cm de profundidad. Este fenómeno es común en los suelos planos aluviales, terrazas y colinas bajas del oriente antioqueño. Las tierras de clima frío en Antioquia son de baja fertilidad, ya que presentan bajos contenidos de nutrimentos y desbalances nutricionales (Muñoz, 1985).

En la zona del suroeste del departamento, los suelos se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos y bien drenados; su primer horizonte tiene agregados medianos a gruesos, de texturas franca, franco-limosa, franco-arcillosa y franco-arcillo-arenosa, ricos en humus y oscuros en color, de terrones nítidos, esponjosos y fáciles de romper en piezas más pequeñas, alta percolación y baja dispersión de las arcillas (IGAC, 2007). Respecto a sus propiedades químicas, estos suelos presentan una fertilidad moderada, debido a sus bajos contenidos de nutrientes y desbalances nutricionales; su pH varía desde muy fuertemente ácido a moderadamente ácido (pH 4,6-5,5), el cual tiende a incrementarse con la profundidad del suelo; con frecuencia, el aluminio intercambiable es menor a 3,0 meq/100 ml (Muñoz, 1985).

Función y deficiencia de los nutrientes

Los suelos donde se cultiva el frijol en Antioquia, por lo general se encuentran en zonas montañosas donde predominan los andisoles que por sus condiciones físicas y químicas variables, evidencian deficiencias nutricionales, las cuales pueden afectar los rendimientos; así mismo, se presenta toxicidad por elementos como el aluminio

que afecta seriamente al cultivo. En estos suelos ácidos, las deficiencias de fósforo y las toxicidades por aluminio y magnesio son los principales problemas. En cuanto a los microelementos, las deficiencias de boro y zinc son muy comunes en estos suelos, donde el pH es alto o tienen bajos contenidos de minerales (CIAT, 1994).

A continuación, se describen las principales deficiencias y/o toxicidades de los nutrientes más importantes para el cultivo de fríjol.

Toxicidad por aluminio (Al)

La toxicidad por aluminio suele presentarse en suelos ácidos, como los oxisoles, ultisoles e inceptisoles. El fríjol es muy susceptible a la toxicidad por aluminio y se ve afectado cuando las saturaciones de este elemento están por encima de 25% a 30% de la capacidad de intercambio catiónico; por lo general, en suelos donde se presenta este problema, se afecta la producción (CIAT, 1994). Los síntomas son crecimiento atrofiado y necrosis a lo largo de las márgenes de la hoja. En condiciones severas, la necrosis afecta todas las hojas y la planta muere.

La toxicidad por aluminio se controla con aplicaciones de cal agrícola, aunque también se puede usar cal dolomita. No es recomendable el uso de fertilizantes acidificantes, como el sulfato de amonio o la urea, ya que se puede agravar el problema (CIAT, 1994).

Deficiencia de nitrógeno (N)

El nitrógeno interviene en la síntesis de la clorofila y previene la maduración de las plantas. La deficiencia, por lo general, se presenta en suelos pobres en contenido de materia orgánica, ácidos y con niveles tóxicos de aluminio o magnesio o suelos deficientes en calcio y fósforo, lo que reduce la fijación de nitrógeno (CIAT, 1994). Cuando hay deficiencia de nitrógeno, las hojas inferiores de las plantas de fríjol se tornan pálidas o amarillas; si la deficiencia es severa, esta decoloración avanza hacia arriba, el crecimiento de la planta se reduce y, por tanto, la producción se afecta. Las deficiencias de este elemento se pueden controlar a través de la inoculación del suelo con cepas eficientes de bacterias fijadoras de nitrógeno, aplicaciones de abonos verdes, estiércol y fertilizantes químicos nitrogenados (CIAT, 1994).

Deficiencia de fósforo (P)

El fósforo está asociado con todos los procesos de vida de la planta. La deficiencia de este elemento es uno de los principales problemas nutricionales del frijol y muy frecuente en los andisoles de Colombia (CIAT, 1994). Las plantas con esta deficiencia carecen de vigor y presentan muy pocas ramas; las hojas superiores son pequeñas, de color verde oscuro; las hojas inferiores se tornan amarillas y necróticas antes de caer; esta deficiencia retarda la floración y maduración. El control se puede realizar con superfosfato simple, superfosfato triple o roca fosfórica; la aplicación se puede efectuar al voleo o por incorporación al suelo, a excepción del superfosfato triple, el cual se aplica en banda. El nivel de aplicación depende del contenido de fósforo y capacidad de fijación del suelo (CIAT, 1994).

Deficiencia de potasio (K)

Aunque esta deficiencia se presenta con poca frecuencia en frijol, es habitual en suelos ácidos, como oxisoles y ultisoles de baja fertilidad o en suelos con escasos contenidos de calcio y magnesio (CIAT, 1994). El potasio es fundamental para el proceso de fotosíntesis, traslocación y metabolismo de azúcares. Las plantas con esta deficiencia presentan amarillamiento y necrosis en los ápices y márgenes de las hojas inferiores que se extienden de forma gradual a las hojas superiores. Para contrarrestar esta deficiencia, se pueden hacer aplicaciones de potasio en forma de sulfato de potasio (K_2SO_4), en el momento de la siembra. Este sulfato de potasio se recomienda también cuando se presentan deficiencias de azufre (CIAT, 1994).

Deficiencia de calcio (Ca)

De manera habitual, la deficiencia de calcio se observa en combinación con toxicidad por aluminio, lo que dificulta su caracterización. Por lo general, se presenta en suelos ácidos, como oxisoles y ultisoles (CIAT, 1994). Las plantas con esta deficiencia permanecen pequeñas, con entrenudos cortos y un tipo de crecimiento de la planta en "roseta"; el desarrollo radical es muy escaso; las hojas presentan amarillamiento ligero en los márgenes y el ápice y, en ocasiones se arrugan y encrespan hacia abajo. La deficiencia de calcio se controla mediante la incorporación de cal agrícola, cal dolomita, óxido de calcio o hidróxido de calcio (CIAT, 1994).

Deficiencia de magnesio (Mg)

Es más frecuente en suelos orgánicos o suelos minerales con pH alto. El magnesio es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas; constituye el núcleo de la molécula de clorofila, pigmento de las hojas que se necesita para realizar la fotosíntesis en presencia de luz solar, ayuda al almacenamiento de los azúcares dentro de la planta, es indispensable en los procesos de formación de carbohidratos, aceites y grasas; además, es activador de enzimas asociadas con el metabolismo energético (CIAT, 1994). Los síntomas de esta deficiencia son presencia de clorosis intervenal y necrosis de las hojas más viejas, síntomas que se extienden a todas las hojas, inclusive a las hojas nuevas. Esta deficiencia se puede controlar mediante la aplicación de cal dolomita, óxido de magnesio (MgO) o con aplicaciones de sulfato de magnesio (MgSO₄) (CIAT, 1994).

Deficiencia de azufre (S)

La deficiencia de este elemento ocurre en suelos ácidos, como oxisoles y ultisoles de baja fertilidad (CIAT, 1994). El azufre es importante en la actividad catalítica de muchas enzimas y forma parte de la estructura de muchas proteínas importantes para las plantas. Los síntomas de esta deficiencia incluyen hojas superiores de color amarillo, con una apariencia muy semejante a la de la deficiencia de nitrógeno, aunque no afecta el crecimiento de la raíz, como en el caso de la deficiencia de calcio. Su control se puede realizar por aplicación de cualquier fertilizante que contenga azufre, como el superfosfato simple, el sulfato de amonio y el sulfato de potasio; algunos fungicidas, como el Elosal, pueden contribuir al aporte de azufre para la nutrición de la planta (CIAT, 1994).

Deficiencia y toxicidad por Boro (B)

La deficiencia se presenta de manera ordinaria en suelos aluviales de pH alto, con texturas livianas, bajos contenidos de materia orgánica y presencia de hidróxidos de aluminio y de hierro (CIAT, 1994). El boro es responsable del transporte de azúcares e interviene en diferentes funciones del metabolismo de la planta. Las plantas que presentan esta deficiencia muestran tallos y hojas muy gruesas, con manchas amarillas y necróticas que tienden a arrugarse y voltearse hacia abajo; las yemas terminales mueren y las laterales se incrementan. Cuando la deficiencia es severa, las plantas se atrofian y mueren con rapidez. La deficiencia de boro se puede controlar

mediante la aplicación de fertilizantes edáficos o foliares ricos en este elemento (CIAT, 1994). La toxicidad por boro produce amarillamiento y márgenes necróticos en las hojas primarias. Se recomienda hacer aplicaciones uniformes de fertilizantes, nunca cerca de la semilla para evitar problemas por exceso de este nutriente (CIAT, 1994).

Requerimientos nutricionales del fríjol

El fríjol responde de manera diferente a la fertilidad, según la variedad cultivada, las condiciones climáticas y la zona geográfica. La tabla 7 da una idea de los requerimientos principales en fríjol, logradas a partir de trabajos realizados por Flor (1985) sobre el requerimiento nutricional en fríjoles de crecimiento arbustivos (Flor, 1985, citado por Arias et al., 2007). Se espera que, para el caso de fríjol voluble, cuya producción de tallos y vainas es mayor, la demanda de nutrientes sea más alta, pues se estima que la absorción de nutrientes es 35% a 40% superior.

Tabla 7. Exigencias minerales del fríjol (arbustivo)

Componentes de la cosecha	kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vaina	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: tomado de Flor, 1985, citado por Arias et al. (2007)

De estos datos, se infiere que el fríjol extrae cantidades relativamente altas de nitrógeno y potasio, medianas de calcio, magnesio y azufre, y hace extracciones bajas de fósforo. Además, se deduce que la incorporación de todos los residuos de cosecha (hojas, tallos y vainas) disminuye de forma considerable el agotamiento de los nutrientes del suelo; en consecuencia, se reduce la cantidad de fertilizante a aplicar en la siguiente siembra de fríjol (Muñoz, 1990).

Análisis de suelos

Una vez seleccionado el lote, es necesario conocer sus características físicas, químicas y biológicas. Los análisis físico-químicos de suelos son muy importantes a la hora de fertilizar el terreno, puesto que indican la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, los cuales, junto con los requerimientos nutricionales del fríjol, proporcionarán la información necesaria para dictar las recomendaciones de abono orgánico, enmiendas y fertilizantes, en caso de ser necesarios. De ahí la importancia de un buen análisis de

suelos, ya que una buena toma de muestra y un adecuado análisis de los resultados, permitirán diseñar un plan de fertilización apropiado, adaptado al lote y al cultivo.

Procedimiento para la toma de muestras de suelo

Según Cuesta et al. (2005), para realizar la toma de muestras de suelo es muy importante definir áreas homogéneas; para ello se separan áreas con distintos relieves, suelos con diferentes coloraciones y texturas, suelos que tienen un buen drenaje, además de los mal drenados; de igual manera, según su manejo agronómico, conviene separar suelos con cultivos diferentes o manejos distintos.

Al momento de tomar la muestra se deben evitar zonas cercanas a bebederos, saladeros, árboles, orillas de cercas, caminos, quebradas, sitios donde se deposite estiércol, cal o cualquier otra fuente de fertilizante o producto químico que puedan interferir en los resultados del análisis a realizar. Por otro lado, los materiales y herramientas utilizados para la toma de muestras deben encontrarse limpios y libres de cualquier contaminante (Cuesta et al., 2005). Estas herramientas son:

- Balde de plástico limpio para recolectar y mezclar las submuestras.
- Barreno holandés o pala.
- Bolsas plásticas para empacar la muestra.
- Marcador de tinta permanente para identificar las muestras.

Para realizar el muestreo, Cuesta et al. (2005) plantean lo siguiente:

- Realizar un trazado sobre el lote, puede ser en zigzag, zeta, equis o cualquier otro recorrido que abarque la totalidad del área, con el fin de obtener una muestra representativa.
- Limpiar en cada punto donde se va a tomar la submuestra para eliminar los residuos de materia orgánica u otros contaminantes artificiales.
- Con ayuda de la pala se procede a cavar un hueco en forma de "V" y de la profundidad requerida, según el cultivo; con la ayuda del barreno o pala se toma una porción de suelo de unos 2 a 3 cm de espesor que se deposita en el balde. Repetir esta operación en cada uno de los puntos establecidos en el trazo del recorrido.
- Una vez tomada la totalidad de las submuestras y habiéndolas depositado en el balde, se mezclan muy bien con el propósito de homogenizar el suelo extraído.
- Al final, se toma 1 kg del total de la muestra y se empaca en doble bolsa plástica, la cual se sella e identifica.

Interpretación del análisis de suelos

Para la interpretación de los resultados del análisis de suelos conviene tener los rangos de los contenidos de los elementos en el suelo, ya establecidos para el fríjol. A continuación, se mencionan los rangos generales de fósforo y potasio para fríjol (Arias et al., 2007) (tabla 8).

Tabla 8. Niveles críticos de fósforo y potasio

Límite crítico tentativo de P2O5		Límite crítico tentativo de K2O	
Categoría	(mg/kg)	Categoría	(cmol/kg)
Bajo	Menor a 15	Bajo	Menor a 0,20
Medio	Entre 15 y 30	Medio	Entre 0,20 y 0,40
Alto	Mayor a 30	Alto	Mayor a 0,40

Tomado de: Arias et al. (2007)

La materia orgánica (MO) es importante, puesto que sus contenidos en el suelo y la adición de la misma por parte de los agricultores permiten que los organismos del suelo, incluyendo los microorganismos, se alimenten de los residuos de cosecha y los derivados de la materia orgánica. A medida que se descomponen los residuos y la materia orgánica, nutrientes como el nitrógeno, fósforo y azufre son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas. Además, la MO mejora la estructura del suelo y tiene gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico. A continuación, se presentan los rangos generales de los porcentajes de materia orgánica (Cuesta et al., 2005) (tabla 9).

Tabla 9. Niveles críticos de materia orgánica para clima frío

Niveles críticos de materia orgánica	
Categoría	% de materia orgánica
Bajo	Menor a 5
Medio	Entre 5 y 10
Alto	Mayor a 10

Fuente: Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de fríjol voluble (2007). El nitrógeno total (%) que hay en el suelo equivale a la cantidad de MO del suelo, dividida por 20, constante que corresponde a que, de 100 partes de MO en el suelo, 20 corresponden al nitrógeno (N) total (Cuesta et al., 2005). A continuación, se muestran los niveles críticos de nitrógeno (tabla 10).

Tabla 10. Niveles críticos de nitrógeno

Niveles críticos de nitrógeno	
Categoría	% total de N
Muy pobre	0-0,10
Pobre	0,10-0,15
Mediano	0,15-0,25
Rico	0,25-0,30
Muy rico	Mayor a 0,30

Fuente: Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble (2007).

Fertilización

Para la fertilización, es de resaltar que, por ser una leguminosa, el frijol tiene la facultad de tomar nitrógeno del aire mediante un proceso que se llama fijación biológica, el cual puede aportar los requerimientos de este nutriente de forma parcial; también se puede hacer uso de productos comerciales que posean bacterias del género *Rhizobium* sp. que ayudan a la fijación del nitrógeno atmosférico (Hernández, 2009).

En la bibliografía se encuentran muchas recomendaciones de fertilización, según el cultivo, su arreglo de siembra, así como los diferentes climas y suelos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la cantidad de fertilizante necesario para el cultivo de frijol debe determinarse para cada caso en particular y estar sujeto a un análisis de suelo de la zona.

Ensayos de fertilidad en frijol reportados por Muñoz (1990) en diferentes departamentos de Colombia, indican que: "para tener unos rendimientos de entre 1 y 2 ton/ha, se requieren entre 30 y 60 kg de N; 90 a 150 kg de P₂O₅; 30 y 60 kg de K₂O; 250 a 500 kg de cal dolomita y 500 a 1.000 kg de gallinaza". Este autor afirma que dichos resultados han sido confirmados mediante la realización de pruebas de ajuste a numerosas localidades.

Cuando no se conocen las propiedades químicas del suelo y se maneja una distancia entre surcos de 1,2 m, Arias et al. (2001) recomiendan aplicar 36 g de fertilizante compuesto por m lineal para frijol voluble, 240 g de abono orgánico y 60 g de cal dolomita al momento de la siembra. Una segunda aplicación en cantidades similares de fertilizante químico compuesto poco antes de la formación de vainas es aconsejable, si existen condiciones de humedad en el suelo que garanticen su absorción.

Estudios realizados por Muñoz (1985) sobre el efecto de la aplicación de 4, 8, 12 y 16 t de cal agrícola y dolomítica en el rendimiento de la papa, en rotación con maíz y frijol voluble, concluyeron que 4 t/ha son las más recomendables para un buen rendimiento de los tres cultivos.

De igual manera, en estudios hechos con materia orgánica en el relevo papa-maíz-frijol voluble, se concluyó que la aplicación de cantidades grandes de gallinaza a la papa (10 t/ha), dejó suficientes residuos como para también obtener rendimientos altos en el maíz y el frijol (Muñoz, 1985). Además, aplicaciones de 2,0 y 2,5 t/ha de gallinaza sólo al frijol, mejoraron la producción de este cultivo y quedaron residuos que aumentaron el rendimiento de la papa, sembrada cinco meses después para iniciar un nuevo ciclo (Muñoz, 1985).

Según información levantada en campo con los agricultores del oriente y suroeste antioqueño, se estima que las cantidades necesarias para el desarrollo del cultivo de frijol voluble son del orden de 30-60 kg/ha de nitrógeno, 50-100 kg/ha de fósforo (P₂O₅), entre 10-70 kg/ha potasio (K₂O), 1.000-2.000 kg/ha de materia orgánica y 1.500-2.500 kg/ha de cal dolomita.

Limitantes en la absorción de nutrientes

El pH del suelo es muy importante en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que éste puede actuar de manera directa sobre el estado químico de los micronutrientes. En suelos que tienen pH menor que 6, el hierro, cobre y manganeso están presentes en formas de fácil asimilación para la planta. A medida que aumenta la alcalinidad de los suelos, los micronutrientes son transformados poco a poco en óxidos, hidróxidos, fosfatos y carbonatos, lo que hace que no estén disponibles para la planta, pues van formando complejos insolubles con determinadas sustancias presentes en el suelo (Valagro, 2004). Así mismo, las condiciones climáticas pueden tener influencia en la absorción de nutrientes. Las lluvias intensas y persistentes causan una lixiviación de los micronutrientes; en condiciones de poca disponibilidad de agua, la movilidad de los iones puede resultar muy reducida. En condiciones extremas de temperatura, la actividad radicular es inhibida de manera drástica, por lo cual la asimilación de nutrientes por parte de la planta disminuye (Valagro, 2004).

Fuentes de fertilización orgánica y química

Según Ríos et al. (2003), el frijol responde muy bien a la fertilización química y orgánica, cuya aplicación busca incrementar los rendimientos del sistema productivo. Así, los fertilizantes minerales son compuestos inorgánicos, productos químicos de síntesis, que buscan suministrarle a las plantas los elementos esenciales necesarios para lograr su mayor productividad (Saña et al., 1996).

Un abono orgánico es un desecho animal y/o vegetal, más o menos transformado que posee materia orgánica y, de forma usual, contiene elementos esenciales para las plantas, los cuales se pueden clasificar en tres grandes grupos (Gonzálves y Pomares, 2008):

- Abonos para enriquecer el suelo en humus (ricos en carbono y pobres en nitrógeno); entre ellos están el estiércol, compost, residuos de cosecha, etc.
- Abonos para suministrar nitrógeno a las plantas; éstos son pobres en carbono y relativamente ricos en nitrógeno; están los desechos de mataderos, guano, purín, gallinaza, etc.
- Abonos verdes, cultivos de cobertura.

La combinación de diferentes fuentes de materia orgánica de origen vegetal y/o animal mejoran la estructura física del suelo y permiten el incremento en el número y variedad de microorganismos saprófitos que actúan como defensa contra los microorganismos del suelo que causan enfermedades al cultivo (Ríos et al., 2003).

Dada la complejidad constitutiva de los abonos orgánicos, es de suma importancia la utilización correcta de estos insumos, ya que la materia orgánica presente en ellos puede alterar el complejo de cambio; es decir, sustancias como la arcilla y el humus modifican su capacidad de retener cationes e intercambiarlos con la solución acuosa del suelo, lo que dificulta que los nutrientes sean absorbidos por la planta. Además, pueden afectar la estructura del suelo y, por ende, sus propiedades físicas y químicas (Gonzálves y Pomares, 2008).

A continuación, en la tabla 11 se presentan algunas de las fuentes de nutrientes o fertilizantes más usadas y sus contenidos. Cabe resaltar que estos contenidos deben ser evaluados por profesionales, con el fin de ajustar las recomendaciones del cultivo, basados en los resultados de los análisis de suelo.

Tabla 11. Contenido de nutrientes en varios abonos comunes en Colombia

Fertilizantes	N	P*	K*	Ca	Mg	S
Urea	45					
Sulfato de amonio	20,5					23
Nitron 26®	23					
Superfosfato triple		20		14		
Superfosfato simple		7		20		12
Cloruro de potasio			50			
Sulfato de potasio			42			18
Sulfomag®			18		11	22
Sulfato de magnesio					10	13
Yeso comercial				14-7		10-13
Cal dolomítica				25-30	7-12	
15-15-15	15	6,5	12,5			
14-14-14	14	6,1	11,7			
10-20-20	10	8,7	16,7			
10-30-10	10	13,1	8,3			
Estiércol de ganado (seco)	2	0,6	1,7	2,9	0,6	
Gallinaza (seca)	2,7	1,3	2	7,7	0,7	
Cachaza (seca)	1,5	2,4	0,4	6,7	0,9	
Rafos®	12	10,48	10	2	2	1
13-26-6	13	11,35	5			
Óxido de magnesio					32	
* P y K en forma elemental; para convertir a P2O5 = P x 2,29 a K2O = K x 1,20						

Fuente: adaptado de Flor (1985), citado por Arias et al. (2007)

Capítulo VI

Manejo de enfermedades y plagas

De entrada, es importante resaltar que los productos mencionados en este capítulo, como fungicidas e insecticidas, no constituyen garantía frente al control de plagas y enfermedades, ni tampoco excluyen a otros productos de igual o mayor eficacia (Tamayo y Londoño, 2001). A continuación, se relacionan las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de fríjol voluble en el departamento de Antioquia.

Enfermedades causadas por hongos

Antracnosis, Colletotrichum lindemuthianum

La antracnosis es la enfermedad fungosa más común e importante del cultivo del fríjol en Colombia (Tamayo et al., 1992; Tamayo et al., 1995). La enfermedad es común en zonas con alturas superiores a los 1.500 msnm, temperaturas frías a moderadas y con alta humedad relativa. La antracnosis también se puede presentar con severidad en zonas de clima medio, donde persistan condiciones de lluvias continuas (Tamayo et al., 1992).

Aunque la antracnosis se puede presentar desde los primeros estados de desarrollo del cultivo, es especialmente severa y dañina en época de floración y formación de vainas. En esta época se deben extremar las medidas de control. Cuando las vainas están muy afectadas por la enfermedad, el hongo penetra la semilla y se disemina en ella.

La siembra de semilla infectada por el patógeno ocasiona ataques tempranos y mayores dificultades en el control de la enfermedad. Los síntomas de la antracnosis son más notorios en el envés de las hojas (figura 34), en las vainas (figura 35) y en los pecíolos y tallos. Los daños por la enfermedad en las semillas se observan en los cotiledones (figura 36) y es común en plántulas recién establecidas (figura 37) (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 34. Síntomas de antracnosis en el envés de la hoja
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 35. Vainas de fríjol afectadas por antracnosis
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 36. Síntomas de antracnosis afectando los cotiledones de la semilla
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 37. Síntomas de antracnosis afectando plantas recién establecidas

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para el control cultural de la antracnosis se recomienda ampliar las distancias de siembra y rotar con cultivos no hospederos del hongo, como el repollo y la zanahoria. Inmediatamente después de la cosecha se deben eliminar los residuos vegetales de frijol infectados. La enfermedad se puede controlar con aspersiones foliares de fungicidas, como Benopoint 50WP®, Benomyl 50WP® (Benomil) (0,5 g/l), Kurdo 250EC® (Difenoconazol) (0,5 cm³/l), Carbencal® (Carbendazim) (0,5 a 1 cm³/l), Antracol WP 70® (Propineb) (3 g/l), Control 500 SC®, Fungitox 720SC® (Clorotalonil) (1 cm³/l). El tratamiento de la semilla con productos como Benopoint 50WP® (Benomil) (2 a 8 g/kg) reduce de forma significativa la infección por antracnosis (Tamayo y Londoño, 2001).

La siembra de variedades de frijol resistentes a la antracnosis es la medida de control más económica y efectiva. En Colombia, las variedades de frijol voluble ICA Llanogrande, frijol ICA LS 3,3, ICA Rumichaca, frijol LAS 220 y Corpoica 106 son resistentes a la antracnosis (Tamayo y Londoño, 2001).

Mancha anillada, *Phoma exigua* var. *diversispora*

La mancha anillada es muy severa en cultivos de frijol localizados en zonas por encima de los 1.500 msnm, con temperaturas frías a moderadas y de alta humedad relativa. Después de la antracnosis, es la enfermedad fungosa más frecuente y que mayores pérdidas causa en el cultivo en la zona andina de Colombia. La mancha anillada del frijol se presenta desde los primeros estados de desarrollo de la planta y en ataques severos puede causar defoliación. Los síntomas se observan primero en las hojas (figura 38) y también se evidencian de manera ocasional en las vainas (figura 39) y

en los tallos (figura 40); a partir de la floración la enfermedad es más severa. El hongo se puede transmitir por la semilla y sobrevivir en los residuos de la cosecha de fríjol (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 38. Hoja de fríjol afectada por mancha anillada
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 39. Vaina de fríjol afectada por mancha anillada
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 40. Tallo de fríjol afectado por mancha anillada
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para el control cultural de la mancha anillada se recomienda la siembra de semilla sana, la rotación con cultivos no hospederos, como maíz, papa y hortalizas y un espaciamento amplio entre plantas y surcos (Tamayo y Londoño, 2001).

Las aspersiones con fungicidas foliares, como Derosal 500 SC® (Carbendazim) (0,5 a 1,0 cm³/l), Control 500 SC® (Clorotalonil) (2,5 cm³/l) y Antracol WP 70® (Propineb) (3,0 g/l) son efectivas en el manejo preventivo de la mancha anillada (Tamayo y Londoño, 2001).

Mancha angular, *Phaeoisariopsis griseola*

La mancha angular es una enfermedad fungosa muy común en zonas de clima medio, aunque se puede presentar en climas fríos y moderados con alguna severidad, en particular cuando persisten condiciones de alta humedad relativa (Tamayo y Londoño, 2001).

Las lesiones iniciales por mancha angular se caracterizan por tener bordes angulares en ambos lados de la hoja. Los síntomas de la enfermedad se visualizan mejor por el envés, donde aparecen manchas grisáceas con ramilletes de estructuras reproductivas del hongo. En las hojas primarias, las lesiones se manifiestan en ambos lados como manchas semicirculares de color gris oscuro (Tamayo y Londoño, 2001). Cuando los ataques son severos, se puede presentar amarillamiento de las hojas (figura 41) y causar defoliación prematura. El hongo produce manchas ovaladas o

circulares, con centros de color café rojizo y bordes un poco más oscuros en las vainas (figura 42) y los tallos (figura 43).



Figura 41. Amarillamiento de las hojas causadas por mancha angular
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 42. Vainas afectadas por mancha angular
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 43. Tallos afectados por mancha angular
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

El patógeno puede transmitirse por la semilla y los residuos de la anterior cosecha de fríjol. Por esta razón, las medidas de control cultural incluyen la eliminación de esos residuos mediante el compostaje, la siembra de semilla de fríjol libre del patógeno y la rotación con cultivos diferentes a las leguminosas (Tamayo y Londoño, 2001).

Entre los productos químicos recomendados para el control sobresalen Benlate WP® (Benomil) (0,5 cm³/l), Antracol WP 70® (Propineb) (3 g/l) y Control 500 SC® (Clorotalonil) (2,5 cm³/l) (Tamayo y Londoño, 2001).

Moho blanco, Esclerotinia, *Sclerotinia sclerotiorum*

El moho blanco es una enfermedad importante en las zonas de clima frío y humedad relativa alta; muy frecuente en fríjol porque el hongo, *Sclerotinia sclerotiorum*, ataca un gran número de especies cultivadas (Tamayo y Londoño, 2001).

Los primeros síntomas se presentan en las ramas produciendo un marchitamiento de algunas hojas, aunque el hongo no ataca éstas de manera directa. A medida que las condiciones son favorables para el patógeno, la enfermedad se presenta en las vainas (figura 44) y tallos (figura 45), donde causa un moho blanco en el que se observan unos cuerpos negros, llamados esclerocios que son las estructuras de sobrevivencia del hongo y que, al caer al suelo, posibilitan su perpetuación. Este hongo también puede transmitirse por la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 44. Vaina afectada por moho blanco

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 45. Tallo afectado por moho blanco

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Un amplio espaciado entre plantas y entre surcos que permita una buena aireación y favorezca una mayor luminosidad dentro del cultivo de frijol, ayudan a prevenir los ataques por el moho blanco. El exceso de abonos nitrogenados favorece la presentación de la enfermedad (Tamayo y Londoño, 2001). Las aspersiones de fungicidas durante la época de floración, como Rovral FLO® (Iprodione) (0,5 a 1,5 cm³/l) y Benlate WP® (Benomil) (0,5 g/l), controlan la enfermedad (Tamayo y Londoño, 2001).

Mildeo polvoso, oidio, cenicilla, *Erysiphe polygoni*

El mildero polvoso es muy frecuente en condiciones de sequía y baja humedad relativa. Los primeros síntomas de la cenicilla se observan tanto en el haz como en el envés de las hojas, como lesiones estrelladas de color blanquecino que dan una apariencia polvosa (figuras 46 y 47) a los tejidos afectados. En los tallos ocasiona lesiones blancuzcas (figura 48) que luego se tornan rojizas o púrpuras. El hongo también afecta las vainas, donde produce lesiones de color negro que luego se tornan blanquecinas hasta llegar a cubrirlas por completo (figura 49) (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 46. Hojas con lesiones causadas por mildero polvoso
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 47. Hojas con lesiones causadas por mildero polvoso
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 48. Tallo con lesiones causadas por mildew polvoso
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 49. Vaina afectada por mildew polvoso
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para el control de la cenicilla del fríjol se recomiendan fungicidas como Elosal 720 SC® (azufre) (3,0 cm³/l) o Benlate WP® (Benomil) (0,5 g/l). Productos como Agroil-100® (extractos de plantas y aceites emulsificantes) (4 cm³/l) también tienen efecto sobre la cenicilla del fríjol (Tamayo y Londoño, 2001).

Amarillamiento, marchitamiento por *Fusariumm*, *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli*

El amarillamiento por *Fusarium* es una enfermedad de importancia en cultivos de fríjol ubicados en zonas de clima frío a moderado en Colombia. Los síntomas causados por *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli* se presentan en la época de floración como un amarillamiento y marchitamiento repentino de la planta. El patógeno coloniza las

raíces y produce una pudrición seca en el sistema vascular de la raíz, más notoria en la base del tallo de la planta (figuras 50 y 51). El hongo se transmite por la semilla de fríjol (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 50. Tallo afectado por *Fusarium oxysporum*
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 51. Sistema radical afectado por *Fusarium oxysporum*
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para disminuir las pérdidas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* se debe sembrar en caballón o surco alto, realizar un aporque alto de las plantas y establecer un

adecuado tutorado del cultivo. Durante las labores de cultivo se debe evitar causar heridas que favorezcan la entrada del patógeno. Lotes de fríjol con ataques del hongo se deben rotar con cultivos no susceptibles, como los cereales o las hortalizas para disminuir la cantidad de inóculo en el suelo (Tamayo y Londoño, 2001).

Las semillas de fríjol se deben tratar con fungicidas, como Benlate WP® (Benomil) (2 a 8 g/kg), Orthocide 50%® (Captan) (1,0 a 2,5 g/kg), Vitavax 300® (Carboxin + Captan) (2 a 4 g/kg), Pro-gro® o Vitavax 400® (Carboxin+Thiram) (2 a 4 g/kg) (Tamayo y Londoño, 2001).

Chancro, pudrición radical por *Rhizoctonia*, *Rhizoctonia solani*

La pudrición radical por *Rhizoctonia solani* se ha detectado en cultivos de fríjol ubicados en zonas donde persisten condiciones de humedad alta en el suelo y temperaturas frías. Por lo general, el patógeno se une a otros y, en conjunto, causan un complejo de pudriciones de las plántulas. El patógeno puede causar la pudrición de las semillas en preemergencia (figura 52) o la pudrición de la raíz y chancros en el tallo, debajo y encima de la superficie del suelo (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 52. Pudrición de las semillas en preemergencia por *Rhizoctonia solani*
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Las lesiones son deprimidas, circulares, de color café o castaño rojizas, que pueden estar rodeadas por un borde un poco más oscuro (figura 53). El patógeno se puede transmitir por la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 53. Lesiones causadas por *Rhizotonia solani*
 Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

La utilización de semilla de frijol libre del patógeno, la siembra poco profunda y en caballón o surco alto reducen el ataque de la enfermedad. La rotación con maíz reduce el inóculo del patógeno en el suelo. La aplicación de fertilizantes nitrogenados y de calcio aumenta la resistencia de la planta a los ataques por el patógeno. Cuando se detectan daños por *Rhizotonia solani* en los primeros estados de desarrollo del cultivo de frijol, se recomienda el aporque de las plántulas afectadas (Tamayo y Londoño, 2001). El control químico se realiza con productos aplicados al suelo, como Benlate WP® (Benomil) (2 a 8 g/kg), Progro® o Vitavax 400® (Carboxin+Thiram) (2 a 4 g/kg), u Orthocide 50%® (Captan) (1,0 a 2,5 g/kg), efectivos cuando son aplicados a la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).

Pudrición radical por *Fusarium*, *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*

El patógeno que causa la pudrición radical por *Fusarium* sp. es predominante en suelos sometidos a condiciones de estrés, como humedad excesiva o sequía prolongada. La enfermedad afecta cultivos de frijol en los primeros estados de desarrollo y, por lo general, se acompaña por infecciones con otros patógenos para producir un retraso en el crecimiento de las plantas (Tamayo y Londoño, 2001).

Los síntomas iniciales de esta enfermedad consisten en decoloraciones o lesiones rojizas (figura 54) en la base del tallo de las plántulas. Las lesiones se vuelven más oscuras y aumentan en tamaño, cubriendo toda la raíz principal, mientras que las raíces secundarias mueren (figura 55). El patógeno no se transmite por la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 54. Lesiones causadas por *Fusarium solani* en la base de la planta

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 55. Raíces afectadas por pudrición causada por *Fusarium solani*

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para el control preventivo de la pudrición radical por *Fusarium* sp. se deben ampliar las distancias de siembra, rotar los campos de fríjol afectados con maíz u hortalizas y erradicar los residuos de cosecha de fríjol. Las aplicaciones de cal dolomítica y de fertilizantes nitrogenados en forma de nitratos reducen las pérdidas por la enfermedad. Si se realiza un aporque alto a las plantas afectadas por *Fusarium* sp. se desarrollan raíces laterales por encima del tejido infectado, lo cual permite que la planta se recupere y sobreviva al ataque del patógeno (Tamayo y Londoño, 2001).

Entre los productos químicos para el control de esta enfermedad se utiliza Benlate WP® (Benomil) (2 a 8 g/kg) para el tratamiento de la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).

Pudrición por *Pythium*, *Pythium* spp.

La pudrición por *Pythium* sp. es muy frecuente durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo del fríjol. La enfermedad es más frecuente en épocas cálidas y en condiciones de alta humedad del suelo. El patógeno puede producir la pudrición de la semilla o afectar las plántulas de fríjol recién establecidas, ocasionando una pudrición acuosa poco después de la emergencia. Si la lesión afecta el tallo de forma parcial, se presenta un marchitamiento de la plántula. El hongo produce lesiones deprimidas que rodean la base del tallo (figura 56). La región de la corteza del tallo afectada es blanda al tacto y se desintegra, quedando vacía o hueca (figuras 57 y 58) (Tamayo y Londoño, 2001).

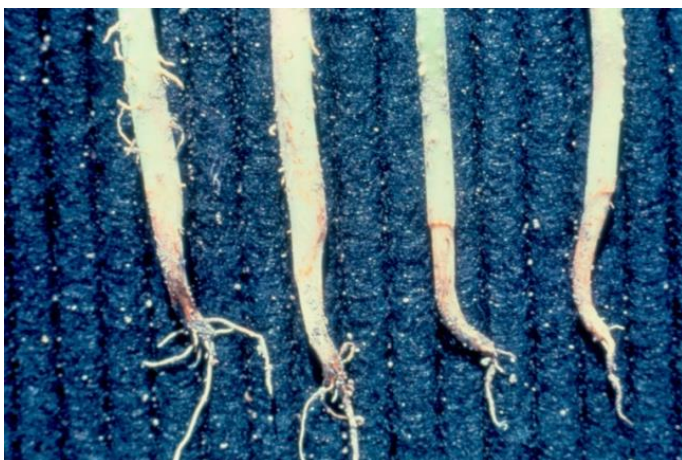


Figura 56. Lesiones causadas por *Pythium* sp. en la base del tallo
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 57. Tallo afectado por *Pythium* sp.
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).



Figura 58. Tallo afectado por *Pythium* sp.
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

El control preventivo de la pudrición por *Pythium* sp. se debe orientar a la siembra en suelos bien drenados, ampliar las distancias de siembra y favorecer una buena aireación dentro del cultivo. El aporque oportuno de plantas afectadas por la enfermedad favorece la emisión de raíces en la parte superior de la región afectada

y la recuperación de las plantas (Tamayo y Londoño, 2001). Algunos productos químicos que disminuyen la severidad de la enfermedad son Ridomil Gold MZ 68 WP® (Metalaxyl + Mancozeb) (3,75 g/l), Sideral SL® (Propamocarb) (0,5 a 1,0 cm³/l) y Orthocide 50%® (Captan) (1,0 g/l) (Tamayo y Londoño, 2001).

Enfermedades causadas por virus

Virus del mosaico común del fríjol (VMCF), Bean Common Mosaic Virus (BCMV)

El virus del mosaico común del fríjol (VMCF o BCMV) es la enfermedad viral más importante del cultivo en zonas de clima cálido, medio y frío moderado en Colombia (Tamayo y Castaño, 1991; Tamayo y Arias, 1992; Tamayo et al., 1993).

El virus es transmitido por áfidos o pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*) (Tamayo, 1991). Cuando los áfidos o pulgones (figura 59) se alimentan de plantas enfermas, adquieren el virus con rapidez y en pocos segundos lo transmiten a las plantas sanas. Sólo unas pocas plantas de fríjol enfermas al inicio del cultivo son suficientes para que los áfidos o pulgones infecten las restantes. La enfermedad también se transmite por la semilla. Si la infección por el virus ocurre en plantas de fríjol jóvenes, se aumenta el porcentaje de semillas que transmiten el virus (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 59. Áfido vector del virus del mosaico común del fríjol

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Los síntomas más evidentes se presentan en las hojas, donde se observa el síntoma de mosaico, consistente en la presencia de parches de color verde oscuro a lo largo

de las nervaduras, mientras que el fondo de la hoja muestra color verde claro (figura 60) (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 60. Hojas con síntomas causados por el virus del mosaico común del fríjol
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

También se puede presentar enroscamiento y alargamiento de las hojas, presencia de ampollas y deformaciones en su superficie (figura 61).



Figura 61. Planta de fríjol afectada por el virus del mosaico común del fríjol
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Las plantas de fríjol afectadas por el virus del mosaico común reducen su crecimiento, parecen mal nutridas o con deficiencias (amarillentas) y disminuyen su rendimiento (Tamayo y Londoño, 2001). Cuando la infección proviene de la semilla infectada, las plantas de fríjol muestran un mosaico tenue en las hojas primarias y deformación de los trifolios poco después de la emergencia (figura 62) (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 62. Mosaico tenue en hojas primarias y deformación a causa del virus del mosaico común del fríjol

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

En zonas donde la incidencia del insecto vector es muy baja, se puede reducir la presencia de la enfermedad mediante la siembra de semilla libre del virus, ya que así se disminuye el riesgo de que la enfermedad se presente desde el inicio del cultivo (Tamayo, 2001). Cultivos de fríjol asociados con maíz tienen una menor incidencia de la enfermedad que cuando el fríjol se siembra en monocultivo (Londoño y Tamayo, 1995).

El control químico de los áfidos o pulgones no es recomendable porque éstos insectos adquieren y transmiten el virus en menos de un minuto. En zonas donde la enfermedad se presenta con frecuencia, se deben evitar las siembras escalonadas de fríjol y se debe recurrir a la definición de épocas de siembra (Tamayo y Londoño, 2001).

Enfermedades causadas por nematodos

Nematodos del nudo, *Meloidogyne*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla*

Los nematodos del nudo presentan una amplia distribución en todas las zonas productoras de fríjol de Colombia. La importancia y los daños por los nematodos del nudo pasan desapercibidos y, por lo general, se atribuyen a otras causas. Estos organismos afectan gran cantidad de plantas cultivadas y facilitan o predisponen a las plantas de fríjol al ataque por otros patógenos que causan pudriciones radicales (Tamayo y Londoño, 2001).

Las plantas de fríjol afectadas por los nematodos del nudo pueden mostrar retraso en el crecimiento, clorosis y marchitez temporal en épocas secas o calurosas. Los

síntomas más claros y visibles se observan como agallas o nudos en las raíces primarias y secundarias (figura 63).



Figura 63. Raíces de frijol afectadas por *Meloidogyne* spp.

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Cuando las infecciones son severas, la raíz se deteriora y se reduce la toma de agua y nutrientes, lo que ocasiona reducción en la producción. Los daños o nudos causados por *Meloidogyne* spp. no se deben confundir con los nódulos causados por las bacterias benéficas fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* spp. (figura 64) (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 64. Nódulos causados por bacterias fijadora de nitrógeno *Rhizobium* spp. en raíces de frijol

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

En los ataques por *Meloidogyne* spp. se forman nudos o agallas que deforman ambos lados de la raíz y hacen parte de la misma, mientras que en las infecciones por *Rhizobium* spp., los nódulos se encuentran adheridos a un lado de la raíz y se desprenden con facilidad (Tamayo y Londoño, 2001).

Las medidas de control se orientan a rotar el fríjol con cultivos menos susceptibles, como pastos y cereales, y realizar un control frecuente de malezas, ya que la mayoría de ellas también son afectadas por los nematodos del nudo. Se recomienda fertilizar con grandes cantidades de materia orgánica y la siembra en rotación y/o incorporación al suelo de cultivos como la Rosa Amarilla o Flor de Muerto (*Tagetes* sp.) o el Cascabelillo (*Crotalaria* sp.) para reducir las poblaciones de *Meloidogyne* spp. y otros nematodos. La efectividad de esta práctica varía de acuerdo con la especie del nematodo y el tipo de cultivo utilizado. La aplicación de algunos aislamientos de los hongos antagonistas al suelo, como *Verticillium chlamydosporium*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* han logrado reducir las poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne* spp. (Tamayo y Londoño, 2001)

El control químico puede ser efectivo cuando se realiza en suelos cuyo contenido de materia orgánica sea menor a 3%. Se recomienda aplicar nematicidas, como Furadan 3 GR® (Carbofuran) (20 a 30 kg/ha) en banda al surco en el momento de la siembra para reducir las poblaciones de nematodos del nudo (Tamayo y Londoño, 2001).

Plagas

Chiza, mojoyoy, *Phyllophaga obsoleta*, *Ancognatha scarabaeoides*

La chiza o mojoyoy (figura 65) es una larva (gusano) que ataca las raíces del fríjol, lo que causa retraso en el crecimiento y pérdida de plantas durante los primeros estados de desarrollo del cultivo. Las grandes poblaciones de la chiza (5 a 6 larvas/m²) en la época de llenado de vainas producen severas reducciones en el rendimiento del fríjol. Las plantas afectadas reducen el número de raíces secundarias y, en ocasiones, se observan daños en los tallos. Cuando la chiza se establece en un campo cultivado se deben tomar todas las precauciones para evitar que las poblaciones aumenten hasta causar pérdidas económicas significativas (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 65. Larva de chiza

Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

La estrategia de control, biológico o químico, se establece a mediano y largo plazo, dependiendo de las condiciones del cultivo. El control biológico se puede realizar con el hongo *Metarrizhium anisopliae*, la bacteria *Bacillus popilliae* o con el nematodo *Steinernema carpocapsae*. Estos microorganismos se encuentran en forma natural en los suelos donde se presentan los daños. También existen formulaciones comerciales de algunos de estos organismos que se pueden aplicar al suelo para que, con el tiempo, se establezcan en el lote y vayan reduciendo las poblaciones de la plaga. La utilización de trampas de luz en los alrededores de los campos de frijol permite capturar los "cucarrones marceños" que son los insectos adultos que colocan los huevos, disminuyendo así la cantidad de huevos y larvas de chizas en el futuro (Tamayo y Londoño, 2001).

Insecticidas como Furadan 3 GR® (Carbofuran) (20 a 30 kg/ha) o Eltra 48 EC® (Carbosulfan) (2,5 a 3,0 l/ha) reducen los daños por la chiza cuando se aplican al surco en el momento de la siembra. En algunos casos, cuando la población de chizas en el suelo es alta (2 larvas/m²) se recomienda repetir la aplicación de Furadan 3 GR® (Carbofuran) o de Eltra 48 EC® (Carbosulfan) en el momento del aporque (Tamayo y Londoño, 2001).

Tierreros, trozadores, *Agrotis ipsilon*, *Spodoptera frugiperda*

Los daños por tierreros o trozadores se presentan durante las primeras semanas después de la siembra. Por lo general, los gusanos trozadores atacan en focos y

causan pérdidas altas al trozar o cortar las plantas de frijol si no se detectan a tiempo. Producen el daño durante la noche y se pueden localizar junto a la base de la planta cortada cuando se escarba el suelo (Tamayo y Londoño, 2001).

Cuando las plantas son atacadas por los trozadores o tierreros en las primeras semanas después de la siembra, se evidencia marchitamiento y muerte repentina de la planta. El daño se diferencia del causado por hongos porque en la raíz o tallo se observa la superficie roída o cortada por estos insectos, mientras que en los daños causados por hongos hay manchas o lesiones de color marrón o rojizo a lo largo de los tallos y/o en las raíces (Tamayo y Londoño, 2001).

Teniendo en cuenta que los ataques de tierreros y trozadores se presentan en focos (agrupados), se recomienda el uso de cebos tóxicos en las áreas afectadas, utilizando una mezcla de Profitox SP 80® (Triclorfon), 50 g; salvado de maíz, 5 kg; melaza, 100 cm³; agua, 1 l, aplicada en la base de las plantas y en horas de la tarde. Sólo se justifica la aplicación de insecticidas, como Lorsban 4 EC® (Clorpirifos) (2,0 cm³/l), si el ataque es generalizado y si hay más de 5% de plantas trozadas por m lineal. Una buena preparación del suelo y una recolección de los residuos de cosecha del cultivo anterior, donde se esconden los tierreros y trozadores, ayudan a disminuir los ataques por esta plaga (Tamayo y Londoño, 2001).

Crisomélidos, diabróticas, cucarroncitos de las hojas, *Diabrotica balteata*, *Cerotoma* sp.

Los cucarroncitos, crisomélidos o diabróticas son insectos que se reconocen por la variedad de sus colores. Comen hojas en los primeros estados de desarrollo del cultivo y transmiten enfermedades virales. Las poblaciones de cucarroncitos aumentan durante el verano (Tamayo y Londoño, 2001).

Sólo se justifica su control cuando se observan cuatro adultos por planta de frijol en la primera semana de edad del cultivo o durante la floración, en cuyo caso se recomienda la aspersion con insecticidas, como Roxion 40 EC® (Dimetoato) (1 a 2 cm³/l), Basudin 600 EC® (Diazinon) (1,0 cm³/l) o Sevin 80 WP® (Carbaril) (3 g/l). En otros estados de desarrollo, las plantas de frijol se recuperan del ataque por estos cucarroncitos, por lo que no se justifica su control químico (Tamayo y Londoño, 2001).

Minador, tostón, *Liriomyza huidobrensis*, *Hemichalepus* spp.

El daño por el minador de las hojas se reconoce porque las pequeñas larvas (gusanitos) forman túneles serpenteados en las hojas, a lo largo de las nervaduras principales y secundarias. Es común encontrar las pupas del minador en los túneles de las nervaduras. El ataque se inicia en las hojas inferiores o más viejas y puede alcanzar la parte superior de la plántula (Tamayo y Londoño, 2001).

Los ataques por el minador del género *Liriomyza* sp. se confunden con los causados por la antracnosis; es muy importante diferenciar los daños por el insecto de los de la enfermedad. Los ataques por las larvas del minador *Liriomyza* sp. se localizan a lo largo de las nervaduras, son de color rojo claro y transparentes cuando se observan a trasluz, mientras que los síntomas de la antracnosis son lesiones de color rojo fuerte en las nervaduras y no son transparentes (Tamayo y Londoño, 2001).

Existe otro tipo de daño, causado por un minador del género *Hemichalepus* sp., el cual es también llamado tostón; se reconoce porque las larvas forman túneles redondos o circulares en forma de ampolla. En muy pocas ocasiones los daños por el minador *Hemichalepus* sp. son de importancia económica y, por lo general, no requieren la adopción de medidas de control (Tamayo y Londoño, 2001).

El control químico de los minadores es muy difícil porque las larvas que hacen el daño se encuentran muy protegidas en los túneles y escapan del ataque de parásitos, así como de la acción de los insecticidas; además, la mayoría de los insecticidas carecen de efectividad contra los minadores. Cuando existe un historial de ataques de minador en la zona, se recomienda la aplicación de Furadan 3 GR® (Carbofuran) (20 a 30 kg/ha), al lado de la semilla en el momento de la siembra. Productos comerciales, como Basudin 600 EC® (Diazinon) (1 cm³/l), Eltra 48 EC® (Carbosulfan) (1,25 cm³/l), Latigo EC® (Clorpirifos + Cipermetrina) (2,5 cm³/l), Vertimec 1,8% EC® (Abamectina) (0,25 cm³/l), también son efectivos en el control de los minadores (Tamayo y Londoño, 2001).

Trips, *Thrips palmi*, *Frankliniella* sp.

Los trips son insectos muy pequeños; los adultos miden de 1 a 2 mm, son de color amarillo y tienen gran movilidad. Viven principalmente en el envés de las hojas, pero también se localizan en el haz, donde chupan la savia de las plantas, dañando las hojas. Las mayores poblaciones de trips se presentan en condiciones de verano y se

localizan a lo largo de las nervaduras de las hojas bajas del fríjol; pueden atacar la planta desde los primeros estados de desarrollo del cultivo. Además de atacar las hojas, también dañan las flores y las vainas, pues causan raspaduras que se necrosan, dándole una apariencia marrón o parda a las partes afectadas (Tamayo y Londoño, 2001).

Los trips tienen enemigos naturales, como *Chrisoperla externa* que consume larvas y ninfas; en cultivos cercanos a malezas, es frecuente encontrar los huevos de este predador de trips. El manejo de los trips está orientado a mantener poblaciones no mayores de 9 a 10 adultos o ninfas por folíolo (Tamayo y Londoño, 2001).

Cuando se requieren controles químicos, los insecticidas Cazador 80 WG® (Fipronil) (0,25 g/l), Confidor SC 350® (Imidacloprid) (0,5 cm³/l), Sunfire 24 EC® (Clorfenapir) (0,5 cm³/l) o Tracer 120 SC® (Spinosad) (0,3 cm³/l) son de utilidad en el manejo de esta plaga (Tamayo y Londoño, 2001).

Áfidos, pulgones, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*

Los áfidos o pulgones son insectos muy pequeños que chupan la savia de las plantas de fríjol y que, además, transmiten enfermedades virales. En fríjol predominan los áfidos o pulgones de color oscuro, pero también se observan pulgones de color verde o amarillo (Tamayo y Londoño, 2001).

Debido a que las hembras de pulgón no necesitan aparearse con el macho para reproducirse, en pocos días se observan poblaciones muy altas que se localizan en el envés de las hojas formando colonias. En una colonia se pueden encontrar áfidos sin alas o con alas; estos últimos son los que transmiten el virus del mosaico común del fríjol de una planta a otra. Aunque las poblaciones de áfidos alados sean muy bajas, su capacidad de transmitir el virus es muy alta (Tamayo y Londoño, 2001). Son muy abundantes en verano pero poseen gran cantidad de enemigos naturales, como las mariquitas (coccinélidos) y las avispas (*Polystes* sp.).

Cuando sea necesario reducir las poblaciones de los áfidos o pulgones, se puede usar Confidor SC 350® (Imidacloprid) (0,5 cm³/l), Roxion 40 EC® (Dimetoato) (1 a 2 cm³/l), Malation 57%® (Malathion) (2 cm³/l) o Agroil-100® (extractos de plantas y aceites emulsificantes) (4,0 cm³/l) (Tamayo y Londoño, 2001).

Lorito verde, salta hojas, *Empoasca kraemeri*

El lorito verde es una plaga abundante y de importancia en épocas de verano, cuando sus poblaciones aumentan y pueden llegar a afectar con severidad el cultivo. El lorito verde, que es el estado adulto, es un insecto muy pequeño que chupa la savia de la planta; es muy frecuente en los primeros estados de desarrollo del cultivo (Tamayo y Londoño, 2001).

Tanto los adultos como los estados inmaduros, llamados ninfas, prefieren el envés de las hojas, en donde causan deformación y enroscamiento. Cuando los ataques son severos en las hojas terminales se retrasa el crecimiento y se produce el achaparramiento de la planta (Tamayo y Londoño, 2001). La planta de fríjol es más sensible al ataque del lorito verde durante la floración y se considera que 2 a 3 ninfas por hoja son suficientes para tomar decisiones de control.

La rotación de cultivos y la siembra en épocas lluviosas disminuye la incidencia del lorito verde. El uso de coberturas de paja reduce las poblaciones de la plaga y contribuye a su control. Si se siembra en épocas secas, se debe aplicar Furadan 3 GR® (Carbofuran) (20 a 30 kg/ha) al momento de la siembra. Si después de establecido el cultivo la población de ninfas es alta, se recomienda la aplicación foliar del insecticida Roxion 40 EC® (Dimetoato) (1 a 2 cm³/l) o de Latigo EC® (Clorpirifos + Cipermetrina) (2,5 cm³/l) (Tamayo y Londoño, 2001).

Ácaros, *Polyphagotarsonemus latus*, *Tetranychu ssp.*

Los ácaros predominan en épocas calurosas y secas; atacan en época de floración y formación de vainas, ocasionando un leve necrosamiento superficial de la hoja, lo que le da una apariencia rojiza a la lámina foliar. Las hojas se enroscan levemente hacia arriba y pierden su brillo normal. En ocasiones, los tejidos afectados se cubren de una telaraña que se puede observar a simple vista. En veranos prolongados y con altas poblaciones de ácaros, las hojas reducen su tamaño y con frecuencia se deforman (Tamayo y Londoño, 2001).

Por lo general, no se requiere control; sin embargo, cuando el ácaro se presenta desde inicios del cultivo de fríjol y predominan condiciones de sequía, se recomienda la aspersión de productos químicos, como Elosal 720 SC® (Azufre) (3,0 cm³/l), Omite 6 E® (Propargite) (0,5 a 1,0 cm³/l), los cuales son efectivos en el control de *Tetranychus sp.*, mientras que productos como Vertimec 1,8% EC®

(Abamectina) (0,25 cm³/l) o Sunfire 24 EC® (Clorfenapir) (0,5 cm³/l) son productos de amplio espectro (Tamayo y Londoño, 2001).

Mosca blanca, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*

La mosca blanca es un insecto frecuente y abundante en épocas de sequía. Al frijol lo atacan dos especies de mosca blanca: la especie *Bemisia tabaci* predomina en climas cálidos, mientras que la especie *Trialeurodes vaporariorum* predomina en zonas de clima frío moderado. Los adultos de la mosca blanca (figura 66) chupan la savia de las plantas. La mosca blanca que predomina en zonas cálidas transmite el virus del mosaico dorado del frijol. Las pupas de la mosca blanca y otros estados inmaduros (huevos y ninfas) se localizan en el envés de las hojas bajas y también chupan la savia de las plantas (Tamayo y Londoño, 2001).



Figura 66. Adulto de mosca blanca
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Cuando las poblaciones son abundantes, se forma un moho oscuro, llamado fumagina que cubre gran parte de la vaina o la hoja, provoca clorosis y, en casos extremos, la caída de las hojas. La gran cantidad de adultos de mosca blanca causa alarma, pero esta plaga posee muchos enemigos naturales, como avispas del género *Amitus* sp. que regulan sus poblaciones (Tamayo y Londoño, 2001). También existen hongos, como *Lecanicillium lecanii* que hacen lo mismo. El uso excesivo de fungicidas e insecticidas reduce el número de enemigos naturales y las poblaciones de los insectos plaga se aumentan considerablemente, lo que, en algunos casos, hace necesario el control (Tamayo y Londoño, 2001).

En zonas donde la plaga es muy frecuente, la aplicación de Furadan 3 GR® (Carbofuran) (20 a 30 kg/ha) en la siembra reduce la cantidad de mosca blanca en el cultivo (Tamayo y Londoño, 2001).

Gusano cogollero, perforador de la vaina, *Epinotia aporema*

El gusano cogollero es una plaga de reciente importancia en cultivos de fríjol en diferentes zonas productoras de Colombia. Esta plaga inicia sus ataques durante el estado vegetativo y son más severos en época de prefloración y floración. Las larvas, de color crema, con patas y cabeza bien definidas, ocasionan el daño en los tallos y puntos de crecimiento (cogollos) del fríjol, donde forman una hinchazón o abultamiento de consistencia dura. En el interior del tallo se localiza la larva que poco tiempo después de alimentarse, se desplaza a los tejidos foliares, donde pega las hojas y se protege entre ellas, para luego atacar las flores (Tamayo y Londoño, 2001). Cuando el gusano cogollero agota su alimento foliar y está más grande, ataca las vainas recién formadas y actúa como su perforador. Las perforaciones que realiza esta larva en las vainas favorecen su pudrición y el deterioro de la calidad de las semillas. Si no se realiza un adecuado control de esta plaga cuando actúa como cogollero, las pérdidas son altas por la pudrición parcial de las vainas y por el deterioro de los granos y/o semillas (Tamayo y Londoño, 2001).

El control se debe realizar en época de floración. Productos biológicos, como Dipel 2X® (*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, 32.000 unidades) (1,5 g/l) ofrecen buen control de la plaga. Productos químicos, como Orthene 75%® (Acefato) (1 g/l) o Sevin 80 WP® (Carbaril) (3 g/l), han mostrado buenos resultados en el control del gusano cogollero del fríjol (Tamayo y Londoño, 2001).

Barrenador del cogollo, *Dasiops* sp.

Muchos de los daños causados por el barrenador del cogollo (*Dasiops* sp.) han sido atribuidos al gusano cogollero o perforador de las vainas (*Epinotia aporema*). Las larvas (gusanos) del barrenador (del tallo o) del cogollo son de color amarillo y sin patas y se localizan en los puntos de crecimiento (cogollos) del fríjol, ocasionando síntomas de flacidez y necrosis apical. Por lo general, el tejido afectado se dobla y se pudre de forma progresiva (Tamayo y Londoño, 2001).

En ataques severos se recomienda el uso de productos químicos, como Orthene 75%® (Acefato) (1 g/l) (Tamayo y Londoño, 2001).

Gorgojo, *Acanthoscelides obtecus*, *Zabrotes subfasciatus*

El gorgojo del fríjol almacenado es una plaga de importancia en la mayoría de las regiones productoras de fríjol de Colombia. Los gorgojos son de color gris, café (figura 67) o negro. La larva atraviesa el grano y se desarrolla en el interior del mismo (Tamayo y Londoño, 2001).

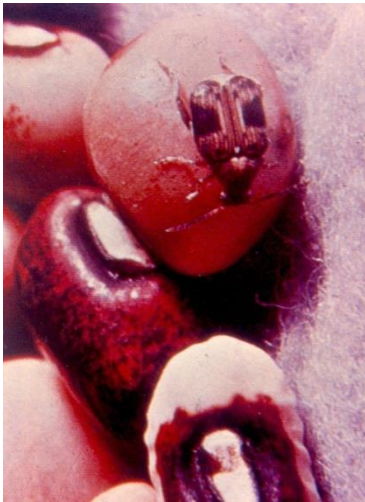


Figura 67. Gorgojo afectando granos almacenados
Fuente: Tamayo PJ, Londoño ME (2001).

Para su control, se recomienda dejar el fríjol almacenado sin desgranar por cortos períodos. Para el control químico de los gorgojos en almacenamiento se recomienda Dragnet® (Permetrina) (5 cm³/l), rociado en sacos, pisos y paredes de la bodega.

Capítulo VII

Manejo de arvenses

Las leguminosas, a diferencia del maíz, sorgo y otros cereales, tienen un crecimiento muy lento, lo que es una desventaja al hacerlas vulnerables a la competencia de las malezas por luz, agua y nutrientes (Sheuche, 1984). Entre las arvenses más comunes que se presentan en los cultivos de clima frío están: Nudillo, Cargamanto, Mastuerzo, Cerraja, Rábano, Cadillo, Yerbamora y Corazón negro (Amaya et al., 1986).

Córdoba y Casas (2003) afirman que las malezas pueden ocasionar pérdidas de entre 15% y 97% en los rendimientos del cultivo de frijol y afectar la producción por reducción de la calidad del frijol, debida a contaminación con semillas de otras especies y residuos de plantas. Algunas especies de arvenses pueden, en algunos casos, ejercer una inhibición química (alelopatía) del desarrollo de los cultivos, lo que impide su desarrollo normal (Córdoba y Casas, 2003).

También sirven de hospedantes para plagas y patógenos, obstaculizan las labores del manejo agronómico y de cosecha, causan problemas en granos almacenados cuando semillas de arvenses inmaduras se almacenan junto con los granos de frijol, los cuales se pueden fermentar y/o descomponer, reduciendo la calidad del grano (CIAT, 1980).

A pesar de lo anterior, autores como Peláez y Ríos (1999) plantean que es conveniente mantener libres de malezas los sitios donde se siembra el frijol, mas no las calles, ya que éstas se pueden manejar con una cobertura de malezas a una altura moderada, con el fin de favorecer la presencia de los insectos benéficos que pueden servir para regular las poblaciones de insectos plaga.

Algunos de los métodos de control de arvenses son hacer uso de semillas limpias como método preventivo, así como hacer limpieza de bordes de los cultivos y efectuar detección temprana de infestación de arvenses antes de que produzcan semilla, con el fin de evitar su propagación (CIAT, 1980).

Como método cultural se recomienda usar coberturas vegetales, como el mulch, o coberturas de suelo que pueden ser de cascarilla o paja de arroz, tallos de maíz u otros. La finalidad de este método es impedir el paso de luz y así evitar el desarrollo de las malezas (CIAT, 1980). También se recomienda realizar prácticas, como

fertilización, preparación del terreno, rotación de cultivos, empleo de variedades mejoradas, adecuadas densidades de siembra y apropiado control de plagas y enfermedades. Estas prácticas, hechas de forma adecuada y en el momento oportuno, aseguran el desarrollo de cultivos vigorosos, capaces de competir con las arvenses. En el cultivo de frijol, el aporque es una práctica cultural recomendable para el control de malas hierbas (Amaya et al., 1986).

Para el control mecánico se hace uso de herramientas como el machete, azadón y otras máquinas diseñadas para cortar, arrancar o enterrar las malezas, lo cual conduce a su secamiento.

En cuanto al control químico, se contempla el uso de sustancias químicas (herbicidas) que impiden la germinación y el crecimiento de malas hierbas, ya sea en forma total o parcial, sin causar daño al cultivo. Su manejo es complejo y debe realizarse bajo la supervisión de un profesional y con las medidas de seguridad adecuadas (CIAT, 1980).

Capítulo VIII

Estructura de costos de producción del fríjol

A la hora de iniciar un cultivo de fríjol voluble, es necesario conocer los gastos en que se incurre durante su producción, con el fin de saber cuál será la ganancia neta y cuánto cuesta producir 1 kg de fríjol. Así pues, es necesario saber cuál es el área destinada a la siembra, la cantidad de semilla que se requiere y cuáles son los insumos necesarios para su adecuada producción.

Una vez que se ha seleccionado el lote y se conoce el área de éste y, dependiendo de la distancia de siembra que se utilice y el tamaño de la semilla, es fácil calcular el número de semillas a sembrar. Por ejemplo, para fríjol cargamanto 100 semillas pesan unos 70 g y si la distancia de siembra fuera de 0,40 m entre plantas y 1,4 m entre surcos, se requerirían 12,5 kg/ha.

Calculado el número de kg de semilla para sembrar, se puede estimar la cantidad de fertilizantes que se necesita aplicar, así como la cantidad de fibra, alambre y madera para realizar el tutorado y el número de empaques que se van a emplear. Al final, se estima el número de jornales requeridos para realizar cada actividad, desde la preparación del terreno, hasta la cosecha y empaque del fríjol.

Así pues, se recomienda llevar registro de todos los gastos y jornales que se utilizan en cada actividad del cultivo, anotados en una libreta; de esta manera, el agricultor puede determinar si gana o pierde dinero después de haber vendido su cosecha.

Para la elaboración de los costos de producción, como en la mayoría de las actividades agrícolas, se distinguen dos clases de costos: directos e indirectos. Los costos directos son aquellos gastos que se relacionan de forma directa con el cultivo, como es la mano de obra, el valor de los insumos y el valor de los jornales. Los costos indirectos son los que se relacionan con el cultivo, pero de manera indirecta, como los gastos de administración, arriendo de terreno, maquinaria, etc. Para entender mejor el cálculo de los costos de producción, es necesario entender los siguientes términos:

Costo unitario de producción. Teniendo los costos totales de producción se puede calcular el costo de producción de 1 kg de fríjol, dividiendo los costos totales por los kg de fríjol producido.

Ingreso bruto. Es el valor de la producción y se calcula multiplicando el total de los kg producidos por el precio de venta de 1 kg de frijol.

Costos implícitos. Son conocidos también como costos de oportunidad y tienen que ver con opciones alternativas de ganancia, o dinero que deja de percibirse al realizar ciertas acciones comerciales; un claro ejemplo es el uso de mano de obra familiar que no es pagada.

Costos explícitos. Son los que se ven de manera ordinaria y son fáciles de identificar. Aun cuando puedan presentar alguna complicación para su determinación, es posible identificarlos, gracias a las propias actividades realizadas en la producción. Algunos ejemplos son: los jornales pagados en la preparación del terreno, siembra, cosecha, etc.

Utilidad bruta. Equivale al valor de la producción menos los costos explícitos. Es un indicador de cuáles son las ganancias obtenidas al vender la producción.

Rentabilidad. Es el valor de los ingresos netos menos el costo total. Es un índice que mide la relación entre la utilidad o la ganancia obtenida y la inversión o los recursos que se utilizaron para obtenerla.

Ejemplo. Estimación de los costos de producción para frijol voluble (seco)

La estimación de costos que se presenta a continuación proviene de información primaria -del productor-, no existe fuente de verificación y es ex ante o anterior a cualquier recomendación tecnológica y estudios de suelo, por lo cual podría presentar algún tipo de sesgo. Además, está sujeta a las diferentes condiciones agrobiodiversas de la zona donde se desee cultivar y a la eficiencia del productor para realizar cada una de las actividades encaminadas a la producción de frijol seco.

Notas aclaratorias:

- Aunque es un cultivo desarrollado por una familia, la tierra es arrendada y tiene características comerciales (inversión).
- Se tiene el supuesto de que los recursos de la inversión están disponibles para el productor. Esto es, que no accede a recursos de crédito, por lo que no genera costos financieros.

- Los valores que se otorgan a esta estimación de costos se relacionan con valores corrientes para 2013.
- Los valores que se confieren a los costos implícitos no han consultado procesos contables de depreciación.
- El precio de venta de 1 kg de frijol voluble cargamanto blanco ombligoamarillo dado para esta estimación de costos de producción, corresponde al valor entregado por el mercado local del municipio de El Carmen de Viboral (Antioquia) para el año 2013 (Información primaria -productor-).
- El precio de venta del frijol voluble cargamanto rojo es ligeramente inferior al del cargamanto blanco ombligoamarillo.

Información del cultivo

Variedad: cargamanto blanco ombligoamarillo.

Área: 15.000 m² = 1 ½ ha.

Arreglo: frijol solo o en espaldera.

Distancia de siembra: 1,10 m entre surcos y 40 cm entre plantas.

Información de la localidad

Municipio: Carmen de Viboral.

Vereda: Betania.

Altitud: 2.150 msnm.

Bosque húmedo montano bajo (bh-MB).

Humedad relativa: 70%-85%.

Tabla 12. Estimación de costos para fríjol cargamanto ombligoamarillo

Ítem	Concepto	Unidad	Cantidad para 15.000 m ²	Valor	Cantidad estimada para 1 ha (10.000 m ²) Igual precio	Valor subtotal/ha
MANO DE OBRA						
1	Preparación de terreno (limpia, encallado y rayado)	jornal	9,5	\$ 26.000	6	\$ 164.749
2	Siembra (aplicación de correctivos, fertilizantes y materia orgánica)	jornal	13,2	\$ 26.000	9	\$ 228.914
3	Enfibrada, clavada de envaradera y tutorado del fríjol	jornal	38,6	\$ 26.000	26	\$ 669.401
4	Aporque	jornal	30,4	\$ 26.000	20	\$ 527.197
5	Control fitosanitario	jornal	30,5	\$ 26.000	20	\$ 528.931
6	Cosecha	jornal	60	\$ 26.000	40	\$ 1.040.520
7	Poscosecha					
7.1	Secado del grano	jornal	8	\$ 26.000	5	\$ 138.736
7.2	Desgrane (manual)	jornal	4,5	\$ 26.000	3	\$ 78.039
7.3	Limpieza-selección (maquillaje)	jornal	3	\$ 26.000	2	\$ 52.026
7.4	Empaque	jornal	3,5	\$ 26.000	2	\$ 60.697
7.5	Almacenamiento	jornal	2	\$ 26.000	1	\$ 34.684
SUBTOTAL MANO DE OBRA			203,2	\$ 26.000	136	\$ 3.523.894
COSTO DE LOS INSUMOS						
1	Semilla	kg	42	\$ 5.500	28,01	\$ 154.077
2	Athrín®	¼ kg	1	\$ 22.000	0,67	\$ 14.674
3	Babosín®	lb	22	\$ 3.200	14,67	\$ 46.957
4	Tumbador®	l	1	\$ 85.000	0,67	\$ 56.695
5	Terrasorb®	l	1	\$ 22.000	0,67	\$ 14.674
6	Profizeb®	kg	3	\$ 8.000	2,00	\$ 16.000
7	Fibra	rollo	23	\$ 8.500	15,34	\$ 130.399

Continua...

							Continuación
8	Abonaza	bulto	60	\$ 11.500	40,02	\$ 460.230	
9	13-26-6	bulto	13	\$ 70.000	8,67	\$ 606.970	
10	Antracol®	sobre	26	\$ 13.500	17,34	\$ 234.117	
11	Profizeb®	kg	13	\$ 8.000	8,67	\$ 69.368	
12	Imidacloprid	1/2 l	2	\$ 44.000	1,33	\$ 58.696	
13	Arrivo®	l	2	\$ 18.000	1,33	\$ 24.012	
14	Divino®	l	6	\$ 57.000	4,00	\$ 228.114	
15	Odeon®	l	12	\$ 23.500	8,00	\$ 188.094	
16	Agrotin®	l	14	\$ 13.500	9,34	\$ 126.063	
17	Cormorán®	l	1	\$ 19.000	0,67	\$ 12.673	
18	Monitor®	l	1	\$ 22.000	0,67	\$ 14.674	
19	Pegante	l	1	\$ 14.000	0,67	\$ 9.338	
20	Nufus®	l	9	\$ 19.000	6,00	\$ 114.057	
21	Nativo®	l	2	\$ 14.000	1,33	\$ 18.676	
22	Envarada	vara de madera de 2 m	5.000	\$ 1.000	3.335,00	\$ 3.335.000	
INSUMOS DE POSCOSECHA							
1	Empaques	costal	69	\$ 350	46,02	\$ 16.108	
SUBTOTAL INSUMOS						\$ 5.949.665	
ALQUILER Y/O ARRENDAMIENTO DE BIENES Y SERVICIOS A TERCEROS							
1	Arriendo tierra lote-finca de 1,5 ha (por el ciclo del cultivo = 7 meses)	mes	7	\$ 107.143	\$ 71.464	\$ 500.250	
2	Transporte de insumos desde el centro urbano a la finca	viaje contratado	2	\$ 45.000	\$ 30.015	\$ 60.030	
3	Transporte de la cosecha de la finca al acopio-centro urbano	viaje contratado	2	\$ 55.000	\$ 36.685	\$ 73.370	
SUBTOTAL ALQUILER Y/O ARRENDAMIENTO DE BIENES Y SERVICIOS A TERCEROS						\$633.650	
Continua...							

						Continuación
ESTIMACIÓN COSTOS IMPLÍCITOS (CAPACIDAD INSTALADA DEL PRODUCTOR)						
1	Mano de obra familiar y no contratada para el producto (1)	jornal	23,5	\$ 26.000	\$ 17.342	\$ 407.537
2	Capacitación en sistemas productivos (2)					
3	Producción para autoconsumo (3)					
4	Vigilancia (4)	mes	1	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000
5	Servicios públicos: agua, energía eléctrica, saneamiento básico (5)	hora	6,5	\$ 83	\$ 56	\$ 361
6	Bodegaje (6)	mes	7	\$ 80.000	\$ 80.000	\$ 560.000
7	Administrativos y financieros (7)	mes	7	\$ 21.429	\$ 21.429	\$ 150.003
8	Cercado del lote (8)					
INSUMOS DE CULTIVO Y COSECHA						
1	Limas (9)	1 lima	2	\$ 4.800	\$ 1.400	\$ 2.800
2	Machetes (9)	1 machete	2	\$ 12.500	\$ 3.646	\$ 7.292
3	Picas (9)	1 pica	3	\$ 17.900	\$ 5.221	\$ 15.663
4	Azadones (9)	1 azadón	3	\$ 15.500	\$ 4.521	\$ 13.563
DOTACIÓN DE LA PLANTA DE BENEFICIO						
1	Mesones (en madera) (9)	mesa	1	\$ 120.000	\$ 120.000	\$ 120.000
MAQUINARIA						
1	Fumigadora (10)	día	14	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 196.000
SUBTOTAL COSTOS IMPLÍCITOS						\$ 1.623.218

(1) Mano de obra familiar (no pagada).

(2) Las capacitaciones en el sistema productivo son otorgadas por la Unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria, Umata, del municipio de El Carmen de Viboral.

(3) La producción destinada al autoconsumo para este análisis es de 0%; es decir, todo lo que se produce se vende.

(4) Mano de obra familiar (no pagada).

(5) Los costos por servicios públicos incurren principalmente en las actividades de poscosecha (limpieza y empaque).

(6) Los costos de bodegaje son los mismos, tanto para 1 ½ ha como para 1 ha.

(7) Mano de obra familiar (no pagada).

(8) El lote no se encuentra cercado; está englobado con otros lotes dentro de la finca.

(9) Valores sin depreciar.

(10) El número de veces que se utiliza la fumigadora depende de las diferentes condiciones agrobiológicas que afecten al cultivo.

Tabla 13. Indicadores

Descripción		Ingreso por producción de 10.000 m ²
INGRESO BRUTO	Cantidad producida (kg)	2.301
	Precio de venta en mercado local	\$ 3.500
	Precio por kg	
INGRESO BRUTO POR HECTÁREA		\$ 8.054.025
MARGEN BRUTO (ingreso bruto - costos explícitos)		
	COSTOS EXPLÍCITOS	
	SUBTOTAL MANO DE OBRA	\$ 3.523.894
	SUBTOTAL INSUMOS	\$ 5.949.665
	SUBTOTAL ALQUILER	\$ 633.650
	SUBTOTAL COSTOS EXPLÍCITOS	\$ 10.107.210
MARGEN BRUTO DE UTILIDAD		-\$ 2.053.185
	COSTOS IMPLÍCITOS	\$1.623.218
	COSTOS TOTALES	\$11.730.428
RENTABILIDAD		\$ 0

El cultivo no es viable en lo financiero ni en lo económico con la información suministrada, puesto que presenta una rentabilidad de \$ 0 y, en cambio, está generando pérdidas por \$ 2.053.185. Sin embargo, esta estimación de costos permite al productor tener claridad de cómo organizar los gastos en los que incurre para la producción de frijol seco; de esta manera, tendrá mayor claridad de cuáles son sus ganancias o pérdidas. Es de aclarar que esta rentabilidad de \$ 0 se presenta para este caso y condiciones particulares, pero puede ser diferente en otras condiciones de producción de frijol voluble. La relación costo-beneficio es 0.

Observaciones técnicas:

- Se requiere análisis fisicoquímico del suelo para estimar el tipo y cantidad de insumos a utilizar.
- Por ser un pequeño productor solo, los costos de insumos son más altos, ya que las medidas y empaques para la venta no se pueden tasar por unidad a producir.
- El pequeño productor se ve obligado a adquirir los insumos en cantidad y empaque comercial, lo que genera una sub-utilización de los mismos y posible pérdida por almacenamiento y/o vencimiento.

Bibliografía

- Álvarez GD, Buriticá P, Tamayo PJ. 1997. Hongos y bacterias asociadas a la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) producida por agricultores del Oriente Antioqueño. 60 pp. Resúmenes XVIII Congreso Nacional de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, ASCOLFI. Julio 30-Agosto 2 de 1997, CIAT. Palmira, Colombia, 137 pp.
- Amaya A, Miguel A, Pérez G, Vanegas F. 1986. Control de malezas-Deshierba. Boletín divulgativo. Diciembre de 1986. ICA, 4 pp.
- Anuario Estadístico del Sector Agropecuario y Pesquero. 2011. Resultado evaluaciones agropecuarias municipales. Dirección de política sectorial, Grupo Sistemas de información. Bogotá.
- Arias JH, Jaramillo M, Rengifo T. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble. Gobierno de Antioquia, MANA, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, FAO. Rionegro, 168 pp.
- Arias JH, Ríos JM, Monsalve JF. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores. Boletín divulgativo 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, 32 pp.
- Arias JH, Guzmán M. 2001. Evaluación y transferencia de tecnología para el manejo integrado del cultivo del frijol en el oriente antioqueño. Informe técnico 3. C.I. La Selva, Corpoica-Pronatta. Rionegro, 53 páginas.
- Bitocchi E, Nannia L, Belluccia E, Rossia M, Giardinia A, Spagnoletti ZP, Logozzob G, Stougaard J, McCleand P, Attene G, Papa R. 2011. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. PNAS. Italia, 9 pp.
- Cardona C, Flor A, Morales FJ, Pastor-Corrales M. 1982. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2ª. Ed. Cali, 100 pp.
- Castro C, Arcila L, Gómez M, Marín L. 2009. Perfil del suroeste. Dirección de Planeación Estratégica Integral. Medellín 152 pp.
- Catan A, Fleming J. 1956. The Response of Snap Beans to Irrigation at Different Growth periods. Arkansas Farm. Research (2) 3.
- CIAT. 1990. Informe Anual. Cali, 169-192 pp.
- CIAT. 1980. Manejo y control de las malezas en el cultivo de frijol. Guía de estudio. Cali, 72 pp.

- CIAT. 1994. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. Cali, 220 pp.
- Córdoba O, Casas H. 2003. Principales arvenses asociadas al cultivo de frijol en la región andina. Boletín técnico no. 20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Estación Experimental El Nus, San Roque, Antioquia, 40 pp.
- CORNARE. 2006b. La educación ambiental eje transversal en la gestión corporativa - experiencias y proyecciones-. Manuscrito inédito. Rionegro, 11 pp.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2000. Perfil del producto no. 8, abril-junio. Bogotá, 12 pp.
- CORPOICA, C.I. La Selva. 2001. Plegable de divulgación no. 10. Rionegro, 6 pp.
- Cortés MA. 1982. Suelos del departamento de Antioquia y su aptitud de uso. Subdirección Agrológica. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, 81 pp.
- Cuesta P, Mateus H, Barros J, Contreras A, Jiménez N, Vollandeda E, Rincón A, Vanegas M, Rodríguez G, Carrero G, Cajas S, Martínez J, Sánchez C. 2005. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos. Boletín técnico 1. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias. Bogotá, 108 pp.
- Debouck D, Hidalgo R. 1985. Morfología de la planta de frijol común. En: Marcelino López, Fernando Fernández y Aart van Sochoonhoven (comp). Frijol: investigación y producción PNUD/CIAT. Cali, 49 pp.
- Espinal L. 1992. Los suelos del oriente antioqueño, un recurso no renovable. Citado por: Hermelin M. Medellín, 12 pp.
- FAOSTAT. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas 2002-2012, FAOSTAT-Producción agrícola, áreas cosechadas, rendimiento, consumo mundial, consumo per cápita, comercio, seguridad alimentaria, precios, recursos. En: <http://faostat.fao.org>; consulta: diciembre de 2013.
- FAOSTAT. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas 2012. FAOSTAT-Producción agrícola, áreas cosechadas, rendimiento, consumo mundial, consumo per cápita, comercio, seguridad alimentaria, precios, recursos. En: <http://faostat.fao.org>; consulta: diciembre de 2013.
- FAOSTAT. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas 2011. FAOSTAT-Producción agrícola, áreas cosechadas, rendimiento, consumo mundial, consumo per cápita, comercio, seguridad alimentaria, precios, recursos. En: <http://faostat.fao.org>; consulta: diciembre 2013.

- FAOSTAT. 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estadísticas 2009. FAOSTAT-Producción agrícola, áreas cosechadas, rendimiento, consumo mundial, consumo per cápita, comercio, seguridad alimentaria, precios, recursos. En: <http://faostat.fao.org>; consulta: diciembre 2013.
- FEDERACION NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALISTAS Y LEGUMINOSAS (Fenalce). 2010. Situación nacional del fríjol, Departamento de información económica y estadística. Cota, 34 pp.
- FEDERACION NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALISTAS Y LEGUMINOSAS (Fenalce). 2011. Situación actual y perspectivas del cultivo de fríjol, Departamento de información económica y estadística. Cota, 41 pp.
- FEDERACION NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALISTAS Y LEGUMINOSAS (Fenalce). 2004. Sensibilidades del sector cerealista y de leguminosas: Fríjol. Bogotá, 24 pp.
- Fernández F, Geptz P, López M. 1986. Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia, 34 pp.
- Fourel A. 1970. La judía verde: economía, producción, comercialización. INVUFLEC (Institut National de Vulgarisation pour les Fruits, Legumes et Champignons). Ed. Acribia DL. París, 134 pp.
- Gonzálvez V, Pomares F. 2008. Manual técnico fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad española de agricultura ecológica, SEAE. Valencia, 24 pp.
- Graham P, Ranilli P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research(53):1-3, July 1997, 131-146 pp.
- Hernández JC. 2009. Manual de recomendaciones técnicas cultivo de fríjol. San José de Costa Rica. 77 páginas.
- ICA. 1985. Plegable de divulgación no .195. Agosto. Rionegro, 6 pp.
- ICA. 1980. Plegable de divulgación no. 148. Marzo. Rionegro, 6 pp.
- ICA. 1985. Plegable de divulgación no. 166. Marzo. Rionegro, 6 pp.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2007. Suelos del departamento de Antioquia, tomos I y II. Subdirección Agrológica. Bogotá
- INSTITUTO NACIONAL DE ADECUACIÓN DE TIERRAS (INAT), CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (Corpoica). 1997. Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala. Manual de asistencia técnica no. 5. Bogotá, 174 pp.

- Laing D. 1979. Adaptación del fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.), curso intensivo de adiestramiento en producción de fríjol para las investigaciones en América latina. CIAT. Cali, 36 pp.
- Ligarreto G. 1999. Sistemas de siembra del cultivo de fríjol en Colombia. Artículo técnico. Revista ICA 26. Bogotá, 11 pp.
- Londoño M E, Tamayo P J. 1995. Poblaciones de áfidos en monocultivo y asocio de fríjol voluble con maíz. Revista Colombiana de Entomología (21):2. Rionegro, 81 pp.
- Marechal R. 2008. Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de fríjol canario cv. centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Citado por: Espinoza E. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de grado. Lima, 47 pp.
- Meneses R, Waaijemberg H, Pierola L. 1996. Las leguminosas en la agricultura Boliviana. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba, Bolivia, 424 pp.
- Mogollón O. 2008. Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de fríjol canario cv. centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Citado por: Espinoza E. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de grado. Lima, 47 pp.
- Muñoz AR. 1990. Características de los suelos y la fertilización del fríjol en Colombia. En: Curso Nacional de Fríjol. ICA. C.I. La Selva. Rionegro, 137 pp.
- Muñoz AR. 1985. Los suelos del departamento de Antioquia. Sus características físicas y químicas. Fertilización de los cultivos. Resumen de las investigaciones sobre suelos entre 1950 y 1985. Sección de Suelos Estación Experimental Tulio Ospina. Bello, 137 pp.
- Página oficial del municipio de Remedios. Antioquia, Colombia. En <http://remedios-antioquia.gov.co/index.shtml#4>; consulta: Junio de 2013.
- Pastor-Corrales MA, Otoya MM, Tamayo PJ. 1994. El patógeno de la antracnosis del fríjol posee una gran diversidad de razas en Colombia. Resúmenes XV Congreso Nacional de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, ASCOLFI. Agosto 31-Septiembre 2 de 1994. Santafé de Bogotá, Colombia, 150 pp.
- Peláez LG, Ríos MJ. 1999. Nuevos genotipos de fríjol voluble resistentes a la antracnosis para clima frío moderado en el departamento de Antioquia. Boletín técnico. C.I. La Selva, Corpoica-Pronatta. Rionegro, 40 pp.
- Ríos JM, Quirós JE, Arias JH. 2003. Fríjol: Recomendaciones generales para su siembra y manejo. Cartilla Ilustrada 2. Corporación Colombiana de

- Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva. Rionegro, 48 pp.
- Ríos MJ, Quirós DJ. 2002. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): Cultivo, beneficio y variedades. Boletín Técnico. Fenalce. Bogotá, 48 pp.
- Rípodas M. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. *alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirreyna-Huancavelica. Universidad Pública de Navarra. Perú, 109 pp.
- Roncancio D, Vega E, Herrera G, Castañeda Á. 1998. Guía para plantaciones forestales Antioquia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, CONIF; Ministerio del Medio Ambiente; Organización Internacional de Maderas Tropicales, OIMT. 1ª. ed., Bogotá, 41 pp.
- Sadra (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia). 2011. Acuerdo regional de competitividad. Cadena productiva de frijol en Antioquia. Medellín, 51 pp.
- Saña J, Moré JC, Cohi A. 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España, 277 pp.
- Schwartz C, Gálvez E, Schoonhoven A, Howler H, Graham H, Flor CA. 1978. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, 136 pp.
- Sheuche F. 1984. Factores de Producción en Leguminosa. Coordinador de trabajos en Perú del Programa de Frijol del CIAT. Lima, 79 pp.
- Singh S. 1999. Common vean improvement in the twenty first century. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 405 pp.
- Suárez PO. 1990. Producción de semilla de frijol de buena calidad con énfasis en el pequeño productor. Manual Técnico. ICA. Manizales, 37 pp.
- Tamayo PJ. 1991. Conozca y prevenga el ataque del virus del mosaico común del frijol. Plegable de Divulgación no. 234. ICA. El Carmen de Viboral, 6 pp.
- Tamayo PJ, Castaño M. 1991. Epidemia del virus del mosaico común del frijol en el oriente antioqueño. ASCOLFI Informa 17(5). Rionegro, 48 pp.
- Tamayo PJ, Arias JH. 1992. Distribución e incidencia del virus del mosaico común del frijol (BCMV) en el oriente antioqueño. Revista ICA 27(2). Rionegro, 182 pp.
- Tamayo PJ, Londoño ME. 2001. Manejo integrado de enfermedades y plagas del frijol: Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Boletín técnico no. 10. Programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria, Corpoica, Regional 4, Pronatta. Rionegro, 80 pp.

- Tamayo PJ, Otoya, MM, Pastor-Corrales MA. 1992. Diversidad patogénica de *Colletotrichum lindemuthianum*, el patógeno de la antracnosis de fríjol, en Rionegro, Antioquia. Resúmenes XIII Congreso Nacional de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, ASCOLFI. Agosto 12-14. Villavicencio, 66 pp.
- Tamayo PJ, Castaño M, Morales FJ. 1993. Virus del mosaico común del fríjol y su incidencia en seis regiones de clima frío de Colombia. *Fitopatología Colombiana* 17(2). Rionegro, 89 pp.
- Tamayo PJ, Otoya, MM, Pastor-Corrales MA. 1995. Diversidad de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*, el patógeno de la antracnosis del fríjol en Rionegro, Antioquia. *Fitopatología Colombiana* 19(1). Rionegro, 6 pp.
- Toro GY. 1979. Suelos del departamento de Antioquia. Tomo I y II. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrológica. Bogotá, Tomo I, 780 pp, Tomo II, 900 pp.
- Torres EA. 2006. Citado por: Rípodas MA. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. *alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirre y Nahuancavelica. Perú, 109 pp.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. 1995. Citado por: Parra JC. El estudio del territorio como estrategias de formación ambiental en el cercano Oriente antioqueño. Medellín, 13 pp.
- VALAGRO SpA. 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. Italia, 72 pp.
- Valladolid A. 2005. Citado por: Rípodas. MA. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. *alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirre y Nahuancavelica. Perú, 109 pp.
- VANGUARDIA. 2010. Consumo de fríjol supera a la arveja y al garbanzo. Bucaramanga. En: <http://www.vanguardia.com/historico/107627-consumo-de-fríjol-supera-a-la-arveja-y-al-garbanzo>; consulta: Junio de 2013.
- Velásquez J., Giraldo P. 2005. Informe de avance. Posibilidades competitivas de productos prioritarios de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales. Gobernación de Antioquia. Medellín, 20 pp.
- Voysest O. 1993. Variedades de fríjol en América latina y su origen. CIAT. Cali, 87 p.



siembra