

MANUAL TÉCNICO

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

EN LA PRODUCCIÓN DE FRÍJOL VOLUBLE

JESÚS HERNANDO ARIAS RESTREPO

TERESITA RENGIFO MARTÍNEZ

MARIBEL JARAMILLO CARMONA



Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Fríjol Voluble

Autoría:

Jesús Hernando Arias Restrepo, Ingeniero Agrónomo, Investigador Especialista en Fríjol, CORPOICA.
Teresita Rengifo Martínez, Magíster en Ciencias Agrarias, énfasis Fisiología Vegetal, Coordinadora Renglón productivo fríjol voluble y tomate bajo condiciones protegidas, Convenio FAO-MANA Proyecto UTF/COL/027/COL.

Maribel Jaramillo Carmona. Ingeniera Agropecuaria, Investigadora particular.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-.
Gobernación de Antioquia, Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia -MANA-, Convenio FAO-MANA: Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia Proyectos UTF/COL/027/COL, TCP/COL/3101.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN 978-92-5-305827-3

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia o por correo electrónico a: copyright@fao.org

Primera edición

500 ejemplares

Coordinación general de la publicación

Alejandro Ramírez Madrid, Pedagogo, Coordinador Pedagógico UTF/COL/027/COL, Gerencia Seguridad Alimentaria y Nutricional MANA.

Diseño, diagramación e impresión

CTP Print Ltda.
Calle 49B No. 68-25
PBX: 434 15 80
Ctpp2@une.net.co
Medellín

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

ARIAS, J.H., JARAMILLO, M.; RENGIFO, T. (2007).

Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble.

Palabras Claves: fríjol voluble, manejo agronómico, manejo fitosanitario, manejo poscosecha, normatividad BPA, desarrollo rural, buenas prácticas agrícolas, seguridad alimentaria y nutricional, FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".

© FAO 2007

Gobernación de Antioquia

Aníbal Gaviria Correa
Gobernador de Antioquia

Carlos Mario Montoya Serna
Director Seccional de Salud de Antioquia

José Jaime Arango Barreneche
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Dora Cecilia Gutiérrez Hernández
Gerenta Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA-

Ángela Lucía Molina Chica
Coordinadora Departamental Proyecto UTF/COL/027/COL Convenio FAO-MANA

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Jacques Diouf
Director General

José Graciano Da Silva
Representante Regional para América Latina y el Caribe

Juan Izquierdo
Oficial Técnico Proyecto TCP/COL/3101

Marcos Rodríguez
Consultor BPA proyecto TCP/COL/3101

Luis Manuel Castello
Representante FAO Colombia

Jaime Piedrahíta Yepes
Director Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas
para el Sector Rural en Antioquia UTF/COL/027/COL y TCP/COL/3101

CORPOICA

Arturo Vega Varón
Director Ejecutivo Corpoica

Sergio Correa Peláez
Director del Centro de Investigación La Selva

Álvaro Tamayo
Coordinador Acuerdo CORPOICA- Convenio FAO-MANA TCP/COL/3101

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-

- Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Dirección: Avenida Dag Hammarskjöld 3241 - Vitacura
Teléfonos: (562) 337-2100
Página web: www.rlc.fao.org
Santiago de Chile

- Oficina Representación FAO Colombia
Dirección: Calle 72#7-82 of. 702
Teléfonos: (571) 3465101

Correo electrónico: fao-co@fao.org
Página web: www.fao.org.co
Bogotá D.C. - Colombia

- Oficina Convenio FAO-MANA Proyecto de Seguridad Alimentaria y
Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia
Dirección: Carrera 70 # C4-42 oficina 304
Teléfonos: (574) 2604584 – 2308740 (fax)
Medellín – Colombia

Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Antioquia -MANA-

Dirección: Centro Administrativo La Alpujarra
edificio Gobernación de Antioquia oficina 818
Teléfonos: 3857840 – 3857845 - 3857891
Correo electrónico: mana@antioquia.gov.co
Página web: <http://mana.antioquia.gov.co/>
Medellín – Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, La Selva

Dirección: Km 7 vía Medellín - Las Palmas, vereda Llano Grande
Teléfonos: 5371490 – 5370161 (fax)
Correo electrónico: laselva@corpoica.org.co
Página web: www.corpoica.org.co
Rionegro - Antioquia

Contenido

Presentación	13
Agradecimientos	15
Introducción	17
Introducción a las BPA	19
Introducción.....	19
Definición de las BPA	20
Ventajas de la adopción de las BPA.....	20
Filosofía de las BPA.....	21
Componentes BPA	22
Importancia del fríjol en Antioquia	25
Importancia en la alimentación	25
Área sembrada y volúmenes de producción	25
Variedades comerciales	26
Costos de producción	26
Generación de empleo	26
Comercialización.....	26
Precios.....	27
Generalidades del cultivo	29
Descripción botánica y etapas de desarrollo	29
<i>Taxonomía</i>	29
<i>Morfología</i>	29
Etapas de desarrollo de la planta de fríjol.....	41
Factores climáticos	48
<i>Temperatura</i>	48
<i>Luz</i>	48
<i>Agua</i>	48
Manejo agronómico	49
Suelos	49
Semillas y variedades	49
<i>Procedimiento para la producción de semilla de categoría seleccionada por los productores</i>	50
<i>Variedades</i>	51
Producción y uso de semilla	56
Siembra.....	57
<i>Sistemas y arreglos de siembra</i>	57

<i>Época de siembra</i>	58
<i>Selección de la variedad</i>	59
<i>Métodos de siembra</i>	59
Manejo de suelos y fertilización del cultivo	60
<i>Características de los suelos de clima frío moderado del departamento de Antioquia</i>	60
<i>Requerimientos de nutrientes del frijol</i>	60
<i>Contenido de nutrientes del suelo</i>	61
<i>Análisis de suelos</i>	61
<i>Ensayos de respuesta agronómica</i>	65
<i>Método de aplicación de los fertilizantes</i>	65
<i>Época de aplicación de los fertilizantes</i>	66
<i>Eficiencia de los fertilizantes</i>	66
<i>Manejo y conservación de los suelos</i>	67
<i>Adquisición y almacenamiento de abonos y fertilizantes</i>	68
<i>Compostaje</i>	69
<i>La simbiosis Rhizobium-leguminosa</i>	70
<i>¿Qué es la fijación del nitrógeno?</i>	71
<i>Uso de leguminosas en el mejoramiento del suelo</i>	73
<i>Síntomas de deficiencias nutricionales</i>	74
Riego	77
<i>Balance hídrico</i>	78
<i>Requerimientos hídricos</i>	78
<i>Coefficiente de cultivo (Kc)</i>	79
<i>Cantidad y frecuencia del riego</i>	80
<i>Calidad del agua</i>	81
Manejo fitosanitario	83
Manejo de arvenses	83
Manejo integrado de plagas	85
<i>Plagas del suelo</i>	86
<i>Insectos comedores de hojas</i>	88
<i>Insectos chupadores</i>	89
<i>Insectos que atacan las vainas</i>	93

<i>Insectos de granos almacenados</i>	94
<i>Otras plagas del frijol</i>	95
Manejo integrado de enfermedades	96
<i>Antracnosis</i>	96
<i>Mancha anillada</i>	98
<i>Mancha angular</i>	99
<i>Enfermedades radicales</i>	101
<i>Virus del mosaico común del frijol</i>	107
Prácticas recomendadas para el manejo integrado del cultivo	109
Elección de productos fitosanitarios	109
Períodos de carencia y seguridad	112
Seguridad en la aplicación de productos	113
<i>Generalidades sobre el uso de equipos de aspersión</i>	113
<i>Dosificación y mezclas de plaguicidas</i>	114
<i>Indumentaria adecuada para la aplicación de plaguicidas</i>	114
Mantenimiento y calibración de equipos de aspersión.....	115
Gestión de excedentes fitosanitarios	116
Transporte y almacenamiento de plaguicidas	116
La etiqueta de los plaguicidas	117
Cosecha y Poscosecha	119
Método de cosecha	120
Secado	120
Trillado o desgrane.....	123
Limpieza	124
Selección	125
Empaque.....	125
Almacenamiento	125
Normas de calidad	128
Análisis de riesgos de higiene	128
<i>Riesgos físicos</i>	128
<i>Riesgos químicos</i>	129
<i>Riesgos biológicos</i>	130

Salud, seguridad y bienestar laboral	131
Evaluación de riesgos	131
Capacitación	131
Instalaciones, equipamiento y procedimientos en caso de accidentes.....	131
Manejo de productos fitosanitarios	132
Ropa y equipo de protección personal	132
Bienestar laboral	132
Registros y trazabilidad	133
Historia y registros de manejo de la unidad productiva	133
Registros de planificación de la producción.....	133
Certificación BPA	136
Plan de manejo ambiental	137
Utilidad del plan de manejo	137
Componentes.....	137
Descripción del sistema productivo	138
Definición de buenas prácticas de producción	139
Monitoreo de la calidad del suelo	140
Calidad del agua	140
Información que se recomienda tomar para la realización de un plan de manejo en un proyecto productivo de frijol	140
<i>Manejo del cultivo</i>	141
<i>Manejo y disposición final de los desechos provenientes del cultivo.</i>	141
<i>Fuente para abastecimiento de agua</i>	141
Glosario	142
Glosario BPA	144
Bibliografía	146
ANEXOS	150
Anexo 1. Tablas para el registro de información de la unidad de producción.....	151
Anexo 2. Nivel de desarrollo del esquema BPA en Colombia	166

Lista de tablas

TABLA 1.	Contenido promedio de nutrientes en 100 g de fríjol	25
TABLA 2.	Exigencias minerales del fríjol	61
TABLA 3.	Recomendaciones de fertilizantes fosfatados basados en la experimentación, realizada con fríjol en clima medio y frío en Colombia.	63
TABLA 4.	Recomendaciones de fertilizantes potásicos con base en la experimentación realizada con fríjol en suelos de clima medio y frío en Colombia.	63
TABLA 5.	Niveles críticos de materia orgánica para clima frío	63
TABLA 6.	Niveles críticos de nitrógeno	63
TABLA 7.	Estimativo conceptual sobre la cantidad de las bases intercambiables en el suelo	64
TABLA 8.	Contenido de nutrimentos en varios abonos comunes en Colombia.....	65
TABLA 9.	Requerimientos hídricos del fríjol para tres distritos de riego.....	79
TABLA 10.	Criterios admisibles para la destinación del recurso agua para fines de riego. (Capítulo 4, artículo 40, decreto 1594).....	81
TABLA 11.	Categoría toxicológica de los plaguicidas.....	110
TABLA 12.	Requisitos que debe cumplir el fríjol para el consumo.....	128
TABLA 13.	Monitoreo de prácticas de manejo del suelo.....	140

Lista de figuras

Figura 1.	Sistema radical inicial	30
Figura 2.	Raíz completamente desarrollada.....	30
Figura 3.	Tallo	31
Figura 4.	Plántula de frijol	32
Figura 5.	Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento	33
Figura 6.	Parámetros que componen el hábito de crecimiento.....	35
Figura 7.	Triada, complejo axilar formado por yemas	36
Figura 8.	Hojas simples y compuestas del frijol.....	37
Figura 9.	Inflorescencias terminales o axilares	38
Figura 10.	Componentes de la flor.....	39
Figura 11.	Fruto de la planta del frijol	40
Figura 12.	Composición externa de la semilla de frijol	40
Figura 13.	Composición interna de la semilla de frijol	41
Figura 14.	Etapas de desarrollo de la planta de frijol	42
Figura 15.	Etapa Vo: germinación	43
Figura 16.	Etapa V1: emergencia.....	43
Figura 17.	Etapa V2: hojas primarias	44
Figura 18.	Etapa V3: primera hoja trifoliada	44
Figura 19.	Etapa V4: tercera hoja trifoliada	45
Figura 20.	Etapa R5: prefloración.....	45
Figura 21.	Etapa R6: floración	46
Figura 22.	Etapa R7: formación de las vainas	46
Figura 23.	Etapa R8: llenado de las vainas.....	47
Figura 24.	Etapa R9: maduración	47
Figura 25.	Frijol cargamanto	52
Figura 26.	Frijol bola roja	52

Figura 27. Fríjol mortiño	52
Figura 28. Fríjol calima	52
Figura 29. Variedad de hábito voluble o de enredadera	52
Figura 30. Fríjol uribe rosado	53
Figura 31. Fríjol sangre de toro	53
Figura 32. Variedad de hábito arbustivo	54
Figura 33. Fríjol ICA citará	54
Figura 34. Fríjol ICA quimbaya	55
Figura 35. Fríjol ICA jaidukamá	55
Figura 36. Fríjol cargamanto ICA viboral	55
Figura 37. Fríjol CORPOICA 106	56
Figura 38. Siembra del fríjol voluble	59
Figura 39. Aplicación de fertilizantes en fríjol	66
Figura 40. Estratificación del compost	70
Figura 41. Coloración por deficiencia de nitrógeno en hojas de fríjol	75
Figura 42. Coloración por deficiencia de fósforo en hojas de fríjol	75
Figura 43. Síntomas por deficiencia de potasio en el fríjol	76
Figura 44. Síntomas por deficiencia de magnesio en el fríjol	77
Figura 45. Balance hídrico (Distrito Piñones – Antioquia).....	78
Figura 46. Coeficiente de cultivo (Kc) o cultural para la demanda de agua en el fríjol	80
Figura 47. Competencia de arvenses con el fríjol	83
Figura 48. Semilla de fríjol atacada por la larva de la mosca de la semilla	86
Figura 49. Tallos de la plántula de fríjol atacada por la larva del trozador	87
Figura 50. <i>Phyllophaga obsoleta</i> , especie de chiza que ataca el fríjol	88
Figura 51. <i>Insectos</i> crisomélidos que atacan el fríjol	89
Figura 52. <i>Empoasca kraemeri</i> , especie de lorito verde que ataca el fríjol.....	90
Figura 53. Manifestación del ataque del lorito verde en el fríjol	90
Figura 54. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> , especie de mosca blanca que ataca el fríjol	91
Figura 55. <i>Thrips palmi</i> en estado adulto, especie de trips que ataca el fríjol	92
Figura 56. Enemigos naturales del <i>Thrips palmi</i> (<i>Orious</i> sp.)	92
Figura 57. Daño del barrenador de la vaina, <i>Epinotia aporema</i> , en el fríjol	93

Figura 58. <i>Acanthoscelides obtectus</i> , especie de gorgojo que ataca el frijol almacenado	94
Figura 59. <i>Vaginulus plebeius</i> , especie de babosa que ataca el frijol	95
Figura 60. Daño de las babosas en hojas jóvenes de frijol	95
Figura 61. Lesiones en los pecíolos y en el envés de las hojas por antracnosis	97
Figura 62. Infección en las vainas del frijol por antracnosis	97
Figura 63. Síntomas por la mancha anillada	99
Figura 64. Síntomas de infección en las hojas del frijol por mancha angular	100
Figura 65. Síntomas de infección en las vainas del frijol por mancha angular	100
Figura 66. Pudrición radical del frijol por <i>Fusarium</i>	102
Figura 67. Amarillamiento o marchitamiento de la planta de frijol por <i>Fusarium</i>	104
Figura 68. Pudrición seca de raíces y base del tallo de frijol por <i>Fusarium</i>	104
Figura 69. Pudrición radical en el frijol por <i>Pythium</i>	106
Figura 70. Pudrición radical en el frijol por <i>Rhizoctonia</i>	106
Figura 71. Síntomas de mosaico en plantas de frijol infectadas	107
Figura 72. Síntomas de mosaico en hojas de frijol infectadas	108
Figura 73. Cosecha de frijol voluble	119
Figura 74. Patios de secamiento del frijol	120
Figura 75. Secado del frijol bajo marquesinas o coberturas plásticas	121
Figura 76. Diseño de una marquesina para secado de frijol	122
Figura 77. Paseras o secadoras de café	123
Figura 78. Método de desgrane del frijol por apaleo o garrote	124
Figura 79. Desgranadora mecánica de frijol, portátil, de tamaño mediano	124
Figura 80. Zaranda para separar los granos de frijol por tamaño y separar impurezas	125
Figura 81. Almacenamiento del frijol sobre estivas sin contacto con el suelo y paredes	126

Presentación

El presente manual es elaborado y editado en el marco del acuerdo suscrito por el gobierno del departamento de Antioquia, Gerencia de Seguridad Alimentaria y Nutricional -MANA- y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, para desarrollar los proyectos UTF/COL/027/COL *Fortalecimiento de la seguridad alimentaria y nutricional a nivel rural en el departamento de Antioquia*, y TCP/COL/3101 *Fortalecimiento de capacidades en Buenas Prácticas Agrícolas y organización comunitaria para contribuir a la seguridad alimentaria del departamento de Antioquia, en apoyo al UTF/COL/027/COL*.

Estos proyectos contribuyen al logro de los objetivos de MANA, a fin de mejorar la situación alimentaria y nutricional de la población más vulnerable a través de una estrategia integral de fortalecimiento productivo, organizacional y de seguridad alimentaria y nutricional, implementada con organizaciones de pequeños productores del departamento. La estrategia tiene por núcleo temático las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, las que contribuyen al desarrollo de las políticas en torno a la producción más limpia y al desarrollo rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la cual ha acompañado el desarrollo de este proyecto.

El presente manual de BPA y BPM es un instrumento orientador dirigido a técnicos, y estará acompañado por unas Guías para Facilitadores campesinos y unas Cartillas para productores, las cuales constituyen los materiales pedagógicos para el desarrollo de las Escuelas de Campo de Agricultores -ECA-, como parte de la metodología “aprender haciendo”.

La producción del Manual fue contratada por el Convenio FAO-MANA, proyecto TCP/COL/3101, con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA- a través del Centro de Investigación “La Selva”. Esta institución contribuye al bienestar de la población colombiana mediante la generación y transferencia de tecnologías, para hacer más eficiente y rentable la producción agropecuaria con criterios de competitividad, equidad, sostenibilidad y desarrollo científico y tecnológico.

Se contó con la orientación y el concepto técnico del Equipo FAO Regional de América Latina y el Caribe, por intermedio de Juan Izquierdo, Ph.D., Oficial Principal de Producción Vegetal, y Marcos Rodríguez Fazzone, consultor en BPA FAO.

Igualmente, se elaboró de manera previa un documento base con especificaciones técnicas para la construcción del manual, por parte del equipo técnico del convenio FAO-MANA, en el cual, participaron en forma especial, Jaime Piedrahita Yepes y Óscar Botero Villa. Se contó, además, con Alejandro Ramírez Madrid en la coordinación general de la publicación.

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestros agradecimientos al doctor Sergio Correa Peláez, director del Centro de Investigación La Selva de CORPOICA, por el respaldo institucional brindado para hacer posible la elaboración y publicación de este documento. Igualmente, al doctor Jaime Piedrahita Yepes, director del proyecto “Seguridad alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural de Antioquia”, por la gestión del acuerdo entre CORPOICA y el Convenio FAO-MANA -proyecto TCP/COL/3101-, su apoyo y respaldo. También, a los oficiales de la FAO oficina Regional para América Latina y el Caribe -RLC- doctores Juan Izquierdo, oficial de Producción Vegetal, y Marcos Rodríguez, consultor en BPA, por la revisión y recomendaciones en relación con los contenidos del documento.

Especial agradecimiento a Álvaro Tamayo y Jorge Jaramillo, investigadores de CORPOICA, por sus aportes técnicos en los contenidos del manual. Igualmente, a Óscar Botero y Alejandro Ramírez del equipo técnico del proyecto FAO-MANA por sus aportes al manual. Además al editor, señor Juan Carlos Márquez, por su apropiado trabajo en la corrección de estilo de la obra.

Agradecemos a Héctor Manuel Pineda, Ruth Torres, Nielsen Sánchez, Harrison González y Giovanni Parra, del equipo de Transferencia de Tecnología del Centro de Investigación La Selva, por el apoyo logístico y la colaboración en la digitación y elaboración de las ilustraciones del documento.

Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

¹ Hazzard Analysis Critical Control Points

² Productores minoristas europeos que apoyan las buenas prácticas agrícolas.

Introducción a las BPA

Introducción

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

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

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

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

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

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

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

Definición de las BPA

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

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

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

Ventajas de la adopción de las BPA

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

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

Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

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

Componentes BPA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Importancia del fríjol en Antioquia

Importancia en la alimentación

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

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

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

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

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

Área sembrada y volúmenes de producción

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

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

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

Variedades comerciales

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

Costos de producción

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

Generación de empleo

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

Comercialización

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

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

Precios

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

Generalidades del cultivo

Descripción botánica y etapas de desarrollo

Taxonomía

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

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

Morfología

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

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

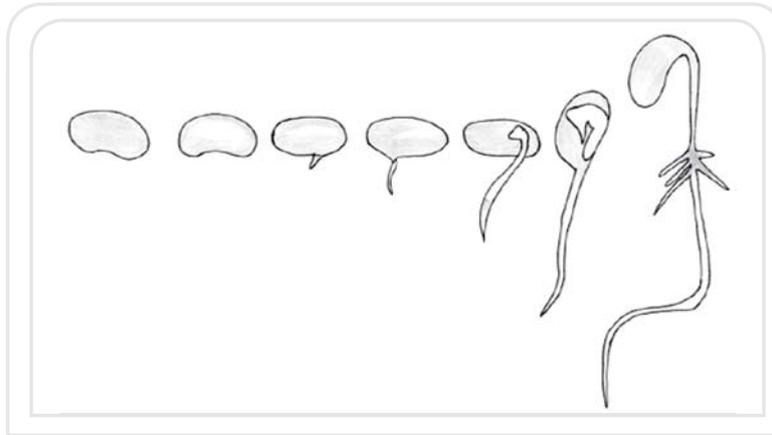


Figura 1. Sistema radical inicial

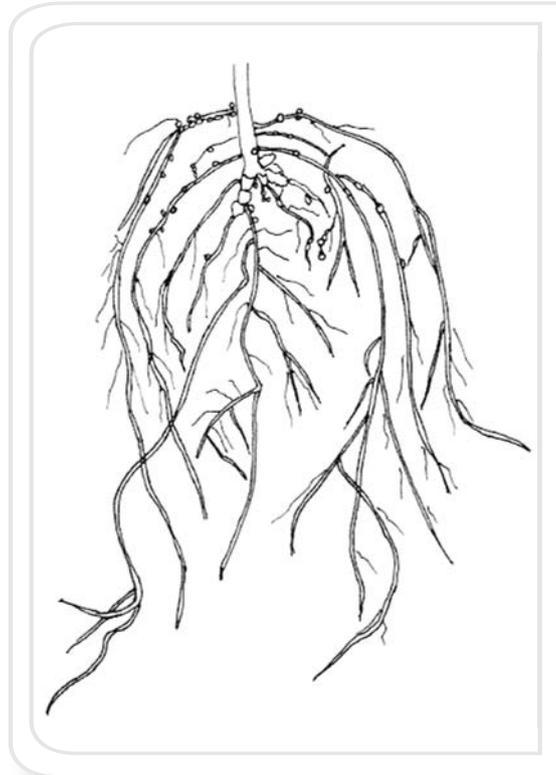


Figura 2. Raíz completamente desarrollada

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

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

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

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

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

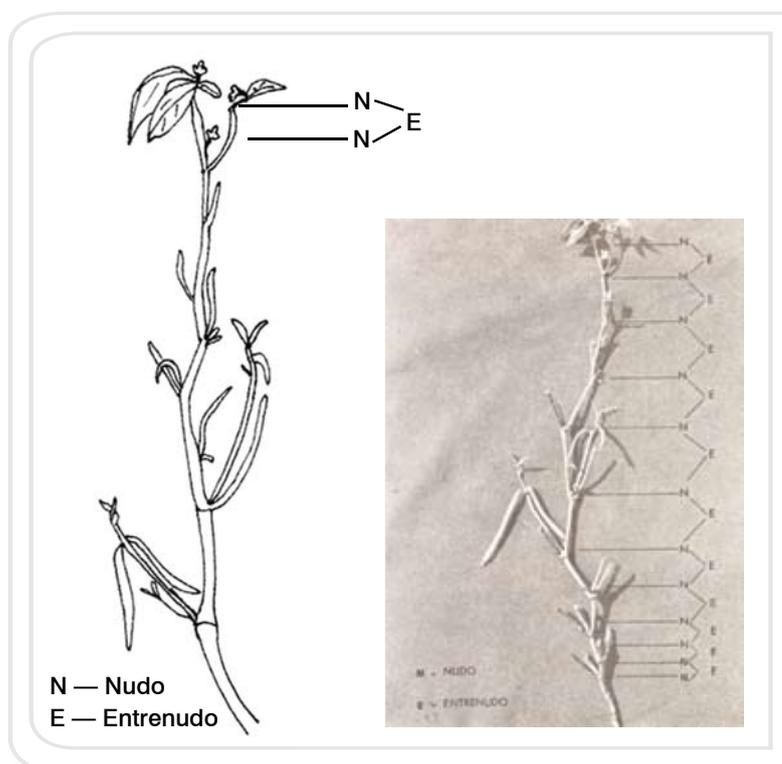


Figura 3. Tallo

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

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

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

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

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

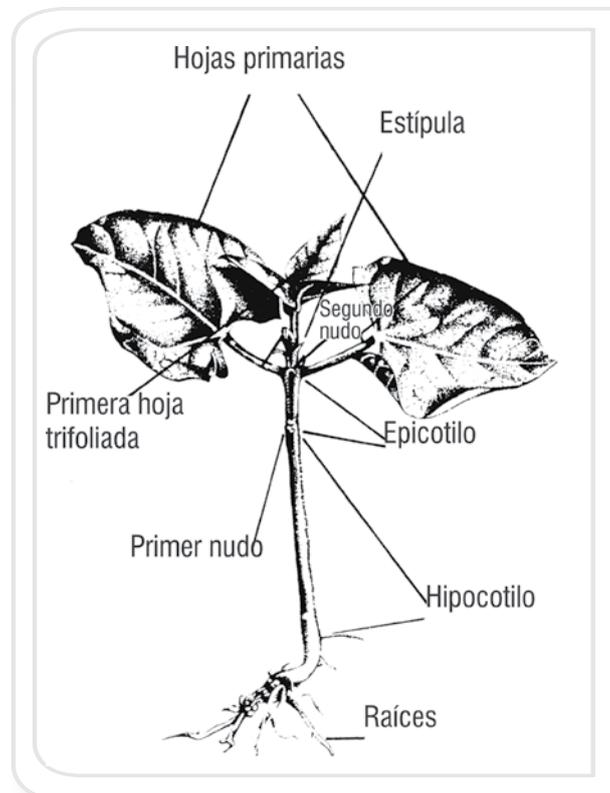


Figura 4. Plántula de frijol

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

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

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

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

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

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

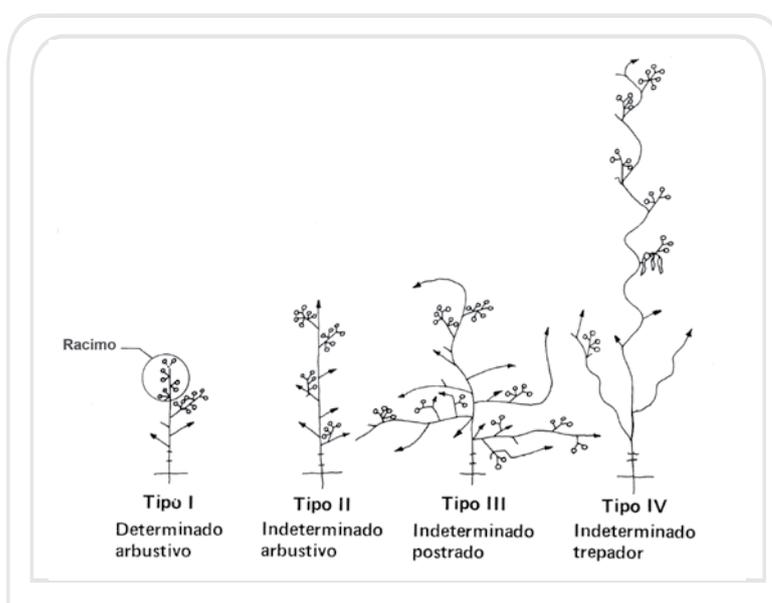


Figura 5. Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento

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

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

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

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

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

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

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

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

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

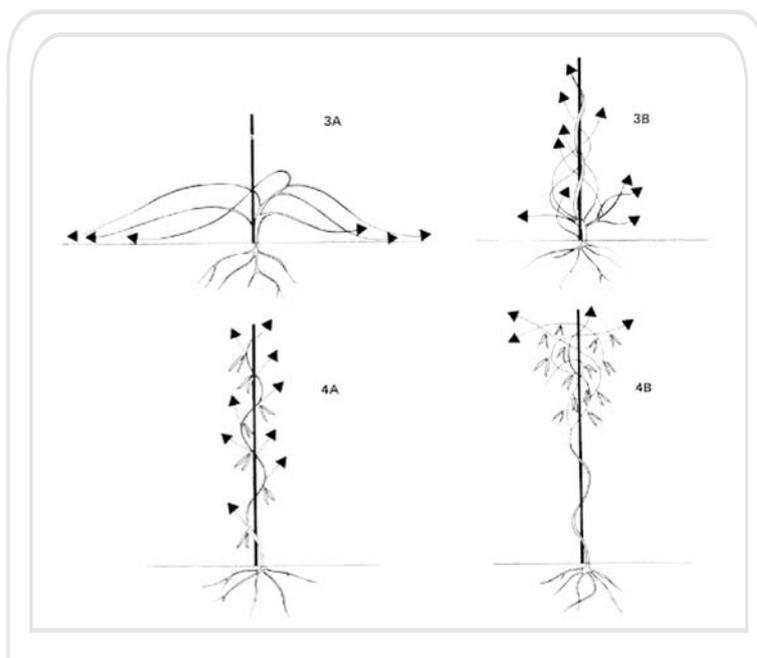


Figura 6. Parámetros que componen el hábito de crecimiento.

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

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

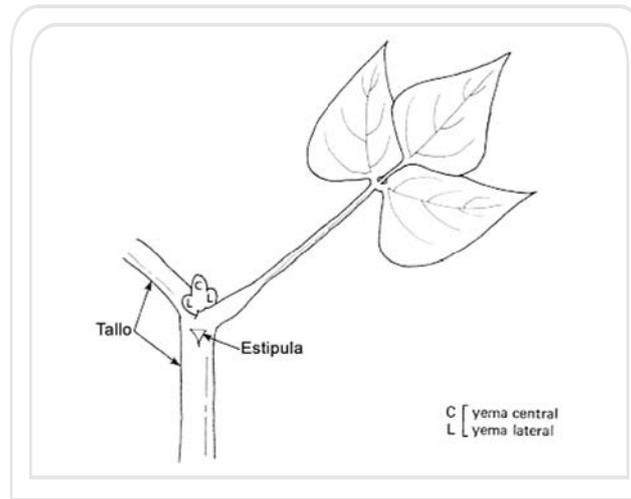


Figura 7. Triada, complejo axilar formado por yemas.

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

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

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

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

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

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

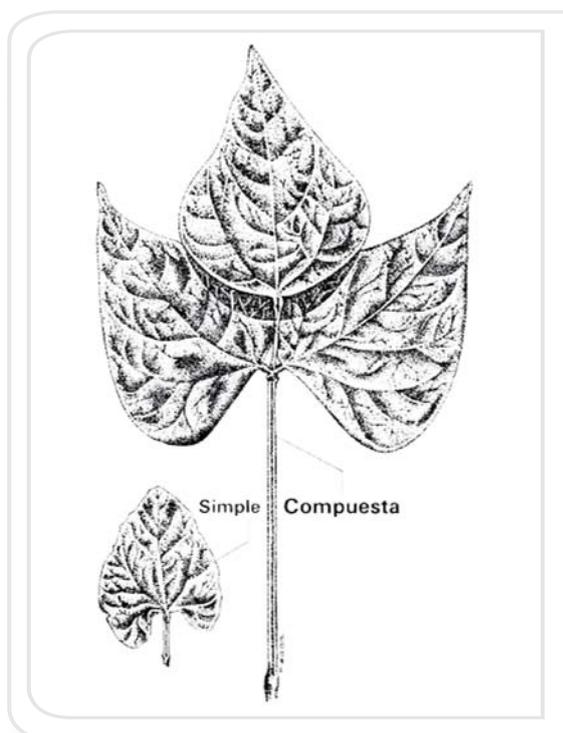


Figura 8. Hojas simples y compuestas del frijol.

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

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

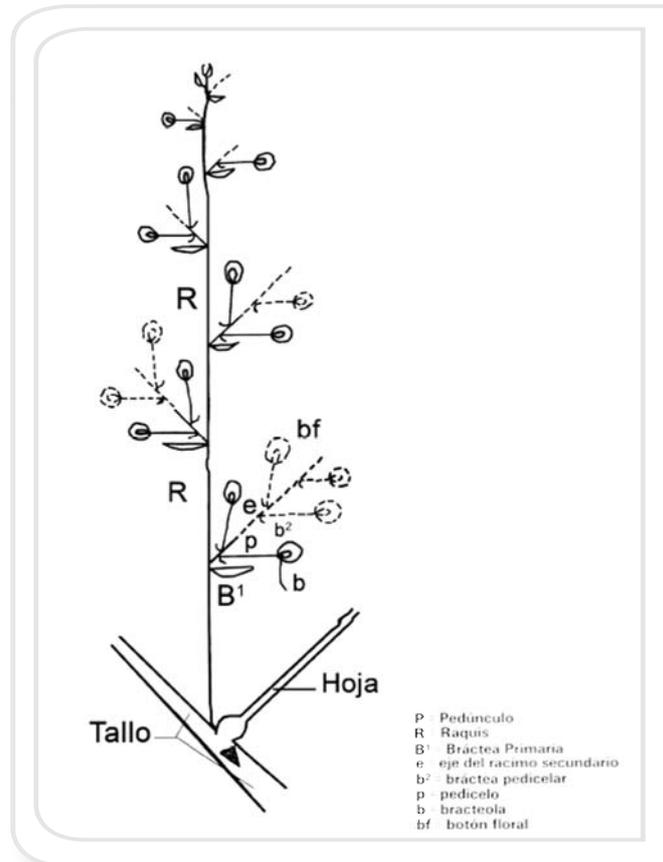


Figura 9. Inflorescencias terminales o axilares.

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

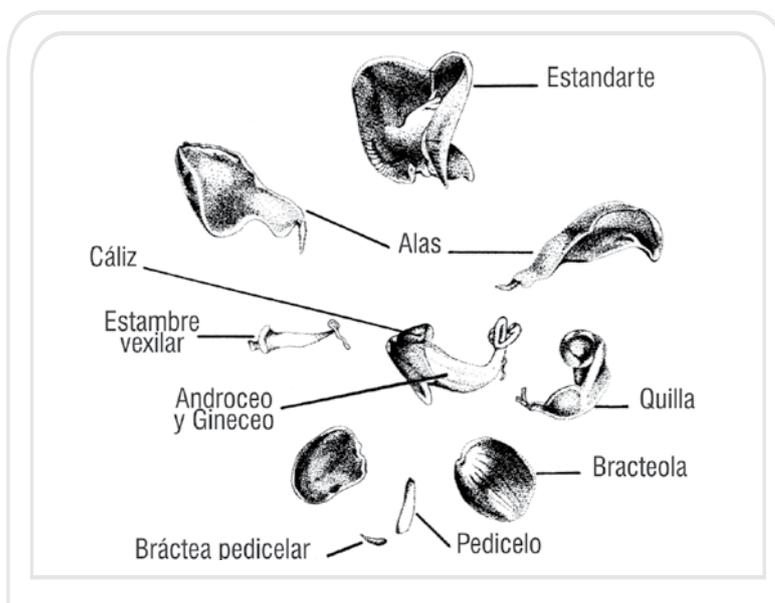


Figura 10. Componentes de la flor

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

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

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

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

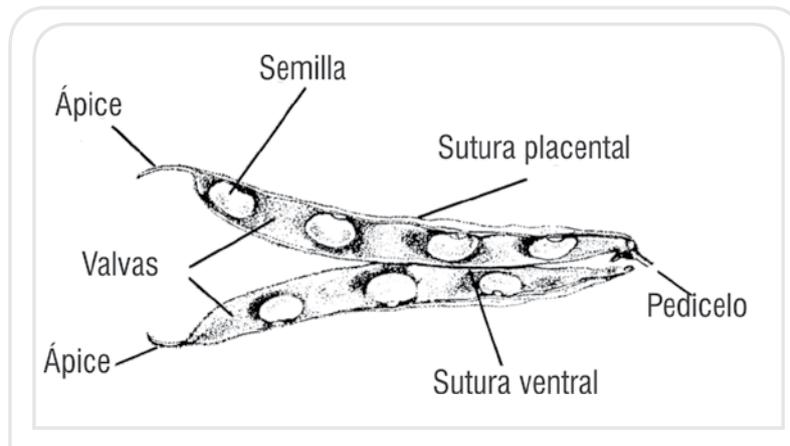


Figura 11. Fruto de la planta del frijol.

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

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

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

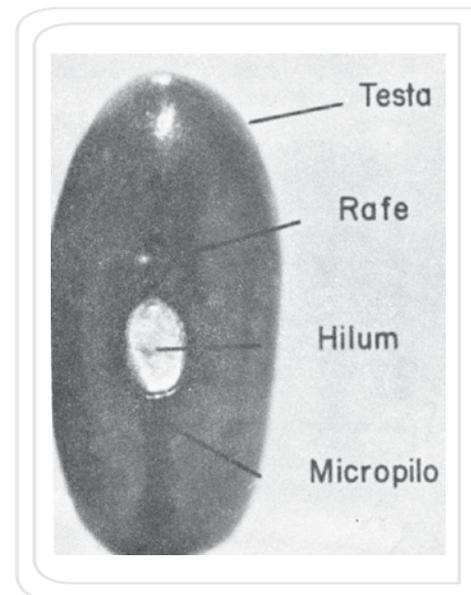


Figura 12. Composición externa de la semilla de frijol.

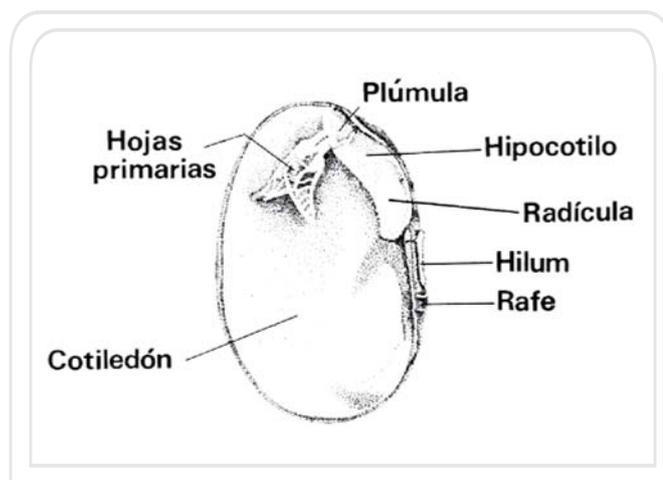


Figura 13. Composición interna de la semilla de frijol.

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

Etapas de desarrollo de la planta de frijol

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

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

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

La identificación de cada etapa se hace con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual

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

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

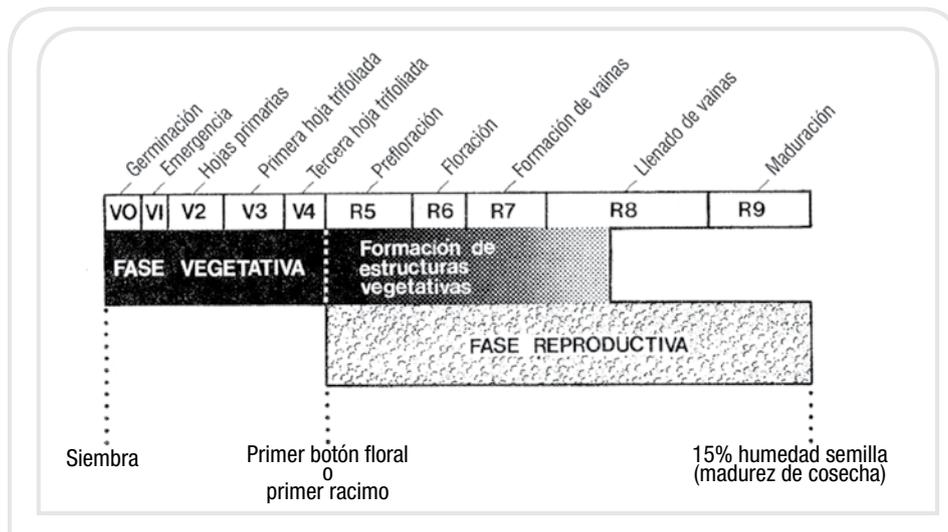


Figura 14. Etapas de desarrollo de la planta de frijol.

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

Descripción de las etapas de desarrollo

Etapas de la fase vegetativa:

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

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

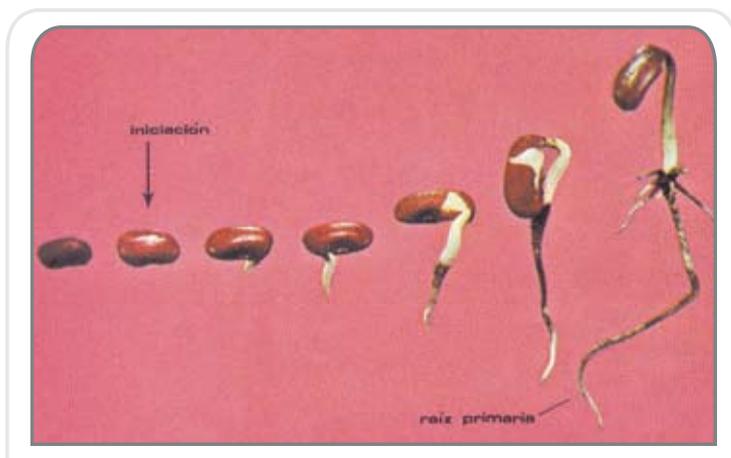


Figura 15. Etapa V0: germinación

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

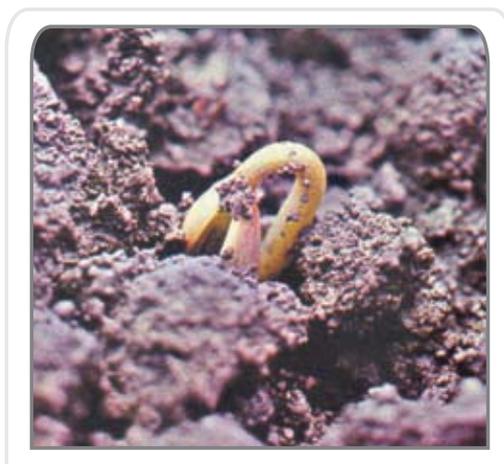


Figura 16. Etapa V1: emergencia

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



Figura 17. Etapa V2: hojas primarias

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

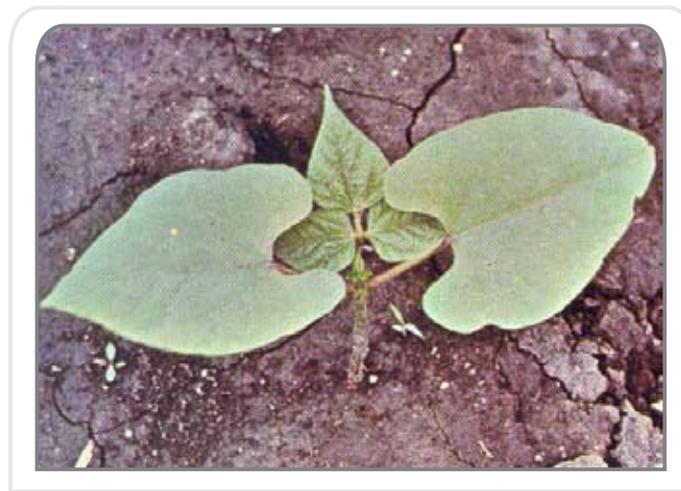


Figura 18. Etapa V3: primera hoja trifoliada

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



Figura 19. Etapa V4: tercera hoja trifoliada

Etapas de la fase reproductiva

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

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

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



Figura 20. Etapa R5: prefloración

Etapa R6 (Floración). La etapa R6 se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta (figura 21), y en un cultivo, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que apareció. En las variedades de hábito determinado la floración comienza en el último nudo del tallo o de las ramas y continúa en forma descendente en los nudos inferiores. Por el contrario, en las variedades de crecimiento indeterminado, la floración comienza en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente. Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento.

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



Figura 21. Etapa R6: floración

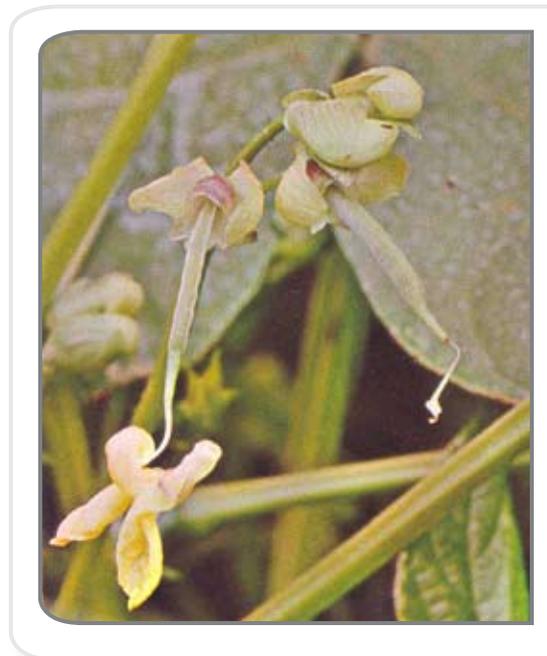


Figura 22. Etapa R7: formación de las vainas

Etapa R8 (Llenado de las vainas). En un cultivo, la etapa R8 se inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Comienza entonces el crecimiento activo de las semillas. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde, así comienzan a adquirir las características de la variedad. En algunas variedades, las valvas de las vainas empiezan a pigmentarse, lo que generalmente ocurre después del inicio de la pigmentación de la semilla (figura 23).

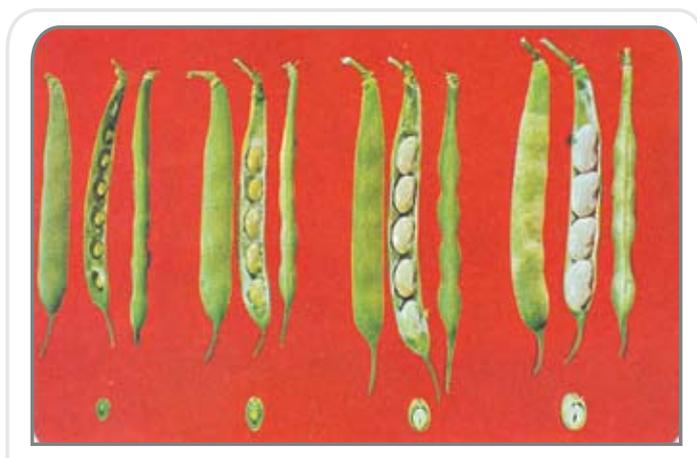


Figura 23. Etapa R8: llenado de las vainas

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



Figura 24. Etapa R9: maduración

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

Factores climáticos

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

Temperatura

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

Luz

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

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

Agua

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

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

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

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

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

Manejo agronómico

Suelos

El frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje.

Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el frijol en Colombia son muy variables. Ello muestra que el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía (Ríos, 2002). Por lo general, se siembra en zonas de montaña y también en los valles interandinos.

En las tierras planas de los departamentos de Norte de Santander, Cundinamarca y Valle del Cauca, con suelos moderadamente profundos, bien drenados y de fertilidad alta, que pertenecen a la clase agroecológica Ma. En las zonas de los departamentos de Cauca, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca, Santander y Cundinamarca, en planicies aluviales, pie de monte y altiplanicies con suelos ligeramente ondulados, moderadamente profundos, bien drenados y de fertilidad moderada a baja, que corresponden a la clase agroecológica Me. En las zonas de los departamentos de Antioquia, Tolima, Cauca, Santander, Quindío y Cundinamarca, con suelos de fertilidad baja a media, susceptibles a la erosión y con pendientes de 25 a 50% que corresponden a la clase Mf o con pendientes superiores al 50% correspondientes a la clase Mg.

También en los altiplanos y valles de Nariño y Antioquia de relieve plano y ondulado con pendientes menores del 7%, suelos moderadamente profundos, de baja fertilidad pertenecientes a la clase Fg; o los que tienen pendientes inferiores al 25% de la clase Fh.

Semillas y variedades

La semilla representa el óvulo fecundado y maduro y, en granos como el frijol, la forma de reproducción y multiplicación de la especie. Para asegurar el proceso de reproducción es necesario contar con una semilla de buena calidad, considerada como aquella que al momento de la siembra está en condiciones de germinar y producir una planta normal y vigorosa (Arias y colaboradores, 2001).

La calidad de la semilla se puede resumir en tres componentes: el componente genético, que define sus características y las de la planta en cuanto a adaptación, resistencia o susceptibilidad al ataque de agentes patógenos, y el tipo de grano (tamaño, color, forma);

el componente sanitario, que se refiere a la presencia o ausencia de patógenos internos o externos, que no sólo deterioran su apariencia sino que pueden transmitirse de un cultivo a otro a través de la semilla, y el componente fisiológico, que está relacionado con el tamaño, la cantidad y la calidad de los elementos que posee en su interior para nutrir la planta, y darle madurez, viabilidad y vigor (Arias y colaboradores, 2001).

Procedimiento para la producción de semilla, categoría seleccionada, por los productores

Fuente de semilla: para la producción de semilla conviene utilizar una fuente de semilla certificada o seleccionada para este fin con las condiciones de calidad requeridas.

Ubicación del cultivo: el cultivo debe estar, en la medida de lo posible, aislado de los demás cultivos de frijol, y que el terreno que se vaya a utilizar no haya sido sembrado con frijol por lo menos en un semestre, con el fin de interrumpir el ciclo de vida de los patógenos e insectos plagas y evitar la mezcla o contaminación de la semilla con otras variedades de frijol.

Densidad de siembra: se deben utilizar densidades de siembra bajas para facilitar el manejo del cultivo y disminuir la incidencia de enfermedades.

Manejo de enfermedades: en el cultivo se debe hacer un manejo especial de las enfermedades para evitar que se puedan transmitir a través de la semilla, tales como la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), y el virus del mosaico común del frijol (BCMV).

Eliminación de plantas extrañas o enfermas: es necesario eliminar, en forma oportuna, plantas que muestren características diferentes a las de la variedad sembrada, así como aquellas que presenten síntomas de enfermedades, en especial de las causadas por virus.

Cosecha y selección de la semilla: la semilla de frijol alcanza su máximo grado de calidad en el momento de la madurez fisiológica, pero en esta etapa tiene un grado de humedad alto, generalmente superior al 30%, y no es conveniente realizar la cosecha en este estado, ya que se pueden presentar dificultades para su secado y acondicionamiento. Es conveniente realizar la cosecha cuando el frijol tiene contenidos de humedad cercanos al 20%.

Métodos de cosecha: se recomienda seleccionar las mejores vainas y preferiblemente aquellas que maduran primero en la planta. Para frijol de hábito voluble, la maduración se presenta en forma desigual, y la cosecha debe hacerse en forma manual y en varias etapas a medida que las vainas se vayan secando en la planta. En cultivos con poca homogeneidad en el campo, es recomendable, además, marcar en etapas previas a la cosecha las mejores plantas para seleccionar sus semillas.

Selección de vainas después de la cosecha: después de la cosecha, es conveniente seleccionar las mejores vainas por tamaño, forma, número de granos y sanidad.

Selección por calidad de los granos: después del desgrane, vale la pena realizar una nueva selección de granos por apariencia física, tamaño y sanidad.

Secado: como ya se mencionó, el fríjol se cosecha con grados de humedad aproximados al 20%, pero bajo estas condiciones la semilla se deteriora muy fácilmente, máxime si se requiere su almacenamiento. Es necesario, entonces, someterla a un proceso de secado para bajar su contenido de humedad por lo menos hasta un 13%. Se recomienda secar la semilla en vaina antes del desgrane para evitar su deterioro por la acción del calor y utilizando métodos adecuados, como es el caso de las marquesinas o coberturas plásticas.

Desgrane: en el caso de fríjol para semilla, es preferible realizar el desgrane en forma manual para evitar daños físicos y deterioro de los granos.

Almacenamiento: si se requiere almacenar, la semilla debe tener bajos contenidos de humedad, debe guardarse en sitios adecuados, aireados, con baja temperatura y limpios, preferiblemente en empaques que permitan el intercambio de humedad entre la semilla y el medio (empaques de fibras naturales o de papel).

La producción de semilla en Colombia es reglamentada por el instituto Colombiano Agropecuario —ICA—, mediante la Resolución N.º 148 de 2005, que incluye la normatividad para producción de semilla certificada y de otras categorías como es la semilla seleccionada (véase Anexo 2).

Variedades

Colombia posee una gran riqueza en cuanto a materiales genéticos de fríjol. Esta especie, por ser originaria de Centro y Suramérica, presenta una gran diversidad en cuanto a sus características y comportamiento como reacción a las condiciones ambientales y de manejo.

De acuerdo con el origen, ciertos tipos de fríjol se han ido adaptando a las condiciones de cada lugar. Por ejemplo, los fríjoles de hábito IV (volubles) se han adaptado a las condiciones del clima frío. Así mismo, dependiendo de los hábitos de consumo, determinadas regiones se han especializado en la producción con variedades cuyo grano pertenece a determinada clase comercial. Es el caso del fríjol tipo: cargamanto en Antioquia (figura 25), el bola roja (figura 26) en el Altiplano Cundiboyacense, o el mortiño (figura 27) en Nariño. Caso contrario sucede con otros tipos de fríjol como la clase calima (figura 28), que se producen y se consumen en varias regiones de Colombia.

Aprovechando la gran diversidad genética existente en el país, se han realizado numerosas investigaciones para mejorar las variedades por características deseables en cuanto a adaptación al medio, rendimiento, resistencia o tolerancia a enfermedades, teniendo además en cuenta el tipo de grano, de acuerdo con las preferencias que se han identificado en cada región.

Para el almacenamiento, la semilla debe tener bajos contenidos de humedad, y guardarse en sitios adecuados, aireados, con baja temperatura y limpios.



Figura 25. Fríjol cargamanto.



Figura 26. Fríjol bola roja.

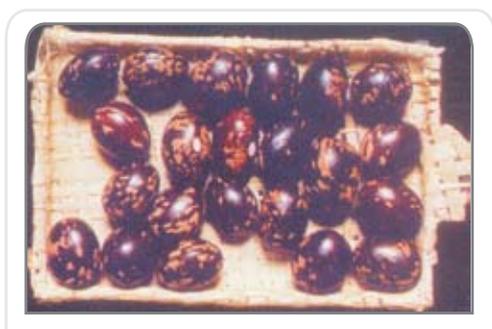


Figura 27. Fríjol mortiño.



Figura 28. Fríjol calima.

En Antioquia predomina el uso de variedades criollas de frijol, tales como la variedad cargamanto, del cual se han identificado muchos tipos: cargamanto común, cargamanto ombligo amarillo, cargamanto rojo, cargamanto gigante, entre otras. El frijol cargamanto es cultivado en condiciones de clima frío y clima frío moderado en la subregión del Oriente antioqueño y en el municipio de Urrao en el Suroeste. Son variedades de hábito voluble o de enredadera (hábito IV) (figura 29).



Figura 29. Variedad de hábito voluble o de enredadera

Las variedades de fríjol cargamanto se siembran en las regiones antes mencionadas en alturas desde 1.800 hasta 2.500 msnm, en sistemas de producción de fríjol solo o asociado con otros cultivos como el maíz. Son muy apreciados en el mercado, principalmente en Antioquia, por el tipo de grano (color crema rojo o rojo crema), su forma ovalada y el tamaño grande (generalmente superior a 60 g/100 semillas). Una característica desfavorable de los fríjoles tipo cargamanto es su alta susceptibilidad a enfermedades.

Existen muchas otras variedades criollas, tales como el uribe rosado (figura 30) y el sangre toro (figura 31), la mayoría arbustivos que se cultivan en las condiciones del clima medio en alturas desde 800 hasta 2.000 msnm, en sistemas de producción de fríjol solo o asociado con otros cultivos como café y plátano.

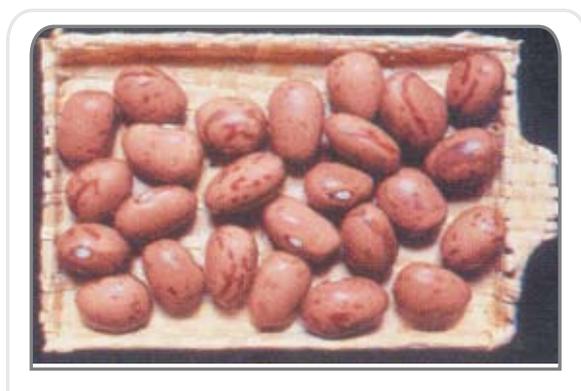


Figura 30. Fríjol uribe rosado.



Figura 31. Fríjol sangre de toro

Se recomienda que la variedad seleccionada por su tipo de grano tenga aceptación en el mercado y le garantice un buen precio de venta al agricultor para mejorar la competitividad del cultivo.

Variedades mejoradas

En Colombia se trabaja en mejoramiento genético de frijol desde hace más de 50 años y son muchas las variedades mejoradas que se han obtenido y entregado a los agricultores. Para el caso del departamento de Antioquia, se pueden mencionar variedades como Diacol nima, Diacol catío, Diacol calima, todas ellas de hábito arbustivo (figura 32) y con grano de color rojo moteado de crema (tipo calima), que se han sembrado en las condiciones de clima medio a cálido (800 – 1.800 msnm). El tamaño de este tipo de frijol es mediano, entre 40 y 50 g/100 semillas, y su precio es inferior al de los frijoles de tamaño grande como los tipos cargamanto, y es muy apetecido en los principales mercados de frijol en Colombia. Al igual que las variedades de cargamanto, las de tipo calima son susceptibles a enfermedades.



Figura 32. Variedad de hábito arbustivo.

Más recientemente se han entregado otras variedades de frijol arbustivo como ICA citará y CORPOICA guanentá (fig 33), ICA quimbaya (figura 34) e ICA jaidukamá (figura 35), también para las condiciones de clima medio y cálido y con tolerancia a enfermedades como la antracnosis, y en el caso de ICA jaidukamá, con resistencia al virus del mosaico común del frijol.

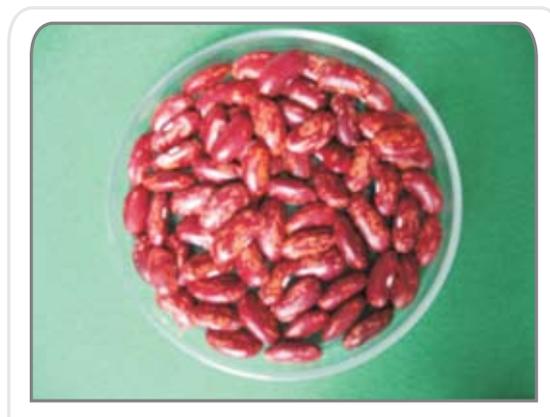


Figura 33. Frijol ICA Citará.

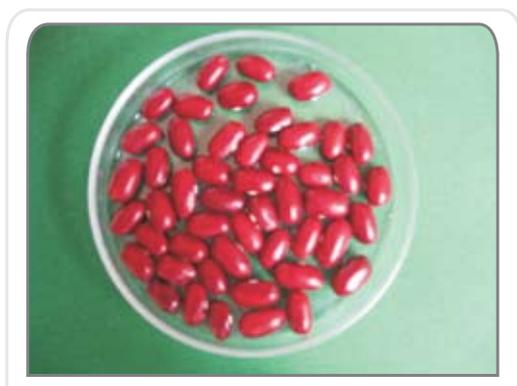


Figura 34. Fríjol ICA Quimbaya.

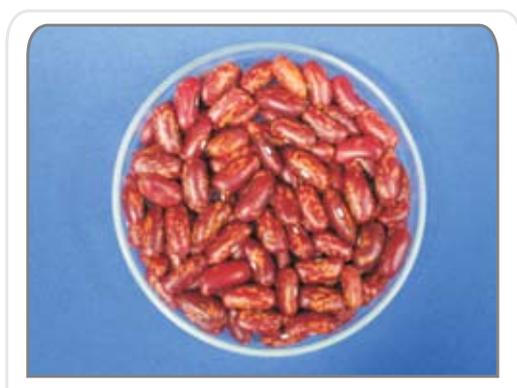


Figura 35. Fríjol ICA jaidukamá.

Así mismo, se han obtenido y liberado variedades mejoradas de fríjol tipo cargamanto como ICA viboral (figura 36), frijolica L.S 3.3 y corpoica 106 (figura 37).

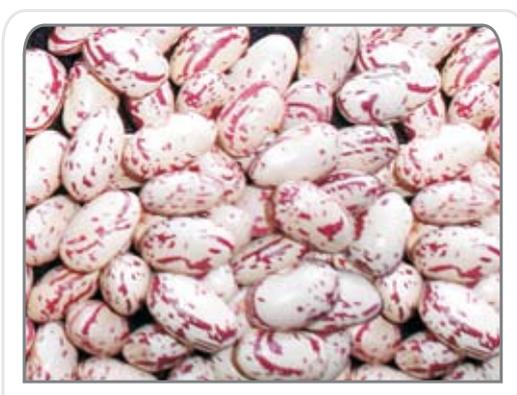


Figura 36. Fríjol cargamanto ICA Viboral.

La variedad escogida para siembra, en lo posible, debe tener resistencia comprobada a las enfermedades más limitantes del cultivo y adaptación en la zona.



Figura 37. Frijol CORPOICA 106

El ICA viboral es una variedad mejorada obtenida mediante selección del frijol cargamanto común; su rango de adaptación, comportamiento y demás características son similares a este último.

El frijol corpoica 106 es una variedad tipo cargamanto que se adapta muy bien a las condiciones del clima frío moderado del departamento de Antioquia, entre 2.000 y 2.400 msnm. Posee resistencia a la antracnosis, razón por la cual es la variedad recomendada para la producción de frijol voluble con buenas prácticas agrícolas.

Producción y uso de semilla

La calidad de la semilla es uno de los elementos fundamentales para el éxito en los cultivos. Si se inicia un cultivo con semilla de buena calidad, se habrá dado el primer paso seguro en la actividad productiva. En cambio, si se utiliza semilla de mala calidad, seguramente el cultivo no responderá de manera positiva a las demás prácticas de manejo.

La calidad de la semilla de frijol ha sido en Colombia uno de los factores que ha limitado su cultivo. La siembra de semilla de variedades criollas o regionales, generalmente susceptibles a las enfermedades, y la poca oferta en el mercado de semilla certificada o seleccionada han obligado al agricultor a tener que producir sus propias semillas, en muchos casos sin los conocimientos técnicos suficientes para hacerlo en forma adecuada y disponer de este insumo con la calidad requerida.

Debido a las condiciones de producción del frijol en Colombia, la industria de producción de semillas no se ha interesado en el negocio de producción de semilla certificada. Por lo tanto, se ha considerado que la estrategia más adecuada para solucionar el problema es que los agricultores se capaciten en buenas prácticas de selección y manejo de su propia semilla, contando con la asesoría técnica. Esta actividad podría desarrollarse en forma individual, que cada agricultor produzca su propia semilla, o por medio de asociaciones de agricultores productores de semilla, quienes

pueden producir para ellos y para atender la demanda de otros agricultores. Mediante estas estrategias, es posible producir semilla de buena calidad y de categoría seleccionada y también semilla de categoría certificada (Arias y colaboradores, 2001).

En cuanto a la demanda en cantidad de semilla, se ha determinado, para el caso de variedades tipo cargamanto común, de acuerdo con las densidades de siembra recomendadas, que se requieren 25 kg para sembrar una hectárea de fríjol. En el caso de las variedades de fríjol arbustivo, la cantidad de semilla para la siembra de una hectárea es de 40 a 60 kg.

Siembra

Sistemas y arreglos de siembra

Una de las características de los sistemas de producción de la economía campesina es la siembra de varias especies, bien sea en asociación de cultivos o en forma separada en la unidad de producción. En el caso del fríjol en clima frío, ha sido tradicional la asociación con otras especies importantes como maíz, papa y hortalizas.

En el Oriente antioqueño, hasta hace algunos años fue muy empleado el arreglo de fríjol en relevo con maíz, que ha ido desapareciendo por condiciones de orden socioeconómico. El relevo maíz – fríjol es un sistema de rotación en el cual el fríjol se siembra después de que el maíz ha alcanzado o está muy próximo a alcanzar su madurez fisiológica. En este sistema, los tallos del maíz sirven de tutor al fríjol, existiendo una mínima competencia entre las dos especies.

Se han realizado numerosas investigaciones sobre épocas de siembra y manejo agronómico de ambas especies en el arreglo de relevo, que demuestran sus ventajas en comparación con los monocultivos y dan algunas recomendaciones para el manejo eficiente de los mismos (Rivera, 1992).

Las ventajas que los pequeños agricultores les atribuyen a los arreglos de cultivos son de tipo cultural, nutricional, biológico y económico, y se ha demostrado que permiten disminuir los riesgos y mantener una dieta balanceada y estable. Entre las principales ventajas del arreglo de fríjol en relevo con maíz se tienen:

- Un aprovechamiento adecuado de la tierra disponible para los cultivos que, en el caso de la economía campesina, generalmente es escasa y es uno de los recursos que limitan la producción.
- Propicia una rotación de cultivos adecuada desde el punto de vista del manejo fitosanitario de ambas especies, ya que se trata

En la producción con buenas prácticas agrícolas, se recomienda la rotación o emplear el arreglo de maíz relevo fríjol en lugar de hacer siembras consecutivas de fríjol solo.

- de dos especies muy diferentes, cuyas enfermedades e insectos plagas son también diferentes.
- Al emplear los tallos de maíz como soporte del frijol voluble, se evita el empleo de otros materiales como las varas de madera, cuyo uso implica la tala de bosques y sus consecuencias negativas para el medio ambiente.
 - Permite disminuir los costos de producción del cultivo principal, que es el frijol, ya que se evita la compra de varas y algunas labores del tutorado, además de que se facilitan otras labores del cultivo como la preparación del suelo para la siembra.
 - Se da una diversificación en la producción, con dos fuentes básicas para la alimentación, como son el frijol y el maíz, lo cual mejora la seguridad alimentaria de la población.
 - Se mejora, además, la oferta de alimentos como el frijol y el maíz en estado chócolo, que tienen una alta demanda en los mercados de Antioquia.

Para tener éxito en el manejo del arreglo frijol en relevo con maíz se deben tener en cuenta detalles como el uso de variedades de maíz con características que las hagan aptas para el sistema: capacidad rendidora, tallo resistente, que mantenga su rigidez varios meses después de la maduración fisiológica, sistema radical amplio y profundo que proporcione buen anclaje a las plantas, y que produzcan un tipo de mazorca y de grano de buena aceptación en los mercados. El relevo requiere, además, un manejo agronómico adecuado del maíz para propiciar un desarrollo vigoroso y buen anclaje de las plantas para que puedan soportar la carga del frijol.

Por las ventajas antes analizadas, en la producción con buenas prácticas agrícolas se recomienda emplear el arreglo de frijol en relevo con maíz en lugar de hacer siembras consecutivas de frijol solo.

Época de siembra

En cultivos de economía campesina como el frijol, las épocas de siembra dependen de varios factores, en especial el clima (lluvias) y la disponibilidad de mano de obra del agricultor. Como la mayoría de los agricultores no utilizan riego para el cultivo, las siembras se hacen principalmente al inicio de los dos ciclos de abundantes lluvias en el año, marzo y abril en el primer semestre, septiembre y octubre, en el segundo. Generalmente en las áreas frijoleras se dan estas condiciones, y el régimen de lluvias muestra una tendencia bimodal, pero como llueve en casi todos los meses, esto les permite a los agricultores realizar siembras durante todo el año. Sin embargo, se recomienda realizar las siembras de frijol preferiblemente en aquellas épocas que permitan programar la cosecha o recolección en los períodos más secos, para que se faciliten el secado y el beneficio del frijol.

De otro lado, como la mayor parte de los agricultores utilizan la mano de obra familiar para las labores del frijol y de otros cultivos, en muchos casos condicionan la época de siembra a la disponibilidad de este recurso en la unidad familiar. Un caso típico de esta situación se presenta en la zona cafetera, donde las siembras de frijol y de otros cultivos diferentes al café se hacen principalmente en el primer semestre, debido que en el segundo semestre los agricultores emplean la mayor parte de su tiempo en las labores del cultivo, cosecha y beneficio del café.

Selección de la variedad

En la selección de las variedades que se van a sembrar se debe tener en cuenta varias consideraciones: que se adapten bien a las condiciones climáticas de la zona, que tengan un buen potencial de rendimiento por unidad de área y por unidad de semilla sembrada. La variedad escogida, en lo posible, debe tener resistencia comprobada a las enfermedades más limitantes del cultivo en la zona. Por último, y lo más importante, es que la variedad por su tipo de grano tenga aceptación en el mercado y que le garantice un buen precio de venta al agricultor para mejorar la competitividad del cultivo.

En el caso del frijol voluble en Antioquia, es bien conocida la preferencia en el mercado por los frijoles tipo cargamanto, que reúnen además algunas de las características antes mencionadas, con excepción de la resistencia a enfermedades. Por esta razón, entidades como Corpoica han estado investigando desde hace varios años para lograr obtener variedades mejoradas de frijol tipo cargamanto, que además de poseer un grano con las características deseadas de acuerdo con las preferencias del mercado, tienen resistencia a enfermedades y altos rendimientos.

Métodos de siembra

El método de siembra del frijol voluble es manual y consiste en hacer el surco, colocar en el fondo el correctivo (la cal) incorporado al suelo, aplicar luego la materia orgánica y el fertilizante compuesto y luego tapar con tierra y sembrar la semilla a chuzo, a una profundidad de dos a tres centímetros (figura 38).



Figura 38. Siembra del frijol voluble

Se recomienda realizar las siembras de frijol preferiblemente en aquellas épocas que permitan programar la cosecha o recolección en los períodos más secos, para que se faciliten el secado y el beneficio del frijol.

Las distancias de siembra varían de acuerdo con la topografía del terreno. Para terrenos planos se emplea una distancia de 1 m. entre surcos; en terrenos pendientes, la distancia entre surcos es mayor, entre 1.10 y 1.50 m. La distancia entre plantas recomendada es de 20 centímetros, colocando una semilla por sitio. Algunos agricultores acostumbran poner dos o tres semillas por sitio, con distancias entre plantas más amplias para tratar de asegurar una población de plantas adecuada, la cual sería recomendable en aquellos casos en que no se conoce la calidad de la semilla utilizada o se prevé el ataque de plagas o de patógenos en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Con cualquiera de las distancias de siembra mencionadas, se debe tratar de tener una densidad de población entre 40.000 y 50.000 plantas/ha. (Ríos, 2002).

Manejo de suelos y fertilización del cultivo

Características de los suelos de clima frío moderado del departamento de Antioquia

Los suelos de clima frío donde se cultiva el frijol generalmente son de baja fertilidad, con bajo contenido de nutrimentos y desbalances nutricionales, con pH que fluctúan entre fuertemente a moderadamente ácidos (entre 4,6 y 5,5). El aluminio intercambiable por lo general es menor de 3,0 cmol/kg de suelo; no obstante, puede llegar a representar hasta 60% de las bases intercambiables (Tamayo A., 2006).

En los suelos de clima frío, la materia orgánica cumple un papel preponderante en las propiedades físicas para generar suelos bien estructurados y estables. Esta materia orgánica aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico, sin embargo, contribuye en forma notoria en la capacidad de intercambio catiónico —CIC—. Los cultivos de clima frío moderado, como el frijol, responden muy bien a la aplicación de materia orgánica de rápida mineralización. Otra característica importante de estos suelos es la alta capacidad de cambio aniónico y de fijación de fosfatos, lo cual se atribuye a su alto contenido de alofana, un mineral amorfo que contiene mucho aluminio. Además, gran parte del potasio total es orgánico, debido a que la mineralización de la materia orgánica es muy baja (Tamayo, 2005).

En relación con las propiedades físicas, estos suelos son de texturas francas: franco arcillosos a franco limosos y también arenosos. Se encuentran varios tipos de estructura, predominando la estructura granular. Debido a estas características, los suelos poseen muy buen drenaje interno y externo y una baja capacidad de retención de humedad.

Requerimientos de nutrientes del frijol

El frijol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P.

La información que se muestra en la tabla 2 da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el fríjol, obtenida a partir de trabajos realizados en el trópico con fríjoles de hábito de crecimiento I (determinado arbustivo). Es de esperar que, para el caso de fríjol de hábito IV (voluble), cuya producción en tallos y vainas es más alta, la demanda por nutrientes sea mayor. Surge entonces la necesidad de adelantar estudios locales sobre absorción de nutrimentos del fríjol que se relacionen con las condiciones del cultivo en cada lugar, y así llegar a tener la recomendación más ajustada para cada caso en particular.

Tabla 2. Exigencias minerales del fríjol.

Componentes de la cosecha	kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	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.

Contenido de nutrientes del suelo

Un parámetro fundamental para determinar la cantidad de nutrientes para aplicar en un cultivo es conocer las cantidades de estos elementos que contiene el suelo, y la forma de determinarlas es mediante el análisis químico en el laboratorio. El ICA ha diseñado unas recomendaciones para la correcta toma de muestras de suelo y su envío al laboratorio para el análisis químico (ICA, 1980). La aplicación fiel de estas recomendaciones y el análisis de los resultados con la asesoría de técnicos conocedores de la zona y del cultivo, permiten diseñar la recomendación de fertilización más adecuada en cada caso.

Análisis de suelos

Importancia

En el campo es de primordial importancia realizar un correcto muestreo del suelo para que sea representativo del área o lote homogéneo del que se desea la información. En esta fase se deben tener criterios claros para seleccionar el área homogénea por su posición fisiográfica, topografía y relieve, drenaje natural, grado de erosión, uso y manejo.

El adecuado muestreo del suelo permite evaluar su fertilidad natural con anticipación a la siembra o durante el crecimiento del cultivo. Los resultados del análisis físico-químico del suelo indicarán la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, y proporcionarán la información necesaria para las recomendaciones de abono orgánico, enmiendas y fertilizantes.

Realice análisis químico del suelo de su finca por lo menos una vez cada dos años.

Es importante que el análisis se lleve a cabo en un laboratorio acreditado que demuestre su competencia en procedimientos y personal. Los resultados deben estar disponibles dentro de los registros de la unidad productiva para la toma de decisiones. Igualmente, deben ser actualizados con una periodicidad no mayor de dos años.

Procedimiento para la toma de muestras

Delimitación de las áreas. Recorra la finca y haga un plano o croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, en cuanto al tipo de suelo, apariencia física y clase de manejo recibido anteriormente, donde ubique los detalles más importantes de la finca como lo son: partes altas o bajas, planas o inclinadas, coloración del suelo, si es arenoso o pesado, vegetación alta, media o baja, riesgo de encharcamiento, áreas que no se han trabajado ni fertilizado, y áreas trabajadas y fertilizadas. En todo caso, procure tomar siempre, en forma separada, muestras de áreas que, usted ha observado, le producen de forma diferente.

Época de muestreo. En suelos no sembrados anteriormente, haga el muestreo de dos a tres meses antes de la siembra; en cultivos de ciclo corto como el frijol, dos meses antes de la siembra.

Herramientas y materiales necesarios. Para la toma de la muestra en cada lote utilice, los implementos necesarios como pala o barreno, machete, bolsa plástica y balde.

Toma de la muestra de suelos: Recorra los lotes al azar en forma de zig-zag y, cada 15 o 30 pasos, tome una submuestra.

Pasos para tomar la submuestra:

- Limpie la superficie del terreno.
- Haga un hueco en forma de "V" de 20 a 30 cm de profundidad.
- De uno de sus lados tome una porción de 2 a 3 cm de espesor.
- Con un cuchillo o machete quite los bordes.
- Deposite la parte separada (submuestra) en el balde y repita la operación.
- Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 12 a 15 por ha) se mezclan homogéneamente y se toma 1 kg aproximadamente.
- Ésta es la muestra compuesta requerida para el análisis.

Interpretación. Para la interpretación de los resultados del análisis de suelos es conveniente tener los rangos de los contenidos de los elementos en el suelo, establecidos para el frijol. A continuación, se mencionan los rangos generales para frijol y las dosis recomendadas de acuerdo con estos rangos para fósforo y potasio.

Tabla 3. Recomendaciones de fertilizantes fosfatados, basadas en la experimentación realizada con fríjol en clima medio y frío en Colombia.

	Límite crítico tentativo Categoría (mg/kg)	Dosis de P₂O₅ (kg/ha)
Bajo	menor de 15	100 – 50
Medio	15 - 30	50 – 100
Alto	mayor de 30	0 – 50

Tabla 4. Recomendaciones de fertilizantes potásicos con base en la experimentación realizada con fríjol en suelos de clima medio y frío en Colombia

	Límite crítico tentativo Categoría (cmol/kg)	Dosis de K₂O (kg/ha)
Bajo	menor 0,20	40 – 60
Medio	0,20 – 0,40	20 – 40
Alto	mayor de 0,40	0 – 30

Niveles críticos de materia orgánica y nitrógeno

La materia orgánica es fuente principalmente de nitrógeno, fósforo, azufre y algunos elementos menores. Mejora las propiedades físicas del suelo y tienen gran influencia en la capacidad de intercambio catiónico.

Tabla 5. Niveles críticos de materia orgánica para clima frío

Bajo	Medio	Alto
Menor del 5%	5-10%	Mayor del 10%

Fuente: Marín, citado en ICA, 1980

En términos generales, el contenido de materia orgánica dividido por 20 es igual al porcentaje de nitrógeno. De acuerdo con lo anterior, se han determinado unos niveles críticos de nitrógeno como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles críticos de nitrógeno

Nivel de disponibilidad	Porcentaje total de nitrógeno
Muy Pobre	0 - 0,10
Pobre	0,10 – 0,15
Mediano	0,15 – 0,25
Rico	0,25 – 0,30
Muy rico	Mayor de 0,30

Fuente: Tomado de Guerrero Ricardo, citado en SIADA, 1993.

Niveles de calcio y magnesio

En general, es difícil establecer niveles críticos en el suelo para estos elementos de las plantas. En la mayoría de los casos, se debe tener en cuenta la calidad del elemento intercambiable, así como el porcentaje de saturación en el complejo de cambio, el pH del suelo y las relaciones entre sí. En la tabla 7 se presentan algunos estimativos sobre el contenido de bases intercambiables del suelo (Ca y Mg). Sin embargo, es más importante tener en cuenta las relaciones entre las mismas bases que interpretarlas en términos absolutos. Una de las situaciones más comunes de la fertilidad de los suelos colombianos está relacionada con la relación Ca/Mg en el complejo coloidal del suelo. Normalmente se espera que el suelo tenga más calcio que magnesio intercambiable, o sea que la relación Ca/Mg sea superior a la unidad.

Con respecto al frijol, no se encuentra información específica sobre niveles críticos de estos elementos en el suelo, con el fin de tomar decisiones sobre recomendaciones para la fertilización del cultivo con ellos.

Tabla 7. Estimativo conceptual sobre la cantidad de las bases intercambiables en el suelo

Elemento	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Calcio	Cmol/kg	menos de 3	3 a 6	más de 6
	Porcentaje de saturación	menos de 30	30 – 50	más de 50
Magnesio	Cmol/kg	menos de 1,5	1,5 – 2,5	más de 2,5
	Porcentaje de saturación	menos de 15	15 – 25	más de 25

Fuente: Adaptado de ICA, 1980.

Acidez y encalamiento

Se consideran normales para el cultivo de frijol aquellos suelos que tienen un pH entre 5,0 y 7,5. Además, con contenidos de calcio y magnesio superiores a 3,0 y 0,8 cmol/kg o saturaciones del 30 y el 10%, respectivamente.

En Colombia, un alto porcentaje (entre 40 y 50%) de los suelos ubicados en clima medio y frío donde se cultiva frijol, presentan algunas limitaciones por pH bajos o alta saturación de aluminio, o por deficiencias de calcio o magnesio o de ambos, o por tener relaciones Ca/Mg muy amplias.

Para suelos con pH bajo, altos contenidos de aluminio intercambiable y bajos en calcio y magnesio, todas ellas condiciones comunes en las áreas productoras de frijol, se ha tenido una respuesta positiva con la aplicación de cal en dosis de 1,2 y 2 ton/ha antes de la siembra, complementada con 250 a 500 kg/ha de cal al momento de la siembra. Cuando la relación Ca/Mg es muy amplia (3-6/1 o más), o el contenido de magnesio en el suelo es menor de 0,8 cmol/kg, la cal que se aplique debe ser dolomítica. figura 39

Fuentes de nutrientes más comunes

En la tabla N.º 8 se presentan las fuentes de nutrientes o fertilizantes más comunes y sus contenidos. Este instrumento debe ser usado por el asistente técnico para ajustar las recomendaciones de

fertilización del cultivo, basadas, además, en los resultados del análisis químico del suelo.



Figura 39. Aplicación de cal en frijol.

Tabla 8. 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				14-17		10-13
Cal dolomítica				25-30	7-12	
15-15-15	15	6,5	12,5			
14-14-14	14	6,1	11,7			
10-20-20	10	8,7	16,7			
10-30-10	10	13,1	8,3			
Estiércol de ganado (seco)	2	0,6	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 $P_2O_5 = P \times 2,29$
 $K_2O = K \times 1,20$

Fuente: Adaptado de Flor, 1985.

Un parámetro fundamental para determinar la cantidad de nutrientes para aplicar en un cultivo es conocer las cantidades de estos elementos que contiene el suelo, y la forma de determinarlas es en el laboratorio mediante un análisis de fertilidad de suelos.

Ensayos de respuesta agronómica

Otra de las formas para determinar la recomendación en fertilización es la realización de ensayos de respuesta agronómica, que consisten en aplicar los nutrientes esenciales combinando diferentes dosis de acuerdo con diseños de tratamientos predeterminados; este método fue muy utilizado entre los años 1960 y 1980. El ICA realizó numerosos experimentos sobre fertilización en frijol entre 1971 y 1980, y encontró respuesta positiva a una fórmula 20-40-20 de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, y 2 t/ha de materia orgánica (Tobón, 1980).

Método de aplicación de los fertilizantes

Debido a la alta capacidad de fijación del fósforo en los suelos de clima frío donde se cultiva el frijol, se recomienda la aplicación localizada de los fertilizantes, en especial cuando se trata de fuentes de fósforo. La aplicación localizada disminuye la fijación de este elemento en el suelo y mejora su disponibilidad para el cultivo. Como el frijol tiene un sistema radicular poco extenso y además se siembra en surcos, es recomendable aplicar los fertilizantes en banda, al fondo del surco. Si se utiliza este método de aplicación del fertilizante, se debe evitar el contacto directo del fertilizante con la semilla por cuanto se le pueden causar daños, especialmente en el caso de productos que desprendan amoníaco, como también de fertilizantes con alto índice de salinidad (Guerrero, 1988).

Época de aplicación de los fertilizantes

Como el frijol es un cultivo de ciclo corto que, para el caso del clima frío moderado, dura cinco meses en promedio, se ha encontrado que la fertilización puede hacerse una sola vez y al momento de la siembra. De esta manera se logra que los nutrientes estén disponibles cuando la planta está en condiciones de absorberlos a través de las raíces y en las etapas de mayor demanda. Además, es necesario tener en cuenta que generalmente en frijol se utilizan fertilizantes compuestos que son de lenta solubilidad en el suelo.

Eficiencia de los fertilizantes

Estudios en este campo han permitido determinar, por ejemplo, que los fertilizantes nitrogenados tienen una eficiencia del 50% aproximadamente (Graham, citado por Flor, 1985). Este autor muestra que no existe mucha diferencia entre el sulfato de amonio, el nitrato de amonio y la urea, como fuentes de nitrógeno.

Por otra parte, se ha determinado que los fertilizantes fosfatados tienen una eficiencia del 20%, pero Fassbender (citado por Flor, 1985), especifica un poco más y menciona que la eficiencia depende del tipo de suelo y, para el caso de los andosoles, es apenas de 5 a 10%. González, López y Mejía (citados por Flor, 1985) han encontrado, además, en suelos derivados de cenizas volcánicas, fijaciones hasta del 90% del fósforo agregado al suelo. En el caso del potasio, la eficiencia de los fertilizantes potásicos se estima en promedio en un 50%.

En resumen, para determinar la fertilización más adecuada de un cultivo es necesario tener en cuenta las características del clima, y las del suelo en cuanto a condiciones químicas, contenido de nutrientes y características físicas, especialmente la densidad aparente, el concepto de exportación o extracción de nutrientes del cultivo, la eficiencia de los fertilizantes y la respuesta agronómica del cultivo a la fertilización. En el caso del fríjol, éste consume cantidades altas de nitrógeno, potasio y calcio, y cantidades más bajas de fósforo, magnesio y azufre. Es necesario agregar que al concepto de fertilizar el cultivo, hay que añadir otros, como restituirle al suelo los nutrientes extraídos por el cultivo y fertilizar el suelo, que incluyen conocer y manejar sus microorganismos, y el uso de acondicionadores como cal y materia orgánica.

Manejo y conservación de los suelos

El manejo y la conservación de los suelos de ladera se debe hacer mediante el uso de tecnologías de bajo impacto ambiental, que incluyen técnicas como el cultivo en franjas, rotación de cultivos, labranza reducida, manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, uso de abonos biológicos y orgánicos, reciclaje de desechos, uso de coberturas vivas y muertas, incorporación de residuos de cosecha y abonos verdes, empleo de sistemas agroforestales, manejo eficiente del riego y manejo integral de las explotaciones agropecuarias (Corpoica, 1997).

En zonas de alta pluviosidad, la conservación de los suelos en áreas de vertiente debe apuntar a establecer y manejar prácticas culturales, mecánicas y biológicas en forma integral, que minimicen los procesos erosivos. Por tanto, es importante evaluar diferentes prácticas y explorar nuevas alternativas de manejo y sostenibilidad de los suelos mediante la estratificación de los cultivos a lo largo de la pendiente. Por ejemplo, establecer en la parte más alta y con mayor grado de inclinación las plantas de mayor cobertura natural como bosques y frutales. En la parte intermedia, los cultivos semestrales y limpios acompañados de prácticas de conservación. En la parte más baja, de menos pendiente, los cultivos de laboreo intensivo como las hortalizas en rotación dentro de la franja. La separación entre franjas de cultivos se hace mediante la siembra de barreras vivas, que disminuyan la velocidad de la energía cinética de las aguas de esorrentía.

Mediante la rotación de cultivos como papa, maíz y fríjol voluble entre las franjas y dentro de ellas, como se hace con las hortalizas, se pretende la conservación de la bioestructura del suelo, debido al diferente hábito radicular de estas plantas, y a su variación como cobertura vegetal; además, la extracción y el reciclaje diferencial de nutrientes que ejercen en el suelo conduce a la sostenibilidad de los suelos y, con ello, a una agricultura más competitiva y sostenible.

Para evitar el deterioro de los suelos, aplique prácticas de manejo adecuadas como labranza reducida, siembras a través de la pendiente y en curvas de nivel, barreras vivas, cultivos en franjas, cultivos en rotación y uso de coberturas, entre otras prácticas.

Las curvas a nivel son aquellas cuyos puntos están a la misma altura. Al sembrar sobre estas curvas, cada hilera o surco de plantas se convierte en un obstáculo para el paso del agua de escorrentía, y disminuye así su volumen, velocidad y capacidad de arrastre del suelo.

Las barreras vivas son hileras de plantas permanentes, sembradas densamente a través de la pendiente, por lo general en contorno o en curvas a nivel. El objetivo principal de estas barreras es reducir el volumen y la velocidad del agua que corre sobre la superficie como también retener el suelo.

Los cultivos en franjas consisten en áreas de terreno con dimensiones que varían de 4 a 30 metros de ancho, por 50 a 100 metros de largo, trazadas a través de la pendiente, separadas unas de otras por barreras vivas explotadas con el mayor uso de prácticas de bajo impacto ambiental, para incrementar el efecto del control de la erosión y marcar definitivamente el trazo de las curvas de nivel. En estas franjas se pueden establecer cultivos permanentes, semipermanentes y transitorios. Para incrementar la eficiencia de las franjas en el control de la erosión, los cultivos permanentes se establecen en la parte alta de las laderas o cabecera del lote, y en la parte media los transitorios, como frijol, maíz y papa, que se manejan mediante sistemas de rotación de cultivos dentro y entre franjas.

La rotación de cultivos se refiere a la siembra repetida de diferentes cultivos sobre un mismo terreno, caracterizados por distintos hábitos de crecimiento, grados de susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, requerimientos nutricionales y manejo agronómico; es una práctica que contribuye de modo eficaz a controlar la erosión y a mantener la productividad del suelo.

En cuanto a la rotación del frijol, además del arreglo de siembra maíz relevo frijol, existen otras formas de rotación con especies como papa, maíz y hortalizas. La rotación con maíz es de mucha aplicación en el manejo integrado de plagas por la especificidad de los patógenos y plagas que atacan estas dos especies. Otra ventaja de la rotación es la diversificación de la producción, que le permite al agricultor la obtención de ingresos provenientes de varios renglones, al igual que la utilización permanente de su mano de obra familiar en las labores de la unidad productiva.

Adquisición y almacenamiento de abonos y fertilizantes

De acuerdo con los requerimientos del cultivo, se deben adquirir los abonos y fertilizantes necesarios según las normas establecidas en cuanto a registro de comercialización y uso del producto. De igual forma, el empaque debe contener la información necesaria para el uso y manejo apropiados. Los abonos orgánicos deben ser debidamente compostados y adquiridos en sitios autorizados para su producción y expendio.

El almacenamiento de los abonos y fertilizantes debe cumplir con los siguientes aspectos:

- Los abonos orgánicos y fertilizantes químicos deben estar almacenados en un área cubierta apropiada para protegerlos de las inclemencias atmosféricas (como sol, heladas, granizo y lluvia).
- Los fertilizantes químicos y abonos orgánicos deben estar almacenados en un área libre de residuos, que no constituya criaderos de insectos y roedores y donde los derrames o goteos sean eliminados.

- El requisito mínimo es que haya un espacio de aire separando ambos recintos, y así prevenir la contaminación cruzada entre los fertilizantes y los productos fitosanitarios.
- Todos los fertilizantes químicos y abonos orgánicos deben estar almacenados de tal manera que presenten el menor riesgo posible de contaminación de las fuentes de agua y otras formas de contaminación ambiental. Por ejemplo, en el caso de almacenes de fertilizantes líquidos debe haber muros de retención para contener posibles derrames.
- Los fertilizantes químicos y abonos orgánicos se almacenan de forma separada de los productos cosechados y de las semillas.
- El almacenamiento debe ser separado de las paredes del recinto de almacenamiento, sobre estibas, y la altura de los arrumes debe permitir evitar accidentes.
- El área de almacenamiento de abonos y fertilizantes debe estar señalizada.

Compostaje

Es un proceso de bio-oxidación (degradación y resíntesis) de sustratos sólidos orgánicos por organismos descomponedores, hasta la obtención de un producto heterogéneo denominado compost, que tiene apariencia completamente diferente del material de origen y se caracteriza por su estabilidad química y sanitización.

Compost o abono orgánico

El compost es un abono orgánico de excelente calidad que se prepara a partir de hierbas, pulpa de café, tallos de trigo, cebada, arroz y avena, basuras, estiércol y todo material orgánico susceptible de ser biodegradado en condiciones controladas. Básicamente, consiste en combinar o mezclar distintos materiales orgánicos en condiciones propicias para su descomposición rápida. En la figura 40 se ilustra la forma como se estratifica, siguiendo una secuencia: residuos orgánicos de cosecha (20 cm), cal o cenizas (1-2 kg), estiércoles (5-10 cm) etc. El montón así formado debe tener una altura máxima de 1 a 1,5 metros y de ancho 2 a 3 metros. A la pila, que se cubre con plástico, se le abren dos o tres orificios para facilitar la ventilación. Luego de dos o tres meses de formado el montón se destapa y se voltea la pila, haciendo una inversión de las capas internas y externas, se forma de nuevo la pila, y se cubre conservando los huecos para ventilación. Al cabo de tres o cuatro meses estará listo el abono orgánico artificial o compost para aplicar a la tierra. Otras fuentes, como residuos de cosechas y abonos verdes, aportan materia orgánica cuando se adicionan al suelo.

Aplique los fertilizantes al frijol en el momento de la siembra o en un tiempo cercano a esta época, ya que se trata de un cultivo de ciclo corto que requiere tener disponibles los nutrientes necesarios en forma oportuna.

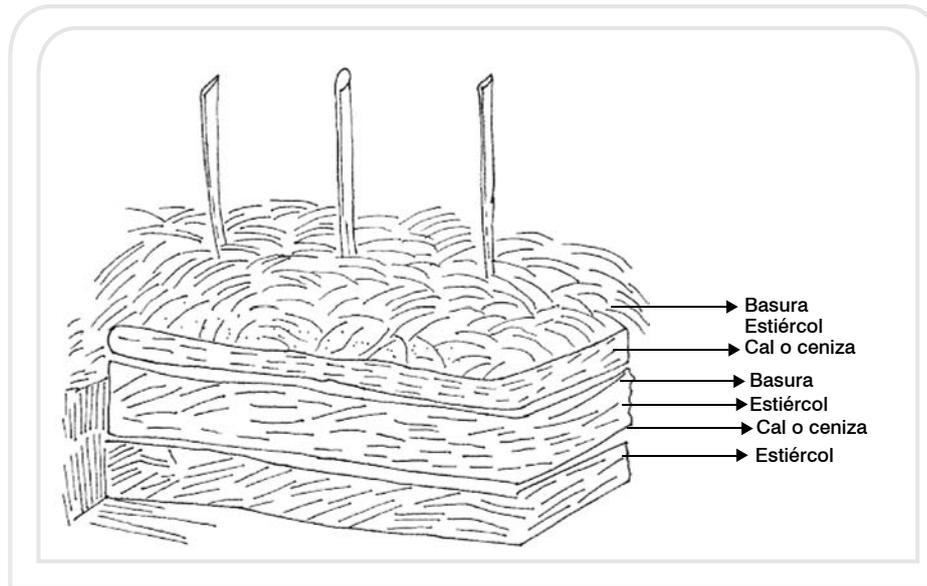


Figura 40. Estratificación del compost.

Microorganismos del compost

Son las bacterias, hongos actinomicetos, protozoos y otros, principales responsables de la degradación de materia orgánica. Las colonias varían a lo largo del proceso y según la profundidad en la pila. Su diversidad no permite que el proceso se detenga.

Elección del sitio para la compostera

El sitio para la compostera debe contar con fácil acceso, superficie firme, barreras naturales y techo.

La simbiosis *Rhizobium*-leguminosa

La fijación biológica de nitrógeno atmosférico —FBN— constituye una fase clave del ciclo del nitrógeno en la naturaleza, su forma molecular N_2 no es absorbida por los eucariotes como las plantas, excepto por ciertos procaríotes, aunque las leguminosas lo hacen directamente en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* (Alexander, 1971; 1977).

Los *Rhizobium* son bacterias Gram negativas y aerobias obligadas que pertenecen a la familia Rhizobiaceae. Entre ellos se encuentran los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y *Azorhizobium*. Estos microorganismos del suelo forman una asociación simbiótica con distintas especies de plantas, durante la cual son capaces de llevar a cabo la fijación del nitrógeno molecular. En la simbiosis las bacterias se encuentran en las raíces de las plantas dentro de estructuras llamadas nódulos. Ni las

plantas ni estas bacterias aisladamente fijan el nitrógeno diatómico (N_2) para convertirlo en amonio.

El nitrógeno es muy abundante en la atmósfera, sin embargo, las plantas no pueden utilizarlo en su forma elemental y tienen que obtenerlo del suelo principalmente en forma de nitratos. La fijación biológica de nitrógeno es un proceso clave en la biosfera, por el cual microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. El grupo de bacterias, que se conoce colectivamente como rizobios, induce en las raíces (o en el tallo) de las leguminosas la formación de estructuras especializadas, los nódulos, dentro de las cuales el nitrógeno gaseoso es reducido a amonio. Se estima que este proceso contribuye entre un 60-80% a la fijación biológica de nitrógeno. La simbiosis es inhibida si existe un exceso de nitrato o de amonio en el suelo.

¿Qué es la fijación del nitrógeno?

El nitrógeno (N) es un elemento necesario en los procesos químicos vitales, forma parte de las macromoléculas informacionales, como los ácidos nucleicos y las proteínas, se encuentra presente en el 80% de los gases que conforman la atmósfera y su asimilación es el proceso más importante, después de la fotosíntesis, para el crecimiento y desarrollo óptimo de los vegetales. La necesidad del nitrógeno y su presencia ambiental se convierte en un proceso paradójico, porque su fijación sólo puede ser realizada por un selecto grupo de bacterias. Esto se debe a la incapacidad de las plantas y los animales para asimilar el nitrógeno atmosférico. El nitrógeno es esencial para la agricultura. Existen dos formas de proveerlo a los cultivos: mediante fertilizantes o utilizando el nitrógeno atmosférico. Durante mucho tiempo la reducción química del nitrógeno ha servido para la producción de fertilizantes, los que a su vez han hecho posible alimentar al 40% de la población mundial. Sin embargo, la producción y el consumo de los fertilizantes químicos se incrementaron enormemente en las últimas décadas, lo cual ocasionó severos trastornos en ecosistemas del planeta.

El establecimiento de la simbiosis para atrapar el N_2 entre *Rhizobium* y la leguminosa es un proceso complejo, donde la formación de nódulos y la captación del N_2 se dan en etapas sucesivas. El *Rhizobium* induce en la leguminosa el desarrollo de nódulos en su raíz, luego los dos organismos establecen una cooperación metabólica: las bacterias reducen N_2 a amonio (NH_4), el cual exportan al tejido vegetal para su asimilación en proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos, las hojas reducen el CO_2 en azúcares durante la fotosíntesis y lo transportan a la raíz donde los bacteroides de *Rhizobium* lo usan como fuente de energía para proveer ATP al proceso de inmovilizar N_2 .

Pero, ¿cómo se produce la simbiosis? El *Rhizobium* y la planta establecen un diálogo molecular que prepara en las células de la raíz un hábitat (nódulos y estructuras globulares), donde la bacteria se establece y evade la respuesta de defensa de la planta. En esta estructura se realiza el proceso de fijación del nitrógeno atmosférico que es reducido para crear amonio, compuesto utilizado por el frijol para crecer. Esta forma de fijación de nitrógeno equivale a una fertilización biológica anticontaminante, porque no incrementa los nitratos en el suelo y promueve una agricultura sustentable.

Graham y Rosas (1977) reportaron que existe una gran variabilidad genética en relación con la capacidad de fijación de N_2 , y que los genotipos tardíos fijan más nitrógeno que los precoces (Graham y Halliday, 1977).

Un factor que limita el proceso simbiótico entre la leguminosa y el *Rhizobium* es la disponibilidad de fósforo por el alto consumo de ATP de las reacciones enzimáticas. El requerimiento de este elemento se hace evidente a medida que el rendimiento del cultivo comienza a disminuir en aquellos tratamientos que no cuentan con un aporte del nutriente, o que no tienen el acompañamiento de la inoculación con hongos formadores de micorrizas arbusculares, los cuales se convierten en un mecanismo indispensable dentro del proceso de fijación de nitrógeno atmosférico por su mayor capacidad de tomar el fósforo en suelos con limitada disponibilidad; este efecto sinérgico se conoce como la simbiosis tripartita (planta-hongo-bacteria). De hecho, cuando hay bajos niveles de fósforo, es posible la penetración de la bacteria en el hospedero, la infección permanece latente y no se forman nódulos.

Dentro de los nódulos las bacterias se convierten en bacteroides, que son células más grandes que los *Rhizobium*, que se encuentran en el suelo y que llevan a cabo la fijación de nitrógeno, porque son capaces de formar la enzima nitrogenasa, responsable de la conversión del nitrógeno molecular en amonio. Debido a esta simbiosis, la planta recibe nitrógeno que puede utilizar para sí misma, mientras que las bacterias utilizan moléculas que les proporciona la planta. La simbiosis se inhibe si hay exceso de nitrato o amonio en el suelo.

La asociación *Rhizobium*/leguminosa es responsable de la fijación de por lo menos 35 millones de toneladas de nitrógeno anualmente, lo cual es altamente importante en los países de América tropical, donde la deficiencia de nitrógeno es uno de los factores que más limitan la producción de cultivos. Sin embargo, es importante considerar que la cantidad de nitrógeno fijado por el frijol es muy diversa; depende de la variedad, de la eficiencia fijadora de la bacteria *Rhizobium* y de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Ballesteros y Lozano, 1994).

La utilización de un *Rhizobium* infectivo (con capacidad de nodular) y efectivo (eficiente para la fijación del N_2) en la leguminosa implica determinar la necesidad de inoculación. Para ello se corrobora la existencia del tipo de *Rhizobium* nativo en el suelo, su eficiencia para fijar N_2 , la concentración de N en el suelo y si la leguminosa elegida se siembra con frecuencia en la región para mantener su rendimiento. Lo ideal es seleccionar un *Rhizobium* altamente infectivo y efectivo para lograr una disminución máxima del fertilizante nitrogenado, sin decremento en el rendimiento de la leguminosa.

En general, la inoculación se puede recomendar para una zona agrícola que se sembrará con una nueva especie de leguminosa. Para controlar la calidad de un inoculante de una leguminosa específica, es necesario mantener un número de *Rhizobium* de aproximadamente 10⁶ bacterias/g

de inoculante (FAO, 1995) y determinar si es específico para la leguminosa a prueba. Así, un producto microbiano o inoculante debe por lo menos mantener la productividad de un cultivo agrícola con menos dosis de fertilizante nitrogenado, lograr con ello un ahorro en el costo de producción, minimizar la contaminación de aguas superficiales y mantos acuíferos y por supuesto ayudar en la conservación del suelo, en un esquema de producción sostenible.

Existen varios tipos de inoculantes, pero el más común es un soporte a base de turba impregnada con un cultivo bacteriano. Los inoculantes han sido comercializados desde 1980, no obstante, como un producto biológico, requieren un riguroso control de calidad de tipo microbiológico que garantice el éxito esperado con la leguminosa seleccionada. Un manejo inadecuado en su producción trae como consecuencia una baja efectividad al aplicarse en la leguminosa, por las siguientes razones (Sánchez-Yáñez, 1997):

- Deficientes preparación, manejo y almacenamiento, tanto en laboratorio como durante la comercialización y aplicación por parte de los fabricantes, comerciantes y agricultores.
- Incompatibilidad del tipo de *Rhizobium* comercial y la leguminosa seleccionada.
- Condiciones adversas para la infección y la actividad bacteriana, como concentraciones elevadas de N, metales pesados y antagonismo microbiano nativo del suelo donde se pretende aplicar.
- Actividad del *Rhizobium* nativo del suelo contra el introducido, en general porque los *Rhizobium* autóctonos son infectivos, pero no son eficientes en la fijación de N_2 . Por lo cual, para mejorar el rendimiento del fríjol y otras leguminosas, es necesario seleccionar un nativo altamente infectivo y efectivo y además agregar pequeñas cantidades de fertilizante nitrogenado (aproximadamente 20 kg de N/ha), lo cual estimula la nodulación, para alcanzar hasta un 70-75% de nitrógeno fijado proveniente de la atmósfera. Este fenómeno depende de la interacción entre los genotipos del hospedero y el tipo de *Rhizobium*, mientras que con altas concentraciones de fertilizante nitrogenado se inhibe la fijación simbiótica del nitrógeno. Es evidente que la eficiencia para fijar N_2 depende del tipo de *Rhizobium* y la leguminosa hospedera (Tamez y Peña-Cabriales, 1989).

Uso de leguminosas en el mejoramiento del suelo

En general se ha aceptado que las leguminosas tienen una importancia decisiva en el mejoramiento de las condiciones del suelo, y ello es importante para el mejoramiento de suelos de ladera de la Zona Andina donde se cultiva el fríjol, pues estos suelos acusan deficiencias nutricionales, alta fijación de fósforo y altos grados de acidez, a causa de grados de erosión severos.

La simbiosis de frijol y bacterias nitrificantes podría ser una práctica muy importante para el mejoramiento del suelo, como se desprende por las cantidades de nitrógeno fijadas por el frijol (40-70 kg/ha de N) y Caupi (73-374 kg/ha de N) (FAO, 1985).

Científicos de la Universidad Autónoma de México descifraron la secuencia del genoma de la bacteria *Rhizobium etli*, una Rhizobiácea inocua, huésped de la planta del frijol, y que permitió el desarrollo de biofertilizantes, los cuales mejoran la calidad de los cultivos de frijol y reducen el uso agrícola de fertilizantes nitrogenados. Los beneficios de la aplicación de fertilizantes biológicos no se aprecian solamente en términos económicos, sino que además eliminan los efectos nocivos de la fertilización nitrogenada en la absorción, asimilación y disponibilidad de los diferentes nutrientes como el fósforo.

En la búsqueda de alternativas que mejoren las condiciones de nutrición de diferentes cultivos con efectos positivos en la salud de las plantas, Corpoica ha venido trabajando con las micorrizas Vesículo arbusculares —MVA— y bacterias del género *Rhizobium*, consideradas en la actualidad y en el ámbito mundial como biofertilizantes y bioprotectores para la mayoría de cultivos, y fundamentales en los programas de manejo integrado de suelos y cultivos.

En la evaluación del efecto de diferentes tratamientos de fertilización biológica y mineral en el rendimiento y la calidad del frijol, se encontró lo siguiente: en Antioquia, en las localidades de Rionegro y San José del Nus, para el frijol cargamanto ICA viboral y el frijol corpoica 106, es posible reemplazar la fertilización química por fertilización biológica-mineral, ya sea con micorrizas o *Rhizobium* o con ambas. En el departamento de Cundinamarca, como en el caso anterior, hubo una respuesta significativa cuando se aplicó gallinaza, que demostró ser un activador de la fertilización biológica-mineral. En Santander, para las localidades de Enciso y Curití, se encontró que la combinación micorrizas MVA y cepas de *Rhizobium* en medio orgánico mejora el rendimiento y la calidad del frijol arbustivo (Tamayo V., 2006).

Síntomas de deficiencias nutricionales

Deficiencia de nitrógeno

Aunque el frijol es una leguminosa capaz de fijar simbióticamente nitrógeno en presencia de la cepa apropiada de *Rhizobium*, las dificultades edáficas, de variedad o de inoculación pueden limitar la fijación, y obligar a la planta a depender del nitrógeno del suelo o de los fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo. La deficiencia de nitrógeno es más frecuente en los suelos con bajo contenido de materia orgánica. También ocurre en suelos ácidos donde los niveles tóxicos de aluminio o manganeso, o las deficiencias de calcio y magnesio, restringen la descomposición microbiológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium* (CIAT, 1980).

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno son evidentes tan pronto como las hojas bajas de la planta toman un color verde pálido y, eventualmente, muestran amarillamiento. Tal coloración avanza gradualmente hacia arriba (figura 41). El crecimiento de la planta es raquítico y los rendimientos disminuyen (CIAT, 1980). El nivel óptimo de nitrógeno en las hojas jóvenes al inicio de la floración es del 5%. Las hojas con síntomas de deficiencia generalmente tienen menos del 3% de nitrógeno.



Figura 41. Coloración por deficiencia de nitrógeno en hojas de frijol

Deficiencias de fósforo

La deficiencia de fósforo es uno de los principales problemas nutricionales del frijol y muy particularmente en los andosoles de Colombia (CIAT, 1980). Las plantas de frijol deficientes en fósforo son raquílicas, tienen pocas ramas y las hojas bajas se vuelven amarillas y necróticas antes de alcanzar su madurez (figura 42). Las hojas superiores suelen ser pequeñas y de color verde oscuro. La deficiencia de fósforo reduce la floración y afecta la maduración (CIAT, 1980). Las hojas de las plantas con deficiencias generalmente contienen menos de 0,2% de fósforo. En las hojas adultas superiores un contenido de fósforo de 0,2 a 0,4% es óptimo durante la etapa de 10% de floración. En el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), se calculó un nivel crítico de 0,35% de fósforo.

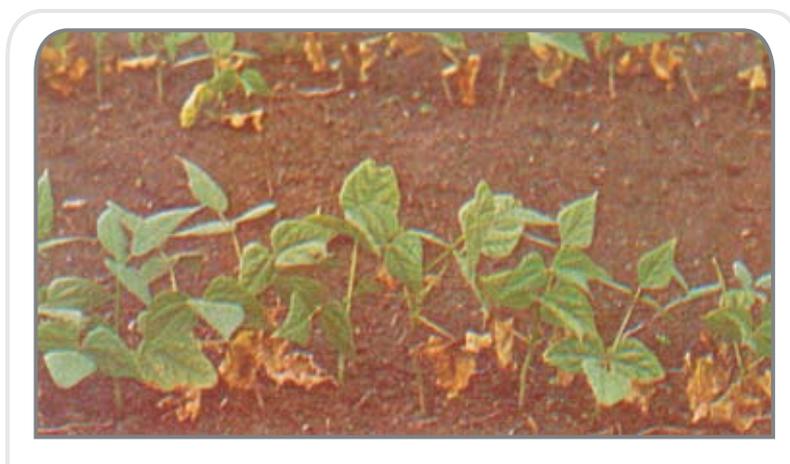


Figura 42. Coloración por deficiencia de fósforo en hojas de frijol

Es importante conocer e identificar los síntomas de deficiencias de nutrientes en el frijol para poderlos corregir de manera oportuna y apropiada. En el caso de tener dudas es posible ayudarse con los análisis foliares que permiten determinar dichas deficiencias con mayor precisión.

Deficiencia de potasio

Las deficiencias de potasio en frijol son poco frecuentes pero pueden ocurrir en oxisoles y ultisoles de poca fertilidad, o en suelos con alto contenido de calcio y magnesio (CIAT, 1980). Los síntomas típicos de deficiencia de potasio son amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes foliares. Estos síntomas aparecen primero en las hojas bajas y gradualmente se extienden hacia arriba (figura 43). En algunos casos de deficiencias muy marcadas pueden presentarse manchas necróticas (CIAT, 1980). El contenido óptimo de potasio en las hojas es del 2%. Las plantas con deficiencia tienen menos del 2% de potasio en las hojas superiores al iniciarse la floración.

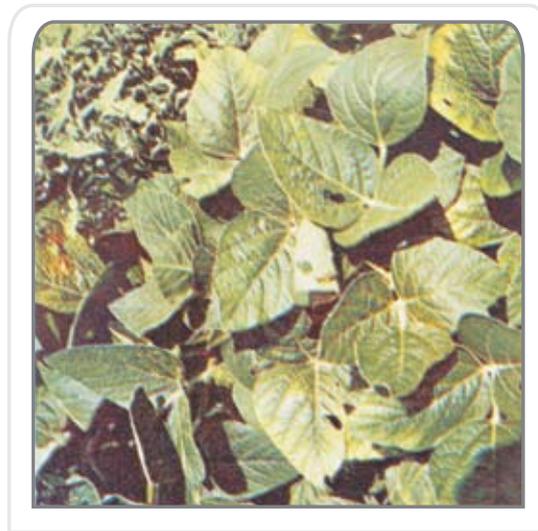


Figura 43. Síntomas por deficiencia de potasio en el frijol.

Deficiencia de magnesio

El magnesio es un componente básico de la clorofila y, por lo tanto, un nivel óptimo es vital para la fotosíntesis. La deficiencia de magnesio generalmente ocurre en suelos ácidos de poca fertilidad con bajo contenido de bases, y en suelos derivados de cenizas volcánicas con niveles relativamente altos de calcio y potasio.

La clorosis intervenal y la necrosis se presentan primero en las hojas más viejas (figura 44) y se extienden después a toda la hoja y al follaje más joven. Durante la época de estrés, la mayor parte del magnesio va a las hojas más viejas. El contenido de magnesio en las hojas de plantas con deficiencia generalmente es de 0,22 a 0,3%, y de 0,35 a 1,3% en las plantas normales (CIAT, 1980).



Figura 44. Síntomas por deficiencia de magnesio en el fríjol.

Riego

Es muy poca la experiencia que se tiene en relación con riego en el cultivo de fríjol en Colombia, ya que la mayor parte de las áreas productoras están ubicadas en la Zona Andina, donde existe un régimen de lluvias que, con muy pocas excepciones, permite la siembra de cultivos transitorios como el fríjol por dos cosechas en el año de acuerdo con este régimen y sin la aplicación de riego. Se exceptúa de esta condición la zona de influencia de la cordillera Oriental, donde el régimen de lluvias es unimodal, con una sola época de lluvias al año. Bajo estas condiciones, el fríjol se ha producido sin la aplicación de riego.

En el ámbito nacional, el INAT y Corpoica desarrollaron entre 1995 y 1997 el proyecto “Manejo de cultivos bajo riego en distritos de pequeña escala”, en once departamentos, que incluyen los pisos térmicos frío, medio y cálido. Para el caso del departamento de Antioquia, se estableció un distrito de riego a pequeña escala en el municipio de Olaya, subregión del Occidente antioqueño, donde se incluyeron cultivos de frutales y tomate de aliño. El área donde se estableció el distrito de riego corresponde al clima medio y a la zona agroecológica Mg. En el desarrollo de este proyecto se realizaron trabajos de riego en fríjol en Santander, Tolima y Nariño, en condiciones de clima frío y clima medio.

Para implementar un programa de riego se deben tener en cuenta varios factores, como balance y requerimientos hídricos, coeficientes de cultivo, cantidad y frecuencia del riego y calidad del agua.

Para regar el fríjol, es necesario conocer los requerimientos de agua del cultivo en cada una de las etapas de desarrollo y conocer además los datos de precipitación de la zona.

Balance hídrico

El balance hídrico permite observar y medir las condiciones hídricas promedias de una zona, considerando los valores medios de precipitación y evaporación. Con la interpretación gráfica del balance hídrico se pueden establecer las necesidades de riego o los excesos de agua para diferentes períodos de observación. Así, cuando la línea que describe la precipitación de una zona está por encima de la línea que describe la evaporación, se presentan el almacenamiento y los excesos de agua en el suelo; cuando sucede la situación opuesta, se presenta un déficit para el consumo de los cultivos. Con el balance hídrico y demás datos de las condiciones climáticas, se establecen las necesidades de riego en los cultivos (Corpoica, INAT, 1997). Para ilustrar este punto, se presenta en la figura 45 el balance hídrico de la zona de influencia del distrito de riego Piñones, en Olaya, Antioquia.

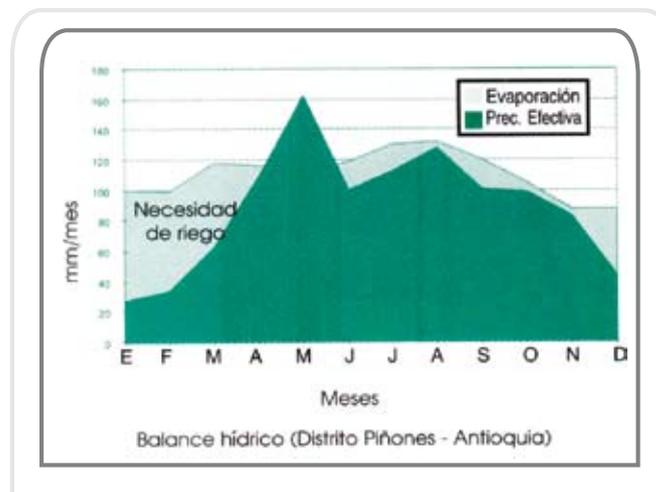


Figura 45. Balance hídrico (Distrito Piñones - Antioquia)

Requerimientos hídricos

Los requerimientos de agua de un cultivo dependen de varios factores, tales como el clima (temperatura y humedad relativa), el suelo (textura, densidad, porosidad, drenaje y topografía) y la variedad.

Es de esperar, para el caso del frijol, que las variedades tengan diferentes requerimientos hídricos, dependiendo de la duración del período vegetativo y del hábito de crecimiento.

En desarrollo del proyecto de pequeña irrigación ejecutado por el INAT y Corpoica, se hicieron estudios de requerimientos de agua del frijol voluble en clima frío, en distritos de los departamentos de Santander, Tolima y Nariño (tabla 9). El ciclo del cultivo se dividió en cuatro etapas: etapa inicial, etapa de desarrollo, etapa media y etapa final. Se determinó el requerimiento de agua del cultivo en cada una de estas etapas y el requerimiento total.

Como puede verse en la tabla 9, los requerimientos de agua del fríjol en tres distritos de riego, para cinco variedades de fríjol arbustivo y voluble, variaron entre 300 y 362,9 mm para el total del periodo vegetativo. Esta misma tabla y la figura 46 muestran que la mayor demanda de agua del cultivo ocurre en las etapas de desarrollo y etapa media, que corresponden a las etapas R6, R7 y R8, o sea floración, formación de las vainas y llenado de las vainas respectivamente. Por ejemplo, en el Distrito San Pedro, con la variedad cargamento blanco, la demanda de agua en la etapa inicial, desde la siembra hasta los 32 días, fue de 30 mm; en la etapa de desarrollo, durante 38 días demandó 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 duró 20 días, la demanda de agua fue de 50 mm. En este ejemplo, el ciclo del cultivo tuvo una duración de 140 días y el total de agua consumida fue de 300 mm.

Tabla 9. Requerimientos hídricos del fríjol para tres distritos de riego

DIS-TRITO	VARIEDAD	INICIAL		DESARROLLO		MEDIA		FINAL		TOTAL	
		Ciclo (días)	NH* (mm)	Ciclo (días)	NH (mm)						
Las Leonas	ICA										
	Guanenta Sangileño	20	58,4	40	178	30	81,5	20	45	110	362,9
Rosal del Monte	ICA										
	Rumichaca Bolon Rojo Cargamento blanco	32	30	38	75	50	160	20	55	140	320
San Pedro	ICA										
	Rumichaca Bolon Rojo Cargamento blanco	32	30	38	75	50	145	20	50	140	300

*NH: Necesidad Hídrica

Fuente: Tomado de INAT, Corpoica, 1997.

Coefficiente de cultivo (Kc)

Para determinar la demanda de agua de un cultivo es importante conocer también el coeficiente de cultivo o cultural, que es un coeficiente de tipo empírico que relaciona el consumo de agua con la etapa de desarrollo del cultivo. Para el caso del fríjol, el Kc es como se muestra en la figura 46.

Para determinar cuándo regar es muy útil la ayuda de un tensiómetro. En el caso del fríjol, cuando el tensiómetro marca un valor igual o superior a 25 en la escala, es el momento apropiado para iniciar las aplicaciones de agua.

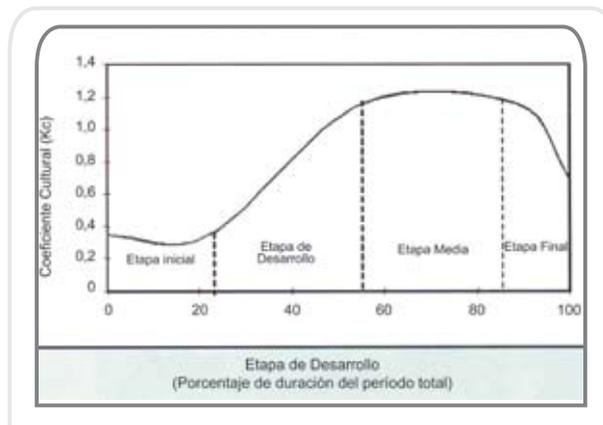


Figura 46. Coeficiente de cultivo (Kc) o cultural para la demanda de agua en el frijol

Cantidad y frecuencia del riego

Para tener éxito se debe regar lo justo. Regar de más, puede causar problemas; regar a destiempo resulta ineficiente. En ambos casos se pierden agua y dinero. Para decidir cuándo y cuánto regar hay que conocer la cantidad de agua que requiere el cultivo en cada momento de su desarrollo, y realizar el balance entre la oferta de agua disponible, de acuerdo con los datos de precipitación de la zona, y la cantidad requerida por el cultivo.

Una forma sencilla para lograr este objetivo es medir el agua en el suelo tomando muestras hasta la profundidad de las raíces del cultivo que se analizan en el laboratorio. La humedad no debe bajar del 50% del total que ese suelo puede almacenar.

Lo más práctico es utilizar tensiómetros, que son instrumentos de medición muy precisos que permiten determinar el contenido de agua del suelo, mediante la tensión que ésta ejerce al subir por el material de cerámica que hace parte del equipo. Estos instrumentos ayudan, además, a conocer los cambios de humedad en el perfil del suelo.

Es claro que las necesidades hídricas son propias de cada cultivo y dependen de las condiciones de la zona y sus características climatológicas, del suelo y de las condiciones de manejo del cultivo. Para la utilización del tensiómetro y la interpretación de la lectura, tenga en cuenta los siguientes parámetros en cuanto a la tensión del agua del suelo:

- 0 – 5: El suelo está muy húmedo para los cultivos.
- 10 – 25: Condiciones ideales de agua y aireación.
- Más de 25: Puede indicar deficiencias de agua en cultivos sensibles de raíces superficiales como el frijol y que están en suelos de texturas gruesas.
- 40 – 50: Adecuada para cultivos con raíces moderadamente profundas que se encuentran en suelos de textura media.
- 70 o menos: Adecuado para cultivos con raíces profundas.
- 80: Se requiere riego, aunque las plantas no muestren síntomas de estrés hídrico (INAT, Corpoica, 1997).

Calidad del agua

Para determinar la calidad del agua para riego, es necesario considerar el contenido de elementos minerales, en especial los metales pesados y el pH (tabla 10).

“Uno de los retos del programa FAO – MANA, es fomentar el uso del agua de riego, como un componente importante en los proyectos productivos de frijol con la estrategia de buenas prácticas agrícolas y documentar estas experiencias para que puedan ser aplicadas por otros agricultores en cada zona.”

Tabla 10. Criterios admisibles para la destinación del recurso agua para fines de riego (Capítulo 4, Artículo 40, Decreto 1594)

Referencia	Expresado como	Valor
Aluminio	Al	5,0
Arsénico	As	0,1
Berilio	Be	0,1
Cadmio	Cd	0,01
Cinc	Zn	2,0
Cobalto	Co	0,5
Cobre	Cu	0,2
Cromo	Cr ⁺⁶	0,1
Fluor	F	1,0
Hierro	Fe	5,0
Litio	Li	2,5
Manganeso	Mn	0,2
Molibdeno	Mo	0,01
Níquel	Ni	0,2
pH		4,5 – 9,0
Plomo	Pb	5,0
Selenio	Se	0,02
Vanadio	V	0,1

Para el boro, el rango permitido está entre 0,3 y 4,0 mg/l dependiendo del tipo del suelo y del cultivo.

El nivel máximo permisible —NMP— de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto. En el caso de coliformes fecales, el NMP no deberá exceder de 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

Deberán hacerse mediciones de las siguientes características:

- Conductividad
- Relación de absorción de sodio —RAS
- Porcentaje de sodio posible —PSP

Es necesario realizar el análisis de calidad del agua de riego, por lo menos una vez cada año en un laboratorio acreditado. Para determinar la calidad, se debe tener en cuenta la presencia de minerales tóxicos y de microorganismos contaminantes, como los coliformes, y compararlos con los niveles máximos permisibles (NPM) establecidos.

- Salinidad efectiva y potencial
- Carbonato de sodio residual
- Radionucleidos

La calidad de agua usada para irrigación es determinante para la producción y la calidad en la agricultura, el mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y la protección del medio ambiente. Por ejemplo, las propiedades físico-químicas del suelo (estructura del suelo, estabilidad de los agregados y permeabilidad) son características muy susceptibles al tipo de iones intercambiables que provengan del agua de riego.

La calidad del agua de riego puede ser determinada mediante análisis de laboratorio. Los factores más importantes para tener en cuenta, a fin de determinar la validez del agua usada para los fines agrícolas específicos, son los siguientes: pH, riesgo de salinidad, riesgo de sodio (relación de absorción de sodio o RAS), riesgo de carbonato y bicarbonato en relación con el contenido de Ca y Mg, elementos traza, elementos tóxicos, nutrientes, cloro libre.

La frecuencia de análisis de la calidad del agua de riego puede ser anual y debe ser realizada en un laboratorio acreditado. El tipo de análisis depende de los riesgos que se identifiquen en cada caso.

En cuanto a la calidad del agua, los problemas más comunes originados por el uso de aguas no aptas para riego son la salinidad y el sodio, pero en las zonas productoras de frijol en Antioquia es más factible tener aguas con residuos de plaguicidas y metales pesados, las cuales pueden producir efectos tóxicos sobre los cultivos (INAT, Corpoica, 1997).

Se debe anotar que no existe ninguna experiencia documentada sobre uso de riego en frijol voluble, para las condiciones del clima frío moderado del departamento de Antioquia. El INAT ha venido ejecutando proyectos de pequeña irrigación en Urrao, en el Suroeste antioqueño y en San Vicente, en el Oriente, pero no existe información escrita sobre la operación y los resultados de estas experiencias.

En cuanto al método de riego para frijol voluble, por tratarse de un cultivo que se da bajo condiciones de campo abierto, casi siempre en terrenos con pendientes altas, el método recomendado es riego por aspersión, que es un método de fácil manejo y de bajo costo.

Uno de los retos del proyecto FAO – MANA es fomentar el uso del agua de riego, como un componente importante en los proyectos productivos de frijol con la estrategia de buenas prácticas agrícolas, y documentar estas experiencias para que puedan ser aplicadas por otros agricultores en cada zona.

Manejo fitosanitario

Manejo de arvenses

Se estima que en el cultivo del fríjol, las arvenses, comúnmente llamadas malezas, pueden ocasionar pérdidas entre 15 y 97% en los rendimientos. Además de la reducción cuantitativa, las arvenses llegan a afectar cualitativamente la producción al depreciar la calidad del fríjol por contaminación con semillas de otras especies y por residuos de plantas. Las arvenses compiten con el cultivo por nutrientes, agua, luz y CO_2 , y pueden, en determinados casos, ejercer una inhibición química (alelopatía) sobre el desarrollo de los cultivos (figura 47) (Córdoba y Casas, 2003).



Figura 47. Competencia de arvenses con el fríjol.

El fríjol es afectado por numerosas especies de arvenses, tanto de hoja angosta como de hoja ancha, dependiendo de las condiciones climáticas donde se tenga el cultivo. El periodo crítico de competencia de malezas ocurre en los primeros 30 a 45 días del ciclo productivo en el fríjol arbustivo, y de 65 a 70 días en el fríjol voluble de clima frío. De acuerdo con lo observado para esas condiciones de clima, en ambos tipos de fríjol corresponde a las etapas de desarrollo R5 (prefloración) y R6 (floración) (Ríos y Quirós, 2002).

Varias investigaciones realizadas sobre diferentes métodos de control de malezas en fríjol permiten concluir que lo más recomendado es hacer un manejo integrado, definido como un conjunto de prácticas o métodos encaminados a mantener la vegetación arvense en un nivel inferior al que produciría pérdidas de importancia económica (Córdoba y Casas, 2003). Existen varios métodos para el manejo de arvenses, por lo tanto, no es aconsejable el uso de uno solo, pero sí la combinación de algunos de ellos. El manejo integrado puede

ser efectuado mediante el uso de varios métodos, entre los cuales sobresalen los preventivos, culturales, mecánicos, biológicos y químicos.

La selección del método o los métodos más adecuados debe estar fundamentada en el conocimiento de las arvenses y su biología, sus hábitos de desarrollo, modo de reproducción, comportamiento de las semillas en el suelo, medios de dispersión, número de semillas por planta y su viabilidad. También pueden influir en la selección, de manera considerable, el área invadida, las especies y el estado del cultivo, las prácticas agrícolas usuales y la capacidad económica del agricultor.

Métodos preventivos

El primer cuidado que se debe tener es el evitar la introducción, establecimiento y diseminación de nuevas especies en lugares donde normalmente no ocurren. Se deben tomar algunas medidas con el fin de prevenir nuevas infestaciones: usar semilla pura y libre de malezas, limpiar cuidadosamente la maquinaria y los implementos agrícolas, e impedir la formación de semilla en la vegetación existente.

Métodos culturales

Este método busca dar las condiciones favorables para el establecimiento del cultivo. Comprende todas aquellas prácticas que aseguran el desarrollo vigoroso del cultivo y que permiten competir favorablemente con las arvenses. Ellas son: buena preparación del suelo, uso de buena semilla, selección adecuada de la variedad, densidad óptima, siembra oportuna, control de plagas y enfermedades, adecuada fertilización y rotación de cultivos.

Métodos mecánicos

El control mecánico consiste en el uso de prácticas para la eliminación de arvenses por métodos físico-mecánicos, y entre ellos el control manual con implementos como el azadón y el machete, que es el método más recomendado para las condiciones de los suelos en la mayor parte de los cultivos de frijol, especialmente de tipo voluble.

Métodos biológicos

El control biológico se puede definir como la acción de enemigos naturales que mantienen la densidad de poblaciones de otros organismos en niveles más bajos que los que tendrían en su ausencia. El hombre puede manipular los enemigos naturales de las arvenses y, así, tratar de obtener éxito en la campaña para combatirlas. Sin embargo, para las condiciones de Colombia, este método aún está en proceso de investigación, con vistas a generar prácticas biológicas y principalmente seguras para el control de arvenses en los diferentes cultivos.

Métodos químicos

Es el que se realiza con el uso de compuestos químicos que convencionalmente se denominan herbicidas. Este método se recomienda como complemento de los métodos culturales y mecánicos, mediante su combinación (Córdoba y colaboradores, 2005).

Se conocen herbicidas apropiados para su aplicación en fríjol, desde la etapa de preparación del suelo hasta las etapas de desarrollo del cultivo. De acuerdo con estos criterios, los herbicidas se clasifican como preemergentes y posemergentes, y según el tipo de arvense que controlan los hay para malezas de hoja angosta y otros para malezas de hoja ancha, entre los cuales hay selectivos y no selectivos a fríjol.

Los productos que se utilizan en posemergencia, de acuerdo con la forma como actúan sobre las plantas arvenses, pueden ser de contacto y sistémicos. En caso de utilizar herbicidas, hacerlo con productos de categorías toxicológicas III y IV.

Manejo integrado de plagas

Son muchas las especies de insectos que se pueden encontrar asociadas al fríjol. Según Guarín (citado por Ríos, 2002), en el cultivo de fríjol hay más de 200 especies de insectos que en algún momento pueden actuar en detrimento de la producción; sin embargo, su sola presencia en el cultivo no les da la connotación de plaga, concepto que involucra el aspecto económico. Es decir, se considera plaga en un cultivo aquel insecto que, además de estar presente, causa un daño de importancia económica. Por eso se debe tener la suficiente claridad acerca de cuáles son los factores que pueden favorecer la explosión de sus poblaciones por encima del umbral económico de daño, o qué poblaciones favorecen la expresión de agentes reguladores que contribuyan a disminuirlos hasta niveles tolerables.

En Colombia se han registrado cerca de 85 plagas en fríjol: 76 insectos, cinco ácaros, un miriápodo y tres moluscos. De éstos, solamente diez alcanzan el nivel de plaga de importancia económica (Posada, citado por Ríos, 2002).

El conocimiento de las plagas implica el reconocimiento en las zonas productoras, la identificación apropiada, el conocimiento de los hospedantes, la biología, los hábitos, la ecología, la distribución y dinámica de las poblaciones, las épocas críticas del daño y su relación con agentes abióticos (temperatura, precipitación) y bióticos (enemigos naturales).

El manejo integrado de plagas es una estrategia que trata de mantener las plagas de un cultivo en niveles que no causen daño económico, utilizando preferentemente los factores naturales adversos a su desarrollo, incluidos los factores de mortalidad natural. Sólo en última instancia se recurre al uso de plaguicidas como medida de emergencia (Cisneros, 1992).

En el caso del fríjol, se han desarrollado métodos para el control biológico y etológico, entre otros, de algunos de los insectos plaga, cuya aplicación en forma integrada permite aproximarse a una estrategia de manejo integrado. A continuación reseñaremos los insectos plaga más importantes para el fríjol voluble en Antioquia.

Mantener una cobertura moderada del suelo con malezas nobles para su protección, las cuales ejercen baja competencia al fríjol.

Plagas del suelo

Mosca de la semilla (*Hilemya cilicrura* Rondani)

Los adultos de este insecto son muy parecidos a la mosca casera. Los suelos recién labrados y con alto contenido de materia orgánica atraen a las hembras que ovipositan en el suelo, cerca de las semillas o en las plántulas. Es más común en suelos de zonas frías, donde se ha observado en lotes con aplicaciones abundantes de gallinaza (Londoño, citado por Ríos, 2002).

La semilla atacada por la larva generalmente no emerge, y si lo hace, la plántula que resulta es muy débil. Las larvas son de color blanco o crema, de aproximadamente 6 mm de largo, ápodas y de integumento muy resistente. Después de eclosionar, barrenan los cotiledones y, al alimentarse de ellos, dañan con frecuencia el embrión (figura 48). Las larvas también pueden penetrar por el pequeño tallo de las plántulas (CIAT, 1980). Este daño generalmente es más severo durante períodos húmedos y fríos. Se han registrado pérdidas hasta del 80% ocasionadas por el ataque de este insecto.



Figura 48. Semilla de frijol atacada por la larva de la mosca de la semilla.

El mejor control de la mosca de la semilla se logra con el tratamiento de la semilla con insecticidas apropiados y de categoría toxicológica III y IV como el imidacloprid. También se recomienda realizar la siembra después del invierno, cuando haya disminuido la humedad en el suelo (CIAT, 1997) y hacer rotación del cultivo.

Trozadores

Las larvas de estos insectos cortan los tallos de plántulas disminuyendo las poblaciones de plantas (figura 49). Los géneros más comunes son *Agrotis*, *Feltia* y *Spodoptera*. El ataque de este insecto

ocurre de manera irregular y es difícil de predecir. En ensayos preliminares realizados por el CIAT, se encontró que aparentemente el fríjol no era un hospedante preferido por *Spodoptera frugiperda*, una de las especies más importantes de trozadores.



Figura 49. Tallos de la plántula de fríjol atacada por la larva del trozador.

Las larvas de *Spodoptera* pueden ser atacadas por el hongo *Nomuraea*, así como por la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Vélez, citado por Ríos, 2002). En cultivos asociados de fríjol con maíz, el daño de los trozadores en el fríjol se reduce notablemente (CIAT, 1980).

Como el ataque de tierreros o trozadores ocurre con frecuencia en focos definidos, se recomienda la aplicación de cebos tóxicos con base en insecticidas categoría toxicológica III y IV en las áreas afectadas. Si el ataque está generalizado y sobrepasa el 10% de plantas trozadas, se recomienda aplicar el insecticida en forma generalizada y dirigido a la base de las plantas (CIAT, 1997).

Chizas

Varias especies de chizas atacan el fríjol. Las más comunes son *Phyllophaga obsoleta*, (figura 50) *Cyclocephala* sp., *Ancognata* sp., *Anomala* sp., *Plectris* sp., y *Macroctylus* sp. En fríjol, atacan en sus estados larvales, ocasionando daños en las raíces que perturban el desarrollo de las plantas y pueden causar su muerte. Cuando las poblaciones son altas (5-6 larvas/m²) producen severas reducciones en el rendimiento del fríjol (Tamayo y Londoño, citados por Ríos, 2002).

El manejo integrado de plagas es una estrategia que trata de mantener las plagas de un cultivo en niveles que no causen daño económico, utilizando preferentemente los factores naturales adversos a su desarrollo, incluidos los factores de mortalidad natural.



Figura 50. *Phyllophaga obsoleta*, especie de chiza que ataca el frijol.

El ciclo completo de las chizas, en la mayoría de las especies, dura aproximadamente un año y el último estado larval es el más voraz. Se han identificado varios enemigos naturales de las chizas que atacan distintos estados de desarrollo del insecto. Al respecto, se destacan el *Bacillus popilliae*, causante de la enfermedad lechosa en larvas y pupas, un nemátodo del género *Rabbitida* que actúa sobre larvas, y los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, que atacan todos los estados de desarrollo de la plaga (Londoño y colaboradores, citados por Ríos, 2002).

El control biológico se puede realizar con el hongo *Metarhizium anisopliae*, la bacteria *Bacillus popilliae* o con el nemátodo *Steinernema carpocpsae*. Estos organismos 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 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 adultos, con lo cual se disminuye la cantidad de huevos y larvas en el futuro (Tamayo y Londoño, 2001).

Con respecto al control químico para esta plaga, no hay investigaciones validadas que permitan la recomendación confiable de un producto fitosanitario de categorías III y IV.

Insectos comedores de hojas

Crisomélidos

Muchas especies de crisomélidos atacan el frijol. Los más comunes son los géneros *Diabrotica*, *Neobrotica* y *Cerotoma*. La especie *Diabrotica balteata* es la más abundante (CIAT, 1980) (figura 51). Los adultos son cucarrones pequeños de diversos colores que causan perforaciones en las hojas y pueden atacar también flores y vainas. La mayor parte del daño ocurre durante el estado de plántula, cuando el insecto consume un porcentaje relativamente alto del follaje. Las larvas también pueden ocasionar daño en las raíces del frijol y en los nódulos radicales que contienen *Rhizobium*.

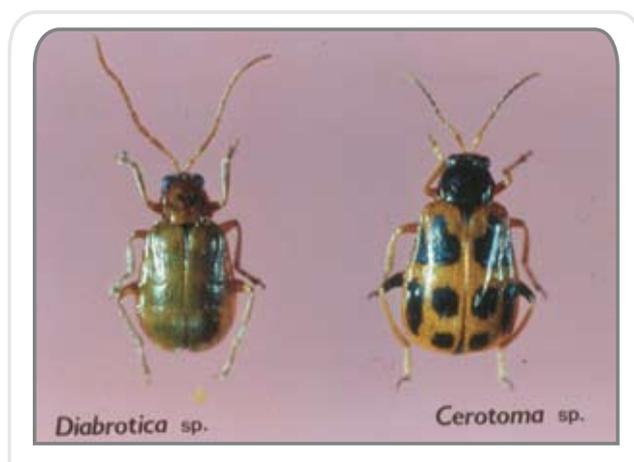


Figura 51. *Insectos crisomélidos que atacan el fríjol.*

Estos insectos también son vectores del virus del mosaico rugoso (CIAT, 1980). Boonckamp (citado por CIAT, 1980) concluyó que la alimentación de los crisomélidos adultos tiene poco efecto en los rendimientos del fríjol, excepto cuando el ataque tiene lugar durante las dos primeras semanas después de la siembra y, en menor grado, durante la floración.

A menudo se observan redúvidos (chinchas) actuando como predadores de crisomélidos adultos en el campo (CIAT, 1980). Cuando las poblaciones de estas plagas llegan a niveles económicos que justifiquen su control, los adultos se pueden controlar con insecticidas categorías III y IV como el carbaril.

Insectos chupadores

Lorito verde

El lorito verde o salta hojas (*Empoasca kraemeri*) (figura 52) es considerado como la plaga más importante del fríjol en el mundo. Sin embargo, para las condiciones del clima frío en Antioquia en pocas ocasiones se presenta como plaga de importancia económica.

Recuerde que no todos los insectos que se encuentran en un cultivo de fríjol pueden considerarse como plagas. Las plagas son aquellos insectos que causan daños de importancia económica en el cultivo.



Figura 52. *Empoasca kraemeri*, especie de lorito verde que ataca el frijol

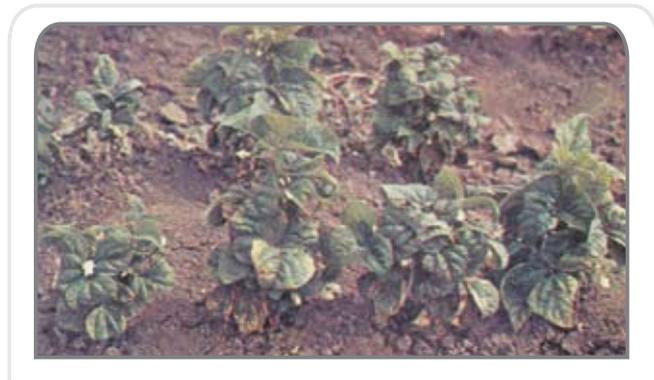


Figura 53. Manifestación del ataque del lorito verde en el frijol.

El insecto en estado de ninfa y adulto causa daño al alimentarse del tejido del floema, aunque es posible que también intervenga una toxina. El daño se manifiesta en forma de encrespamiento y clorosis foliar (figura 53), crecimiento raquítrico, gran disminución del rendimiento o pérdida completa del cultivo. El ataque es más severo en épocas secas y cálidas y la situación se agrava cuando la humedad del suelo es insuficiente (CIAT, 1980).

El CIAT ha realizado investigación tendiente a evaluar la resistencia de las variedades a *Empoasca kraemer*; sin embargo, a la fecha no se tiene oferta de variedades comerciales resistentes, aunque se han registrado algunos resultados promisorios en especies de los géneros *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus aureus* y *Vigna unguiculata* que se podrían emplear mediante cruzamientos interespecíficos de estas especies con *Phaseolus vulgaris*.

Para este insecto se ha determinado el umbral de acción en frijol arbustivo en 1 ó 2 adultos por planta hasta los 18 – 20 días de edad, y de 2 a 5 ninfas por hoja a partir de los 20 días. No se ha realizado investigación en el mismo tema con respecto al frijol voluble.

Si la infestación es alta, los síntomas del daño son visibles y los recuentos indican que las poblaciones han alcanzado los umbrales de acción; se justifica entonces recurrir al control químico con productos a base de malathion (categoría III) (Bueno y Cardona, 2004).

Mosca blanca

Dentro de las especies de moscas blancas conocidas en frijol en clima frío, se encuentra *Trialeurodes vaporariorum* (figura 54).



Figura 54. *Trialeurodes vaporariorum*, especie de mosca blanca que ataca el fríjol

La gravedad del ataque de la mosca blanca en el cultivo de fríjol no es tanta como los desequilibrios que causa el alto uso de agrotóxicos para su control. La cantidad de enemigos naturales de este insecto ha puesto de manifiesto su gran potencial cuando se reduce la presión con insecticidas. De este modo, aparecen reguladores como *Amitus* sp. y entomopatógenos como *Lecumicillium*, *Achersonia* y *Beauveria* (Guarín, citado por Ríos, 2002).

Se han realizado investigaciones para determinar el umbral de acción en fríjol voluble y se ha logrado establecer que éste se encuentra cuando los folíolos del cultivo tienen el 30% o menos del área foliar ocupados con ninfas de primer instar. Si los recuentos de la población sobrepasan el umbral de acción, se pueden aplicar productos eficientes como el imidacloprid foliar (Confidor) para adultos y ninfas. Para ninfas, se puede utilizar buprofezin (Oportune) y difentiuron (Polo) (Bueno y Cardona, 2004).

Trips

Dentro de las especies de trips conocidas, el *Thrips palmi* es el más común como plaga del fríjol y de muchos otros cultivos importantes en Colombia. El *Thrips palmi* fue introducido en Colombia en 1997 y en los años siguientes causó daños cuantiosos y grandes pérdidas en diferentes cultivos, incluyendo el fríjol. Recién introducido este insecto, contó con condiciones propicias para su incremento poblacional, debido a la diversidad de hospederos susceptibles y al uso indiscriminado de insecticidas, además de el bajo control ejercido por sus enemigos naturales (Guarín, 2003). Los potenciales daños del insecto se acrecientan durante las épocas secas.

Thrips palmi en estado adulto es de color amarillo pálido, mide alrededor de un milímetro de longitud y presenta alas con bordes flecosos (figura 55). Es de hábito gregario, se presenta normalmente en el envés de las hojas aunque también se puede hallar en las flores (Chang, citado por Guarín, 2003). Su crecimiento es favorecido por las altas temperaturas, cuando la humedad

Aprenda a conocer los insectos plagas, sus diferentes estados, hábitos de vida y los daños que causan al fríjol para definir si requieren medidas de control y cuáles son las más apropiadas en cada caso.

relativa es baja, aunque en el Oriente antioqueño se han verificado infestaciones severas en zonas con altas precipitaciones pluviales en cultivos dependientes del control químico (Guarín, 2003).



Figura 55. *Thrips palmi* en estado adulto, especie de trips que ataca el frijol.

Cuando se alimenta en el envés de las hojas reduce normalmente el vigor del hospedero. El insecto chupa los contenidos de las células más bajas del mesófilo, como resultado, quedan espacios de aire en estos tejidos y las hojas comienzan a distorsionarse. Las áreas afectadas presentan un brillo o resplandor que es característico, las plantas jóvenes son muy susceptibles, y altas poblaciones del insecto pueden llegar a ocasionar la muerte de la estructura afectada (Sastrosiswojo y Vos et al, citado por Guarín, 2003). Londoño y colaboradores (2002) encontraron un efecto positivo de reducción de las poblaciones de *Thrips palmi* en presencia de dos de los principales enemigos naturales de la plaga: *Chrisoperla asoralis* y *Orius* sp., los que se presentan como una buena alternativa dentro del manejo integrado de este insecto (figura 56).



Figura 56. Enemigos naturales del *Thrips palmi* (*Orius* sp.).

Actualmente *Chrisoperla*, se encuentra disponible comercialmente, con sus respectivas recomendaciones para su uso y manejo.

Para este insecto se ha logrado establecer un umbral de acción de siete adultos por foliolo para fríjoles volubles. Se debe realizar el monitoreo por lo menos una vez por semana. Si la población sobrepasa el umbral de acción, se recomienda la aplicación de insecticidas como imidacloprid (Confidor) spinosad (Tracer) (Bueno y Cardona, 2004).

Insectos que atacan las vainas

Barrenador de la vaina *Epinotia aporema*

Este insecto hace daño como larva y es conocido como perforador de la vaina (figura 57). Afecta las yemas terminales e induce la emisión de nuevos brotes, y puede ocasionar también daños y abortos en flores. Las yemas afectadas por el insecto se deforman y las vainas se pudren por la acción de organismos secundarios (Guarín, citado por Ríos, 2002).

Esta plaga inicia sus ataques en las etapas vegetativas del cultivo, y es más severa en etapas de prefloración y floración. Posteriormente ataca las vainas recién formadas actuando como perforador.



Figura 57. Daño del barrenador de la vaina, *Epinotia aporema*, en el fríjol.

El umbral de acción es de 15-20% de brotes dañados o 10-15% de vainas perforadas. Si el daño es poco y está limitado a los brotes terminales, se puede hacer un control preventivo aplicando *Baccillus thuringiensis*. Si se encuentra el umbral de acción, se debe recurrir al control químico con insecticidas como carbaril (Sevin) o diflubenzuron (Dimilin) (Bueno y Cardona, 2004).

Insectos de granos almacenados

Gorgojo común del frijol

Las principales plagas del frijol almacenado son *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* (figura 58). La principal diferencia entre las dos especies radica en el comportamiento durante la oviposición. Las hembras de *A. obtectus* diseminan sus huevos entre las semillas almacenadas, o infestan el frijol en el campo, donde ponen los huevos en las cuarteaduras o cortes de las vainas en desarrollo, las larvas primero salen de los huevos y luego penetran en las semillas. En cambio, como los huevos de *Z. subfasciatus* se encuentran fuertemente adheridos a las semillas, las larvas rompen el cascarón de los huevos y perforan las semillas en forma simultánea (CIAT, 1980).

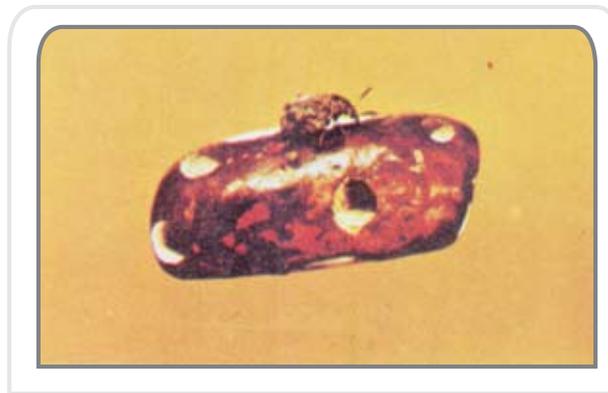


Figura 58. *Acanthoscelides obtectus*, especie de gorgojo que ataca el frijol almacenado.

La especie *Acanthoscelides obtectus* se encuentra distribuida en todas las latitudes y altitudes, mientras que *Zabrotes subfasciatus* predomina en áreas cálidas.

El almacenamiento del frijol, mezclado con otros productos como arena o ceniza, llena el espacio entre los granos y dificulta la infestación por gorgojos. Se debe cosechar tempranamente para reducir el tiempo de exposición del frijol al ataque del insecto en el campo y, luego, limpiar y almacenar rápidamente.

Para el almacenamiento del grano existen alternativas con el fin de evitar el ataque de estos insectos, como es el uso de aceite de cocina (3-5 cc de aceite por kg de frijol), y de materiales inertes (arena, ceniza, cal, vainas de frijol) que se mezclan con el frijol para llenar los espacios que quedan entre los granos y disminuir la disponibilidad de aire, lo cual dificulta la proliferación de estos insectos. Es importante revisar cuidadosamente el grano antes de almacenarlo para evitar hacerlo con presencia de insectos.

Otras plagas del frijol

Babosas

Las especies de babosas que han sido registradas como plagas del frijol, especialmente en Centroamérica, pertenecen a la familia Limacidae y son *Vaginulus plebeius*, *Limas maximus* y *Deroceras agreste* (figura 59).



Figura 59. *Vaginulus plebeius*, especie de babosa que ataca el frijol.

Las babosas son nocturnas, pero pueden ser activas durante los días húmedos y nublados. Las babosas jóvenes consumen las hojas a excepción de las nervaduras (figura 60), mientras que las más viejas consumen totalmente las hojas y pueden consumir plántulas completas y dañar las vainas. La mayor parte del daño se observa en los bordes de los cultivos, pero puede continuar hacia el interior especialmente cuando la vegetación y los residuos proporcionan una buena protección a las babosas durante el día (CIAT, 1980).



Figura 60. Daño de las babosas en hojas

El control de las babosas se logra erradicando las malezas y residuos vegetales de los cultivos y de sus bordes. Se pueden utilizar, además, cebos preparados con base en carbaril (Sevin) puestos en bandas a lo largo de los bordes en las

Para el control de los insectos plagas en frijol se debe recurrir a la estrategia de manejo integrado, utilizando primero los métodos culturales, biológicos y físicos, legales; en última instancia recurre al control químico, cuando sea estrictamente necesario, empleando insecticidas de categorías toxicológicas III y IV.

áreas afectadas, al atardecer. El cebo con base en carbaril se prepara mezclando 0,5 kg de Sevin con 25 kg de salvado de trigo y 20 l de melaza, cantidad recomendada para tratar una hectárea (CIAT, 1980). También se pueden controlar aplicando cebos preparados con metaldehído, que se encuentran en el mercado con los nombres de matababosas o babosin.

Otras medidas de control son: encerrar la plantación con bandas de cal viva o sal común, y aplicar ceniza de leña sobre costales húmedos (Rodríguez, citado por Ríos, 2002). Las sales fertilizantes, como el sulfato de potasio, nitrato de potasio y nitrato de calcio, también controlan las babosas (Cabezas, citado por Ríos, 2002).

Manejo integrado de enfermedades

Las enfermedades representan el principal problema para la producción del frijol en el Oriente antioqueño y en el municipio de Urrao, en el Suroeste. En estas regiones, debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables, son comunes y muy limitantes, entre otras enfermedades, la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*), mancha anillada (*Phoma exigua* var. *Diversispora*), mancha angular (*Paeosiaripsis griseola*), pudriciones radicales (*Fusarium solani* forma *Phaseoli*, *Pytium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*) y virus del mosaico común del frijol.

El problema de las enfermedades se hace más grave debido a la siembra de variedades comunes susceptibles y al empelo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos, no reúne las parámetros de calidad requeridos.

Antracnosis

La antracnosis es causada por el hongo *Colletotrychum lindemuthianum*, enfermedad que ataca en todo el mundo las variedades susceptibles establecidas en localidades con temperaturas moderadas a frías, y con alta humedad relativa ambiental. La enfermedad puede causar pérdidas hasta del 100% cuando se siembra semilla severamente afectada, bajo condiciones favorables para su desarrollo (CIAT, 1980). Los síntomas producidos por la infección ocasionada por la antracnosis pueden aparecer en cualquier parte de la planta, según el momento de la infección y la fuente de inóculo. La semilla infectada y los residuos de cosecha son las fuentes primarias de inóculo que originan las epidemias locales. Los primeros síntomas pueden aparecer en las hojas cotiledonales como lesiones pequeñas de color café oscuro o negro. Las lesiones inicialmente se pueden desarrollar en los pecíolos y en el envés de las hojas, así como en las venas, en forma de manchas pequeñas y angulares, de color rojo ladrillo o púrpura, las cuales posteriormente se vuelven café oscuras o negras (figura 61). Las infecciones en las vainas se manifiestan en forma de lesiones, de un color entre encarnado y amarillo rojizo, y dan origen a chancros deprimidos, delimitados por una anillo negro, el cual está rodeado a su vez por un borde café rojizo (figura 62) (CIAT, 1980).

En el caso de infección severa, las plantas jóvenes se pueden marchitar y secar. El hongo puede invadir las vainas y semillas en formación (CIAT, 1980).



Figura 61. Lesiones en los pecíolos y el envés de las hojas por antracnosis



Figura 62. Infección en las vainas del frijol por antracnosis

Control cultural

Para el caso de la antracnosis y las demás enfermedades del frijol, las prácticas culturales adecuadas contribuyen en forma significativa a disminuir la incidencia y la magnitud del daño; algunas de las prácticas recomendadas son las siguientes:

- Uso de semilla sana, libre del patógeno.
- Evitar las siembras escalonadas de frijol.

El control cultural de las enfermedades del frijol consiste en la aplicación de prácticas como: uso de semilla sana, evitar las siembras escalonadas, siembra en las épocas apropiadas, rotación de cultivos, evitar altas densidades de siembra, destrucción oportuna de residuos de cosecha de frijol, realizar monitoreo y evaluación permanente del cultivo, por lo menos una vez por semana.

- Siembra en épocas apropiadas, de acuerdo con las condiciones del clima.
- Realizar rotación de los cultivos de acuerdo con los sistemas de producción de cada región.
- Evitar las altas densidades de siembra y realizar las prácticas agronómicas necesarias para el buen desarrollo del cultivo.
- Destruir oportunamente los residuos de cosecha (Tamayo M., 1995).

Control mediante resistencia de la planta

Desde hace muchos años se descubrió que las variedades de frijol difieren en su reacción a la infección producida por *Colletotrychum lindemuthianum* y que el organismo patógeno posee variabilidad patogénica. Es así como se han descubierto muchas razas del patógeno y se han realizado numerosas investigaciones para estudiar la interacción hospedero – patógeno, que resulta de la infección de una variedad determinada por una raza específica (CIAT, 1980).

En Colombia se han hecho estudios para identificar y caracterizar razas del patógeno. Uno de ellos se llevó a cabo en el Oriente antioqueño, donde se estudiaron 36 aislamientos que dieron origen a 18 razas, y se hizo, además, el estudio de virulencia de estas razas en un grupo de genotipos de frijol reconocidos por su resistencia en Colombia y en otras regiones productoras. Estos estudios permitieron comprobar la resistencia de cinco materiales de frijol a todas las razas del patógeno identificadas en el Oriente antioqueño, los cuales se están empleando en programas de mejoramiento genético que pretenden introducirles, a variedades comerciales tipo cargamanto, la resistencia a la antracnosis. Este programa se encuentra actualmente en ejecución.

Adicionalmente, se dispone de variedades comerciales resistentes a la antracnosis, como es el caso del frijol corpoica 106, tipo cargamanto, recomendado para las condiciones del clima frío moderado. El componente de variedades resistentes es fundamental en un programa de manejo integrado de enfermedades para la producción con la estrategia de Buenas Prácticas Agrícolas.

Control químico

Cuando se siembran variedades susceptibles a la antracnosis es necesario considerar las medidas de control químico, ya que la enfermedad tiene alta incidencia en las condiciones del clima frío moderado y bajo los sistemas de producción comunes en estas áreas. Se deben emplear fungicidas protectantes y, en caso de requerirse el uso de fungicidas sistémicos, éstos deben usarse en rotación con los protectantes para evitar que se induzca resistencia del patógeno a estos productos. Los fungicidas que se vayan a utilizar, así como las dosis, frecuencias y forma de aplicación, deben ser recomendados por un asistente técnico idóneo. Sólo se deben usar productos de categorías toxicológicas III y IV. Algunos productos como benomil, difenoconazol y propineb hacen un buen control de esta enfermedad.

Mancha anillada

La mancha anillada es causada por el hongo *Phoma exigua* var. *Diversispora*, muy común en las condiciones del clima frío moderado. Esta enfermedad le sigue en importancia a la antracnosis, por

su alta incidencia, la severidad de los daños y las altas pérdidas que causa en el cultivo.

La alta humedad y las temperaturas frías a moderadas favorecen la infección por la mancha anillada. Inicialmente los síntomas aparecen en las hojas, donde se observan lesiones zonadas, de color café a negro que, más tarde, pueden contener pequeños picnidios negros. Las lesiones también se pueden presentar en el pedúnculo, el pecíolo, las vainas y el tallo (figura 63). Cuando ocurren epidemias severas se observa una caída prematura de las hojas. El hongo puede sobrevivir en la semilla (CIAT, 1980).



Figura 63. Síntomas por la mancha anillada

Entre las medidas de control se recomienda la rotación de cultivos, el mayor espaciamiento entre las plantas, la siembra de semilla limpia, el tratamiento químico de la semilla, la destrucción oportuna de residuos de cosecha y las aplicaciones foliares de fungicidas con base en azufre, fentin hidróxido de estaño y propineb, entre otros (CIAT, 1980).

Hasta el momento no se dispone de variedades comerciales, ni de materiales de frijol común con resistencia a la mancha anillada. Se conocen fuentes de resistencia genética en *Phaseolus coccineus* que podrían utilizarse en cruces interespecíficos para introducirles resistencia a las variedades de *Phaseolus vulgaris* o frijol común.

Mancha angular

La mancha foliar angular del frijol es causada por el hongo *Pheoisariopsis griseola* Sacc., que se encuentra en regiones tropicales y subtropicales. Las pérdidas en rendimiento causadas por esta enfermedad pueden ser bastante

Para la antracnosis, además de las prácticas culturales, se recomienda la siembra de variedades resistentes como el frijol Corpoica 106. En el caso de la siembra de variedades susceptibles, esta enfermedad se puede controlar mediante la aplicación de fungicidas químicos, haciendo rotación de productos sistémicos y protectantes.

elevadas y han alcanzado hasta un 60% en Colombia. El hongo tiene numerosos hospedantes, entre ellos *Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus*, *P. multiflorus*, *Pisum sativum* y *Vigna sinensis* (CIAT, 1980).

El patógeno infecta el tejido de la hoja penetrando a través de los estomas y puede ser transmitido a través de la semilla. Este organismo sobrevive entre 140 y 500 días principalmente en residuos de cosecha infectados y en el suelo. También puede ser diseminado por medio de los residuos de cosecha, las salpicaduras producidas por el agua y las partículas de polvo que son arrastradas por el viento, y a partir de las lesiones en esporulación también por la acción del viento (CIAT, 1980).

Los síntomas de infección son más comunes en las hojas. Las lesiones pueden aparecer en las hojas primarias. Inicialmente las lesiones son de color gris o café, pueden estar rodeadas por un halo clorótico y tener márgenes indefinidos; luego se vuelven necróticas y toman la forma angular típica (figura 64). Posteriormente pueden aumentar de tamaño, unirse y causar necrosis parcial y amarillamiento de las hojas, y una defoliación prematura. Las lesiones también llegan a aparecer en las vainas en forma de manchas ovaladas o circulares, cuyo centro de color café rojizo está rodeado de un borde más oscuro (figura 65). En los tallos, ramas y pecíolos de la planta se pueden presentar lesiones alargadas de color café. El patógeno puede sobrevivir en la semilla (CIAT, 1980).



Figura 64. Síntomas de infección en las hojas del frijol por mancha angular



Figura 65. Síntomas de infección en las vainas del frijol por mancha angular

Control mediante prácticas culturales

Las principales medidas de control recomendadas son: la rotación de cultivos por un mínimo de dos años, la siembra de semilla libre del patógeno, la siembra en suelos bien drenados y la eliminación de residuos de cosecha del cultivo anterior.

Control mediante resistencia de la planta

Se han identificado varias fuentes de resistencia en *Phaseolus vulgaris* y en *P. coccineus*. Los estudios sobre la herencia de la resistencia han demostrado que ésta es conferida por genes recesivos y dominantes, según la variedad progenitora.

Control químico

Se han realizado varias investigaciones sobre control químico de la mancha angular, y se ha encontrado un buen control con productos como benomil, metil tiofanato, oxiclورو de cobre y caldo bordelés, entre otros (CIAT, 1980). Anaya (citado por CIAT, 1980) encontró que el tratamiento de la semilla con benomil reducía significativamente las subsecuentes infecciones foliares.

Enfermedades radicales

Pudrición radical por Fusarium

La enfermedad conocida como pudrición seca de las raíces es causada por el hongo *Fusarium solani*, *F. phaseoli*, está presente en la mayor parte de las zonas productoras de frijol en el mundo y, además del frijol común, afecta otras leguminosas.

El *Fusarium* es un hongo habitante del suelo y sobrevive en la materia orgánica. Las condiciones ambientales, como la compactación, la temperatura y el pH del suelo, afectan la susceptibilidad de la planta, siendo más grave en suelos compactos, ya que bajo estas condiciones las raíces no pueden escapar a la infección. Los suelos ácidos y los fertilizantes con nitrógeno amoniacal favorecen la infección. El daño por pudrición radical puede ser más grave durante los periodos de alta humedad del suelo, cuando se reduce la tasa de difusión de oxígeno. Las esporas del hongo pueden ser transportadas en el agua de drenaje y riego, en el suelo por el agua de lluvia o inundaciones, en partículas de suelo adheridas a los implementos agrícolas y a los animales, en residuos de frijol, en estiércol y, posiblemente, una vez que el hongo se ha introducido en una nueva área puede sobrevivir indefinidamente como un saprófito del suelo en la materia orgánica, o como un componente micorrízico de cultivos no susceptibles; por lo tanto, la incidencia del hongo se puede incrementar de manera significativa sembrando ininterrumpidamente un cultivo hospedero susceptible. El hongo no es portado internamente por la semilla (CIAT, 1980).

**La mancha
anillada se puede
controlar mediante
la aplicación
de fungicidas
protectantes a base
de azufre, fentín
hidróxido de estaño o
propineb.**

Sintomatología

La pudrición seca por *Fusarium* aparece inicialmente como lesiones o vetas rojizas en el hipocótilo y en la raíz primaria (figura 66), una o dos semanas después de que la plántula ha emergido. A medida que progresa la infección, las lesiones se unen, se vuelven de color café y pueden extenderse hasta la superficie del suelo, pero en muy raras ocasiones siguen avanzando. Las raíces primarias y las laterales generalmente mueren por el ataque del hongo y permanecen adheridas como residuos secos. Cuando la raíz primaria muere, la parte inferior del tallo se vuelve medulosa o hueca. No se observa un marchitamiento muy pronunciado del hospedante, aunque el crecimiento de la planta se retarda y se presenta amarillamiento y caída prematura de las hojas. Con frecuencia se desarrollan raíces laterales un poco más arriba del sitio de la infección inicial, que permiten que la planta siga creciendo y dé algún rendimiento (CIAT, 1980).



Figura 66. Pudrición radical del frijol por *Fusarium*.

Control mediante prácticas culturales

El frijol se debe sembrar en suelos bien drenados y fertilizados que favorezcan el crecimiento vigoroso de la planta. En suelos nuevos se deben tomar las medidas necesarias para evitar la introducción del patógeno. La rotación por períodos largos con plantas no susceptibles, disminuye las poblaciones existentes en el suelo, y la incorporación de residuos vegetales puede aumentar el control biológico natural, el cual es efectuado por los microorganismos residentes en él (CIAT, 1980).

Control mediante resistencia de la planta

Se ha detectado una relación genética entre la resistencia a *Fusarium solani* y ciertas características indeseables en la planta. Statler (citado por CIAT, 1980) encontró que las variedades de frijol con hipocótilos morados y testa de la semilla negra eran más resistentes a la enfermedad que las variedades de coloraciones diferentes. Se tienen numerosas líneas con resistencia a *Fusarium solani*.

Pierre (citado por CIAT, 1980), encontró que la producción de faseolina inhibe la germinación y el crecimiento de *Fusarium solani*, razón por la cual podría desempeñar un papel muy importante en la resistencia. La variedad ICA TUI es resistente a *F. solani* (Tamayo y Londoño, 2001).

Control químico

Se conocen varios productos que aplicados al suelo pueden disminuir la infección por *Fusarium solani*. Adbel Rahman (citado por CIAT, 1980) consiguió muy buen control con benomil, aplicado en aspersión sobre el surco (0,56 kg/ha), puesto inmediatamente después de la siembra. Sin embargo, la mayoría de los tratamientos químicos no son muy efectivos, puesto que las raíces laterales se benefician muy poco o nada con la aplicación del fungicida (Burke et al, citados por CIAT, 1980).

Amarillamiento o marchitamiento por *Fusarium*

La enfermedad del fríjol conocida como fusariosis, marchitamiento o amarillamiento por *Fusarium* es causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli.

La infección ocurre en las raíces e hipocótilos, generalmente donde hay heridas. El sistema vascular de la raíz, hipocótilo, tallo y pecíolo se puede decolorar a medida que el tejido se torna café rojizo. El hongo puede ocasionar el taponamiento del sistema vascular, lo cual produce un leve amarillamiento y envejecimiento prematuro de las hojas inferiores. Posteriormente, este amarillamiento se hace más pronunciado y afecta las hojas más jóvenes, sin que la planta llegue, por lo general, a marchitarse (CIAT, 1980).

Es una enfermedad de importancia en cultivos de fríjol ubicados en zonas de clima frío moderado en Colombia. Se presenta en la época de floración mediante un amarillamiento y marchitamiento repentinos de la planta (figura 67). 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, que ocasiona un hinchamiento en esta estructura (figura 68). El hongo se puede transmitir en la semilla (Tamayo y Londoño, 2001).

Para el control de la mancha angular se recomienda la rotación de cultivos por periodos no inferiores a dos años. Aplicar fungicidas a base de benomil, metil tiofanato, oxicloruro de cobre y caldo bordelés.



Figura 67. Amarillamiento o marchitamiento de la planta de frijol por *Fusarium*



Figura 68. Pudrición seca de raíces y base del tallo de frijol por *Fusarium*.

Como medidas de control cultural se recomienda la siembra en caballones, a porque alto, un adecuado tutorado del cultivo, evitar ocasionar heridas a las plantas y rotar con cultivos no susceptibles como cereales y hortalizas. Se conocen algunas variedades resistentes, tales como un frijol común denominado bolón blanco, que se cultiva en Colombia en el departamento de Nariño (Tamayo y Londoño, 2001).

Pudrición Radical por Pythium

Es causada por varias especies de *Pythium*, tales como *P. Irregulari*, *P. Aphanidermatum* y *P. myriotilum*.

Las especies de *Pythium* son habitantes naturales del suelo que sobreviven saprofiticamente formando estructuras de resistencia; la alta humedad del suelo favorece su desarrollo. La dispersión en el campo generalmente ocurre a partir de las zoosporas, toda vez que éstas pueden nadar en la película del agua del suelo, o por otras estructuras que son transportadas por el viento o por las salpicaduras de agua. Generalmente penetran a través de la superficie intacta del hospedante después de que han formado los puntos de infección. La penetración también puede ocurrir a través de las aberturas naturales y, directamente, de heridas presentes en el tejido. La severidad de la infección depende de factores tales como los exudados de la planta, la densidad del inóculo, la humedad, la temperatura y el pH del suelo. La patogenicidad es mayor en suelos con alto contenido de humedad. En general, las especies de *Pythium* forman parte del complejo de patógenos causantes de pudriciones radicales con *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* y los nemátodos (CIAT, 1980).

Las especies de *Pythium* pueden infectar la semilla en germinación, los cotiledones, la yema terminal, la radícula y el tejido del hipocótilo antes de la emergencia, lo cual eventualmente trae como consecuencia la muerte de la plántula. Las plántulas que sobreviven pueden morir tres a cinco días después de emerger. Los síntomas de marchitamiento por *Pythium* se manifiestan en forma de lesiones húmedas, alargadas en el hipocótilo y en las raíces, una a tres semanas después de la siembra. A medida que la infección progresa, las lesiones se secan y toman un color entre canela y café y su superficie se ve levemente deprimida (figura 69). *Pythium* también puede infectar plántulas o plantas adultas (CIAT, 1980).



Figura 69. Pudrición radical en el frijol por *Pythium*.

Control mediante prácticas culturales

La incidencia se puede reducir mediante prácticas culturales, tales como mayor distancia de siembra e incorporación de enmiendas al suelo; la rotación de cultivos puede disminuir las poblaciones del hongo en el suelo. Otras prácticas como la siembra en suelos bien drenados, en caballones y el aporque alto pueden ayudar a que las plantas formen raíces laterales cuando la raíz principal ha sido afectada por el hongo.

Control mediante resistencia de la planta

Se han identificado variedades de frijol con resistencia a varias especies de *Pythium*, pero ninguna de ellas es sembrada en Colombia.

Control químico

Algunos productos químicos pueden disminuir la severidad de la infección por *Pythium* spp. (propamocarb y metil tiofanato).

Pudrición radical por Rhizoctonia

El agente causal es el hongo *Rhizoctonia solani* Kuhn. El hongo se encuentra en la mayoría de los suelos agrícolas y puede infectar una gran cantidad de especies de plantas taxonómicamente diferentes. La especie *Rhizoctonia solani* tiene una gran cantidad de aislamientos patogénicos. Algunos son específicos para un cultivo, como el frijol común, mientras que otros atacan un sinnúmero de hospedantes. La severidad de la enfermedad depende del grado de humedad del suelo, su temperatura, y el estado nutricional del inóculo y de los exudados de la planta y sus raíces, los cuales estimulan el crecimiento micelial. El inóculo puede sobrevivir en el suelo asociado con los residuos de cosecha y mediante su crecimiento saprofitico en la materia orgánica. Los

Para controlar las enfermedades radicales se recomiendan medidas culturales como: evitar la siembra en suelos compactados e inundables, sembrar en caballones o surcos altos, realizar aporque al cultivo en forma oportuna y rotación de cultivos con especies no susceptibles como el maíz.

niveles de población en el suelo dependen de la presencia de un cultivo susceptible. El patógeno puede ser diseminado por el agua de riego, el material de trasplante, el viento y la semilla infectada, ser transportado tanto interna como externamente en la semilla y sobrevivir también en partículas secas de suelo (CIAT, 1980).

Rhizoctonia solani puede producir podredumbre del pie, chancro del tallo, pudrición radical y pudrición de la vaina. Durante los estados iniciales de infección del hipocótilo y las raíces, el hongo puede ocasionar la formación de chancros deprimidos y delimitados por márgenes de color café (figura 70), a medida que progresa la infección los chancros aumentan de tamaño y se vuelven de color rojo y, como consecuencia, se retarda el crecimiento de la planta; también puede ocasionar el volcamiento de la planta. *R. Solanni* también llega a infectar las vainas que se encuentran en contacto con la superficie del suelo, y de ahí infectar la semilla (CIAT, 1980).

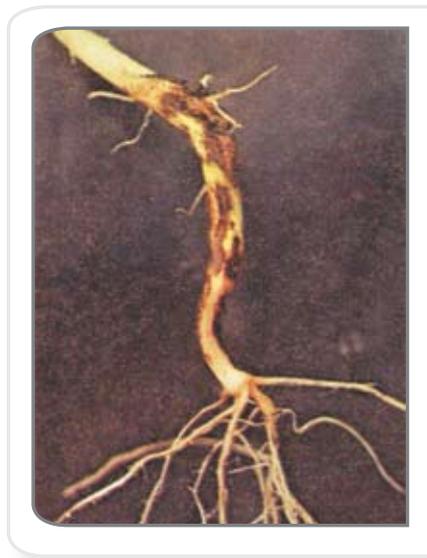


Figura 70. Pudrición radical en el frijol por *Rhizoctonia*

Control mediante prácticas culturales

La utilización de semilla limpia, y la siembra poco profunda y en caballón o surco alto reduce 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 del patógeno. Cuando se detectan daños por *Rhizoctonia solani* en los primeros estados de desarrollo del cultivo de frijol, se recomienda el aporque de las plántulas afectadas (Tamayo y Londoño, 2001).

Control mediante resistencia de la planta

Con frecuencia las plantas adultas son más resistentes a la infección por *R. solani*, como resultado posiblemente del incremento en el contenido de calcio en el tejido, de la inducción de fitoalexinas o de la disminución de los exudados del hipocótilo y de la raíz, que estimulan el ataque del hongo. Ha sido difícil encontrar material con alto grado de resistencia a *R. solani* dentro del germoplasma de frijol común. Cardona (citado por CIAT, 1980) informó que la variedad de frijol conocida como uribe

redondo era altamente resistente a la pudrición del tallo por *Rhizotocnia* en Colombia. Por otra parte, Dickson y Boettger (citados por CIAT, 1980) hallaron una relación entre los materiales con semilla negra y la resistencia, aunque también se han identificado materiales con semilla blanca resistentes.

Control químico

El control químico se puede realizar mediante productos aplicados al suelo tales como moncut 20 sc (flutalonil), benomil y Vitavax (carboxim).

Virus del mosaico común del fríjol

El mosaico común del fríjol fue una de las primeras enfermedades virales encontradas en el mundo y ha sido registrada en casi todos los países productores de fríjol. Es causante de importantes daños económicos: en diferentes estudios se han registrado pérdidas ocasionadas por el virus del mosaico común entre 6 y 98%. Además del fríjol, el virus tiene muchos otros hospedantes, principalmente especies de leguminosas (CIAT, 1980).

El virus puede producir tres clases de síntomas: mosaico, necrosis sistémica o lesiones locales, según la variedad, la edad al momento de la infección, la cepa y las condiciones ambientales. Los síntomas de mosaico se manifiestan en plantas infectadas sistémicamente y pueden ocasionar moteado, enroscamiento, raquitismo y deformación de las hojas primarias, especialmente si la infección primaria tiene lugar mediante semilla contaminada (figura 71). Las hojas trifoliadas presentan enroscamiento, deformación y un mosaico de color amarillo y varias tonalidades de verde (figura 72). Las hojas infectadas aparecen más delgadas y alargadas que las sanas y sus ápices se enroscan hacia el envés, deformando la hoja. La infección puede abarcar del 40 al 100% de la plantación, se origina a partir de áfidos que transmiten las partículas del virus, adquiridas en plantas de fríjol susceptibles u otros hospedantes, a plantas sanas (CIAT, 1980).

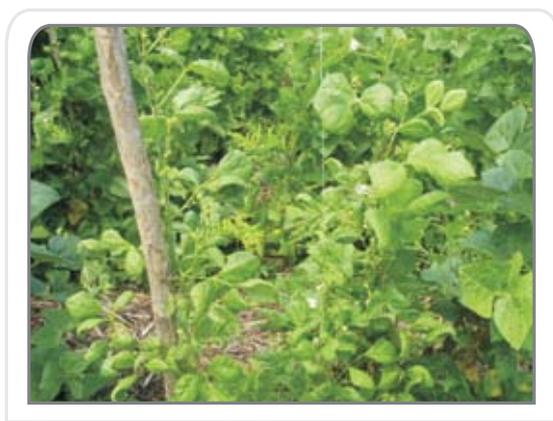


Figura 71. Síntomas de mosaico en plantas de fríjol infectadas.

Recuerde que los virus en los cultivos no tienen control químico. Para evitar las pérdidas causadas por el virus del mosaico común del fríjol utilice medidas de tipo cultural como siembra de variedades resistentes, uso de semilla limpia, limitar y reglamentar las épocas de siembra, evitar las siembras escalonadas de fríjol, emplear los cultivos asociados como el maíz.

Las partículas del virus del mosaico común se pueden transmitir mecánicamente, en el polen y en la semilla de plantas infectadas, y por medio de insectos vectores. El porcentaje de transmisión por semilla puede variar de 3 a 95% según la variedad y la edad al momento de la infección, especialmente si ésta ocurre antes de la floración. Se ha encontrado que las partículas del virus pueden sobrevivir en la semilla de frijol por lo menos 30 años (Zaumeyer, citado por CIAT, 1980).

Entre los áfidos registrados como vectores se encuentran *Macrosiphum solanifolii*, *M. pisi*, *M. ambrosiae*, *Myzus persicae*, *Aphis rumisis*, *A. gossypii*, *A. medicaginis*, *Hyalopterus atriplisis*, y *Ropalosiphum pseudobrassicae*. Se ha encontrado que los áfidos son muy eficientes en la transmisión del virus aun en bajas poblaciones. Las plantas y semillas infectadas de las variedades de frijol susceptibles, así como las malezas hospedantes, constituyen las fuentes iniciales de inóculo del virus; los áfidos son los responsables de la transmisión secundaria (CIAT, 1980).

Control mediante prácticas culturales

La época de siembra y la producción de semilla limpia son dos de las prácticas culturales que se han utilizado para disminuir la incidencia del virus del mosaico común en las variedades susceptibles de frijol.

Cultivos de frijol asociados con maíz tienen una menor incidencia de la enfermedad que cuando el frijol se siembra en monocultivo. El control químico de los áfidos o pulgones no es recomendable porque estos insectos adquieren y transmiten el virus en menos de un minuto. En zonas donde la enfermedad se encuentra con frecuencia, se deben evitar las siembras escalonadas de frijol y se debe recurrir a la definición de épocas de siembra (Tamayo y Londoño, 2001).

Control mediante resistencia de la planta

El método de control más recomendable es el genético, mediante la incorporación del gen dominante I en variedades de frijol susceptibles al mosaico. Existen también genes recesivos de resistencia contra las cepas necróticas del virus del mosaico común, los que, junto con el gen dominante de necrosis, protegen las plantas contra las cepas conocidas del virus (CIAT, 1980). La variedad de frijol ICA jaidukamá es resistente al virus del mosaico común del frijol.



Figura 72. Síntomas de mosaico en hojas de frijol infectadas.

Prácticas recomendadas para el manejo integrado del cultivo

Elección de productos fitosanitarios

Según el ICA, un plaguicida es una sustancia o mezcla de sustancias de origen químico o biológico, destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, o las especies de plantas o animales indeseables que causan perjuicio, o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera. Incluye las sustancias utilizadas como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes y las que se aplican a los cultivos, antes o después de la cosecha, para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte.

De acuerdo con esta definición, y según su objeto de control, los plaguicidas pueden ser: insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, desinfectantes del suelo, atrayentes, repelentes, defoliantes y reguladores fisiológicos.

En el manejo integrado de plagas, los plaguicidas, bien sean químicos o biológicos, cumplen un papel importante, pero si no se hace un uso adecuado de ellos se convierten en elementos peligrosos para la salud y el medio ambiente. Para que estos productos sean compatibles con la estrategia de producción con Buenas Prácticas Agrícolas, se deben tener en cuenta varias consideraciones:

Grado de selectividad respecto al objetivo: Se refiere a que el plaguicida sea en lo posible selectivo, es decir, que afecte solamente el organismo que se requiere controlar, sin afectar a los demás organismos presentes en el agroecosistema. Se debe evitar el uso de plaguicidas de amplio espectro, o sea, aquellos que actúan sobre un número grande de especies. Esta consideración es muy importante en el caso de los insecticidas, ya que muchos de los insectos plagas conviven en los ecosistemas con sus enemigos naturales, los cuales se deben tratar de proteger, ya que casi siempre actúan regulando las poblaciones de los insectos plagas.

Modo de acción: En relación con el modo de acción, los plaguicidas pueden ser de contacto y sistémicos, si se trata de insecticidas; protectantes y sistémicos, si se trata de fungicidas. Los insecticidas sistémicos tienen mayor grado de selectividad que los de contacto. Los fungicidas sistémicos son también más selectivos que los protectantes, pero los primeros presentan un alto riesgo de inducir a la creación de mecanismos de resistencia por parte del patógeno, razón por la cual no es recomendable su uso en forma continua, y es preferible utilizarlos en rotación con fungicidas protectantes.

Residualidad: los plaguicidas tienen diferente grado de residualidad, según como sean los mecanismos de degradación en el medio ambiente. En un programa de producción con buenas prácticas agrícolas, es preferible el uso de plaguicidas con baja residualidad para disminuir el riesgo de que los alimentos producidos contengan dichos residuos que generalmente tienen algún grado de toxicidad para el hombre y los animales. Así mismo, se deben emplear productos que se degradan rápidamente en el ambiente para evitar la contaminación con residuos tóxicos.

Categoría toxicológica: de acuerdo con el grado de toxicidad para humanos y animales, los plaguicidas han sido clasificados por la Organización Mundial de la Salud y el Ministerio de Protección Social en cuatro categorías (véase la tabla 11).

Tabla 11. Categoría toxicológica de los plaguicidas

CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	GRADO O NIVEL DE TOXICIDAD	COLOR DE LA ETIQUETA
I	Extremadamente peligroso	
II	Altamente peligroso	
III	Medianamente peligroso	
IV	Ligeramente peligroso	

En un programa de producción con Buenas Prácticas Agrícolas, se recomienda el uso de plaguicidas de categoría toxicológica III y IV. Dentro de las normas existentes en relación con el uso de plaguicidas, está establecido que el uso de productos de categorías I y II debe hacerse con la prescripción de un ingeniero agrónomo o profesional afín (Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud).

Formulación: los ingredientes de los plaguicidas son moléculas biológicamente activas en cantidades muy pequeñas; por lo tanto, en la preparación del ingrediente, para su adecuada utilización, se debe tener en cuenta el mayor número posible de variables biológicas, climáticas y físico-químicas que están relacionadas con la plaga que se va a controlar.

Una formulación, químicamente hablando, es la adecuada preparación de un ingrediente para darle un uso práctico. En el caso de los plaguicidas, se busca que el ingrediente activo alcance su objetivo, interactúe con él y llegue al sitio biológico donde ejerce su acción plaguicida. Para lograrlo, se requiere que la formulación no se degrade en forma rápida para que se alcance el objetivo de control, pero al mismo tiempo se requiere que éste sufra una degradación para evitar efectos residuales negativos en el medio ambiente. Se busca, entonces, poner la menor cantidad de ingrediente activo que permita el control de la plaga en el lugar correcto y en el tiempo propicio para lograrlo.

Es necesario considerar también las pérdidas de producto por lavado y por contacto directo con el suelo, que pueden alcanzar más del 80%. Para la adecuada formulación de un plaguicida se deben

tener en cuenta, además, las diferentes fases de desarrollo del organismo; en los insectos, por ejemplo, los estados de huevo, ninfa, larva y adulto tienen diferente grado de susceptibilidad a los plaguicidas. Se deben tener en cuenta, entonces, varios factores:

- Propiedades físicas y químicas del plaguicida.
- Movimiento y dinámica del organismo que se quiere controlar.
- Objetivo por controlar; por ejemplo, en malezas pueden ser las semillas, tejidos bajo tierra o las partes aéreas de las plantas.
- Tipo de aplicación (al suelo o foliar).
- Propiedades biológicas del plaguicida y del organismo por controlar.
- Consideraciones en cuanto a las aspersiones (tamaño de gota, dosis y volumen de aplicación).

Los plaguicidas agrícolas se clasifican según su presentación en:

- Soluciones acuosas (SW).
- Concentrados emulsionables (EC).
- Concentrados dispersables (SC).
- Polvos humectables (WP).
- Gránulos dispersables en agua (WG).
- Polvos y gránulos (G).
- Soluciones ultrabajo volumen.
- Sólidos y películas de liberación controlada.
- Aerosoles.
- Otros.

Las formulaciones más comunes en nuestro medio, son los concentrados emulsionables y los concentrados solubles. Cada uno de estos tipos de formulación basa su forma de acción y presentación, en parte, en el tipo y las características de los inertes que acompañan al ingrediente activo. Los factores de mayor influencia en el desarrollo de una formulación son:

- La clase de plaga que se desea controlar.
- La eficiencia de control para el cual fue diseñado selectivamente el producto.
- El método de aplicación disponible.
- Las consideraciones económicas.

En la formulación de un plaguicida se tienen tres componentes básicos: el ingrediente activo o soluto, el solvente o transportador, y el coadyuvante.

En cuanto al grado de toxicidad de los plaguicidas, en relación con el tipo de formulación, se debe tener presente que la toxicidad no sólo depende del ingrediente activo, sino también del solvente y de los coadyuvantes.

Evitar el uso de plaguicidas de amplio espectro para disminuir el riesgo de afectar los organismos benéficos.

Se considera de mayor riesgo la aplicación de los plaguicidas en polvo que los líquidos, por la alta probabilidad de transportar partículas a través de las corrientes de aire. Los productos cuya presentación es granulada o encapsulada disminuyen los riesgos cuando son aplicados en forma dirigida al suelo (Asociación Nacional de Industriales, 1991).

Períodos de carencia y seguridad

Periodo de seguridad: el periodo de seguridad en la aplicación de plaguicidas es el tiempo mínimo que debe transcurrir entre el momento de realizar una aplicación y la entrada de las personas al lote donde se hizo la aplicación, sin que se corra el riesgo de una intoxicación a causa de los residuos del agroquímico que permanecen en el ambiente. Es muy escasa la información que se tiene en forma específica para los diferentes productos, debido a que los productores de los plaguicidas no adjuntan la hoja de seguridad de los mismos, pero, en forma general, se afirma que para la mayoría de los plaguicidas de uso corriente el periodo de seguridad es de 12 a 24 horas. El periodo de seguridad depende de la toxicidad del plaguicida aplicado, la dosis y la formulación aplicadas al cultivo, la rata de degradación del plaguicida, las condiciones ambientales (temperatura, humedad, viento), y el grado de contacto de los trabajadores con las plantas tratadas.

Periodo de carencia: el periodo de carencia es el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la última aplicación de un plaguicida y la cosecha del producto, para garantizar que el plaguicida aplicado se haya degradado y sus residuos en el producto cosechado no superen los límites máximos permisibles, según el Codex Alimentarius de la FAO. Al igual que en el caso del periodo de seguridad de los plaguicidas, existe muy poca información por la falta de la hoja de seguridad que debe acompañar este tipo de productos. El periodo de carencia depende, entonces, del tipo de producto, y es más largo en el caso de plaguicidas a base de metales pesados como el arsénico y el mercurio, que son de muy lenta degradación; les siguen los organoclorados, que también son de degradación lenta (se han encontrado residuos en el suelo después de 10 años de haber sido aplicados); los organofosforados y carbamatos que son de degradación relativamente rápida, y los piretroides que se degradan en forma más rápida que los anteriores. Para este último grupo de plaguicidas, se dice que el periodo de carencia es de, aproximadamente, ocho días.

El periodo de carencia depende, además de la clase de plaguicida aplicado, del producto objeto de la cosecha. Por ejemplo, éste debe ser más largo para productos que se consumen en fresco como las hortalizas y vainas tiernas de habichuela; y más corto, para el caso de frijol cosechado para consumo en seco, ya que en este caso el plaguicida aplicado no entra directamente en contacto con los granos.

Si se consideran las condiciones generales del manejo fitosanitario del frijol, normalmente es necesario controlar enfermedades y plagas hasta la etapa R8 (llenado de las vainas) y en algunos casos hasta la etapa R9 (maduración). En condiciones normales, esto sucede por lo menos 30 días antes de la cosecha, tiempo que supera el periodo de carencia de los plaguicidas que se usan comúnmente en este cultivo.

Seguridad en la aplicación de productos

Generalidades sobre el uso de equipos de aspersión

Los plaguicidas, además de ser peligrosos para la salud humana y para el medio ambiente, son costosos, por lo tanto, se les debe usar con cuidado y en las dosificaciones recomendadas. El equipo de aplicación debe funcionar bien, para lo cual es necesario cuidarlo y hacerle el mantenimiento adecuado cada vez que se use. Es necesario conocer bien el equipo, las partes que lo conforman, su funcionamiento y las posibles fallas. Algunas recomendaciones relacionadas con los equipos de aspersión que más se utilizan en frijol (bomba de espalda):

- Se recomienda usar bomba de presión previa retenida.
- Equipos livianos.
- Que resistan más de 200 libras de presión (psi).
- Poseer manómetro con escala entre 0 y 150 psi.
- Correas graduables fabricadas en nylon.
- Manguera de caucho flexible, resistente a los agroquímicos y con abrazaderas en acero.
- Lanza no menor de 80 cm, incluyendo la empuñadura, fabricada en bronce o cobre.
- Llave de paso automática, de cierre inmediato.
- Regulador de presión en bronce con resorte en acero inoxidable, con manómetro tipo diafragma, entre 0 y 60 libras de presión.
- Boquillas de baja descarga.
- Estuche de repuestos con abrazaderas, empaques, chupas para la bomba inyectora, resorte regulador, llave de paso, esferas y diafragma.
- Herramientas: llaves adecuadas para el armado y desarmado del equipo.
- Catálogo de las partes del equipo, reparación, repuestos y mantenimiento.
- Garantía del equipo por defectos de fábrica. Antes de usar el equipo se debe leer detenidamente el manual de manejo y mantenimiento. Se recomienda tener un equipo para la aplicación de fungicidas e insecticidas, y otro exclusivo para la aplicación de herbicidas, debido a que estos productos son fitotóxicos. Antes de poner el equipo en funcionamiento es necesario revisar cuidadosamente cada una de sus partes.

En general, los plaguicidas deben ser disueltos en un poco de agua antes de depositarlos en el tanque del equipo de aspersión, especialmente si se trata de polvos mojables. Al verter el producto al tanque del equipo se debe utilizar un filtro adecuado para evitar la introducción de impurezas que puedan obstruir la salida de la mezcla.

Preferiblemente utilizar los insecticidas sistémicos, ya que éstos son más selectivos que los que actúan por contacto.

Dosificación y mezclas de plaguicidas

En relación con las dosificaciones, cada producto trae la recomendación específica sobre la dosis o cantidad del ingrediente activo o producto comercial, que, generalmente, está dada en unidades como kg, l, cc, g y las respectivas cantidades necesarias para asperjar una hectárea de cultivo. En la práctica se utiliza otro parámetro para dosificar los plaguicidas, dado en unidades por litro de agua, el cual es poco preciso si se tiene en cuenta que el volumen de agua es muy variable en cada aplicación, a no ser que se realice la calibración del equipo y del operario en todas las aplicaciones. Cuando las dosis se dan en estas unidades se debiera especificar además el volumen de agua que se debe aplicar por hectárea.

Mezclas de plaguicidas

En general, se puede afirmar que los ensayos de eficacia para la prueba de los plaguicidas que se realizan antes de que éstos sean entregados para su uso comercial, se hacen con cada producto en forma separada. Por lo tanto, se podría decir que las recomendaciones de plaguicidas están dadas para el uso del producto solo. Sin embargo, en la práctica el agricultor se encuentra con situaciones que lo obligan a tomar medidas para manejar varios problemas en forma simultánea: dos o más enfermedades, enfermedades y plagas; los dos casos anteriores, y deficiencias de nutrientes en el cultivo, entre otros casos. Por esta razón, y tratando de racionalizar los costos por el tiempo invertido en las aplicaciones, se ha generalizado el empleo de las mezclas de plaguicidas. Entre las más comunes se tienen:

- Mezclas de un fungicida protectante con un fungicida sistémico o de acción específica.
- Mezcla de uno o más fungicidas con un insecticida.
- Mezclas de fungicidas o insecticidas con fertilizantes foliares.
- Mezclas de cualquiera de los productos antes mencionados con reguladores fisiológicos de las plantas.
- Mezclas de cualquiera de los productos antes mencionados con coadyuvantes.

Es necesario, entonces, conocer el grado de compatibilidad de los productos para su aplicación en mezclas, a fin de lograr la eficiencia esperada en las aplicaciones, tal información debe estar contenida en las etiquetas de los plaguicidas. Se debe consultar con el asistente técnico antes de realizar las mezclas requeridas. En general, se deben evitar las mezclas de productos de acción similar, por ejemplo dos o más fungicidas protectantes, ya que en este caso no se logra mejorar la eficiencia de los productos aplicados. Generalmente no son compatibles las mezclas de productos con presentaciones diferentes, por ejemplo polvos mojables con líquidos en concentrados emulsionables.

Indumentaria adecuada para la aplicación de plaguicidas

Como los plaguicidas son productos tóxicos, su manipulación y aplicación debe hacerse con medidas de prevención que disminuyan los riesgos de intoxicación. Es necesario recordar que estos productos tienen varias vías de entrada al organismo: por ingestión, por inhalación y por

contacto o dérmico. Por tanto, se requiere proteger el cuerpo para evitar la entrada, utilizando ropas adecuadas que constan de: overol de manga larga, hecho con un material impermeable, botas, guantes, careta con respirador y sombrero tupido.

Mantenimiento y calibración de equipos de aspersión

- Una vez terminada la aspersión, los equipos deben lavarse por dentro y por fuera con agua limpia. Para lavar por dentro, se inyecta agua limpia y se hace funcionar el equipo, sin boquilla, para eliminar partículas o residuos del producto.
- Limpiar los filtros de boquilla, llave de paso y rotor con agua y un cepillo de cerdas suaves.
- Lubricar las partes que lo requieran, con aceite vegetal que no contenga sal.
- Guardar los equipos en la pieza de equipos y herramientas.
- Además del mantenimiento diario, es necesario hacer un mantenimiento semanal a los equipos, lavando con agua y jabón, una vez desarmada cada una de sus partes (Comité Departamental de Cafeteros, 1986).

Calibración de aspersores de espalda

Por calibración se entiende el ajuste correcto del equipo de aspersión para regular la descarga del producto a un nivel constante, uniforme y a una tasa de salida deseada. En este caso, es necesario calibrar tanto el aspersor como el operario. Es indispensable mantener una presión constante durante la aspersión, lo que se consigue poniéndole al equipo el regulador de presión. El procedimiento para la calibración es el siguiente:

- Mida un área de 2 x 50 metros (100 m²) sobre el terreno donde se va a realizar la aplicación.
- Llene el aspersor con un volumen determinado de agua.
- Bombee hasta obtener la presión deseada, generalmente de 20 a 40 libras por pulgada cuadrada (psi), según el producto que se vaya a aplicar.
- Manteniendo la presión constante, efectúe una aplicación con agua a un paso normal, sobre el terreno que se midió, donde se va a efectuar la aplicación.
- Después de la aplicación, mida el agua que se requiere para llenar el aspersor hasta el nivel inicial, y así obtiene la cantidad utilizada.
- Repita esta operación tres veces y obtenga el promedio.
- Calcule la cantidad de agua necesaria para una hectárea por medio de la siguiente fórmula (ICA, s. f.):

$$\frac{\text{Agua utilizada (litros)} \times 10.000 \text{ m}^2}{\text{Área aplicada m}^2} = \text{litros/ha}$$

En relación con los fungicidas, hacer rotaciones adecuadas de productos protectantes y sistémicos para evitar la inducción de mecanismos de resistencia en los organismos patógenos.

Gestión de excedentes fitosanitarios

El procedimiento a seguir para la eliminación de envases y residuos de agroquímicos, es el siguiente: cuando se termina de usar el contenido de un plaguicida se realiza triple lavado, se perfora el envase y se deposita en un lugar adecuado para evitar el riesgo de contaminación de personas, animales y medio ambiente. Como estos envases son hechos con materiales de difícil degradación, la forma más apropiada para destruirlos es mediante la incineración en hornos especiales destinados para este fin. En Colombia, la empresa Cementos Boyacá cuenta con un horno con las especificaciones requeridas, ubicado en el municipio de Nopsa. Actualmente la ANDI, que representa a las empresas productoras de plaguicidas, está desarrollando, en colaboración con las Corporaciones Autónomas Regionales y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente —DAMA—, un programa de recolección de envases (FOGA), los cuales son almacenados en un centro de acopio acondicionado para este fin, para luego ser transportados a los hornos de Cementos Boyacá donde son incinerados. En el caso del Oriente antioqueño, este programa es desarrollado por la ANDI y Cornare, y los empaques son acopiados en una bodega ubicada en el área rural del municipio de Rionegro.

En cuanto a los productores de frijol, es necesario que se organicen en grupos, que cada agricultor recoja los envases de su finca los reúnan en un sitio común, que puede ser la caseta de la acción comunal de cada vereda, y luego sean llevados al centro de acopio regional. Esta labor requiere acciones de educación y capacitación de los agricultores para lograr la sensibilización y la adopción de esta práctica, que es fundamental en un proyecto de producción con Buenas Prácticas Agrícolas.

Transporte y almacenamiento de plaguicidas

Transporte

Los plaguicidas nunca se deben llevar a la finca en el mismo vehículo en que se transportan alimentos, bebidas, medicamentos, ropas y otros elementos, pues al contaminarse constituyen riesgo para la salud (Decreto 1843 de Minsalud, 1991).

El transporte de los plaguicidas en el vehículo deberá tener el embalaje adecuado, de manera que se cuente con la protección necesaria para su manipulación. La disposición de la carga en el vehículo deberá hacerse de forma que se mantenga estable durante el viaje para evitar golpes y caídas.

Almacenamiento

- En la finca debe tener un lugar especial para el almacenamiento de los plaguicidas. Lo más recomendable es una bodega separada del lugar de habitación, la cual debe permanecer cerrada con llave para evitar el acceso de personas ajenas al uso de estos productos, niños y animales domésticos. La bodega debe estar debidamente señalizada con el aviso correspondiente de peligro.
- El sitio debe ser seco y bien aireado, y los productos se colocan sobre estantes metálicos o de madera.

- Si se tienen plaguicidas en polvo y líquidos, los productos en polvo deben ponerse en los estantes superiores y los líquidos en la parte baja, para disminuir los riesgos de contaminación en caso de derrames.
- Cuando se tienen productos de lotes y fecha de vencimiento diferentes, se deben poner los más próximos a vencerse al frente, para que primero se consuman los más viejos.
- Para la manipulación de los plaguicidas en la bodega se deben emplear los elementos de protección personal que se utilizan en las aplicaciones.
- Los plaguicidas deben almacenarse en sus envases originales para evitar confusiones al utilizarlos. Los envases no deben permitir escapes para evitar la contaminación del ambiente y la alteración del producto. Cuando se almacenan cantidades grandes, además de su empaque o envase original, se empacan en cajas de cartón.
- El almacenamiento de plaguicidas en la finca debe ser lo más corto posible, dentro de la vigencia del producto, ya que se tiene riesgos de intoxicación, incendio o contaminación del ambiente.
- La bodega debe estar aislada de la casa de habitación, en un lugar de fácil acceso y sin riesgos de inundación.
- Debe tener paredes, techo, piso y puertas no combustibles.
- Debe tener aireación por las partes superior e inferior.
- Poseer rampas de acceso o muros de contención para evitar que lo que allí se derrame escurra por las puertas.
- Sus instalaciones eléctricas deben estar empotradas, evitando cualquier producción de chispas.
- Los productos deben separarse de acuerdo con su uso; insecticidas separados de fungicidas y, éstos, de los herbicidas. Así mismo, deben separarse de acuerdo con la categoría toxicológica.
- Se deben tener en un lugar visible los teléfonos de emergencia: médicos, bomberos, policía, alcaldía.
- La bodega debe poseer una ducha de emergencia, o por lo menos una llave de agua o un lavamanos.
- Se deben conocer las partes de la etiqueta de los productos y su interpretación en caso necesario.
- Se deben tener a la mano elementos para recoger derrames: pala y escoba exclusiva para los derrames, material absorbente (aserrín, arena o tierra) y bolsas plásticas para recoger los desechos y disponer de un botiquín de primeros auxilios (Instituto de Seguro Social, ANDI, ICA, s. f.).

La etiqueta de los plaguicidas

La etiqueta contiene la información necesaria sobre la concentración, clase de formulación y recomendaciones técnicas de uso en cuanto a problemas que controla, dosis y forma de aplicación; el nombre del producto, su uso

Evitar el uso de plaguicidas de alta residualidad, para disminuir los riesgos de acumulación de residuos tóxicos en los alimentos y en el medio ambiente.

adecuado, el ingrediente activo, el grado de toxicidad, antídoto para el caso de un envenenamiento y primeros auxilios. Contiene además instrucciones para la seguridad del aplicador y del ambiente, cómo preparar la mezcla de aspersión y sobre el manejo y disposición de los envases vacíos. También trae la información sobre el nombre y la dirección de la empresa fabricante (Instituto de Seguro Social, ANDI, ICA, 1994).

Cosecha y poscosecha

Las variedades de fríjol de hábito de crecimiento voluble tienen un período de floración largo, por consiguiente la maduración no es uniforme, es decir que las vainas en una planta no maduran al mismo tiempo, lo que hace necesario realizar la cosecha en varias etapas, a medida que las vainas alcanzan la madurez de cosecha.

Es necesario precisar que los granos adquieren su grado máximo de calidad en el momento de la madurez fisiológica, momento en el cual han acumulado la totalidad de materia seca y nutrientes, y el embrión ha adquirido su desarrollo total. Lo ideal sería realizar la cosecha en el momento en que el grano alcanza la madurez fisiológica, pero normalmente en este estado el grano tiene contenidos de humedad muy altos, superiores al 30%, y si no se cuenta en la finca con métodos especiales para el secado, se corre el riesgo de que se deteriore después de la cosecha. Por consiguiente, es recomendable postergar la recolección hasta la etapa de madurez de cosecha, que ocurre cuando el 75% de las vainas están secas, en esta etapa la humedad de los granos es de aproximadamente un 20%. Para fríjol de hábito voluble, generalmente la cosecha se debe realizar en dos o tres etapas, a medida que las vainas alcanzan el estado apropiado para realizarla (figura 73) (Arias y colaboradores, 2001).



Figura 73. Cosecha de fríjol voluble

En aquellas regiones donde se tenga un buen conocimiento de las condiciones del clima, es recomendable hacer una programación de las épocas de siembra, procurando que la cosecha coincida con épocas secas, de poca lluvia. De esta manera, se facilitan en forma considerable las labores de cosecha y poscosecha y se obtiene un grano de excelente calidad.

Método de cosecha

Para las variedades de hábito voluble, por la arquitectura de la planta y porque su maduración no es uniforme, la cosecha debe hacerse de forma manual, desprendiendo las vainas secas de la planta y depositándolas en un recipiente adecuado.

Es conveniente anotar que cuando se hace selección de semilla en el campo, se recomienda que un operario recorra el cultivo antes que los demás, seleccionando de las plantas más vigorosas las vainas de mejor calidad por su tamaño y sanidad, con el fin de utilizar sus granos como semilla para los próximos cultivos (Arias y colaboradores, 2001).

Secado

Como el frijol se cosecha con grados de humedad altos, generalmente superiores al 20%, es necesario secarlo y bajar su contenido de agua hasta el 15% o menos para evitar su deterioro. Hay que anotar que es preferible hacer el secado en las vainas, antes del desgrane, tratando de proteger los granos de la acción directa del calor, para lo cual se pueden utilizar varios métodos:

Patios de secamiento: consiste en colocar el frijol en patios con pisos de diferentes materiales, sometiéndolo a la acción directa del sol. Se debe procurar que las vainas no queden en contacto directo con el piso, poniéndolas sobre carpas de plástico o de otros materiales, para evitar que los gradientes de calor y humedad de éste afecten directamente el grano. Se prefieren materiales que puedan absorber parte de la humedad que libera el frijol. Este método es económico y fácil de aplicar, pero tiene la desventaja de que es poco eficiente en tiempo lluvioso (figura 74).



Figura 74. Patios de secamiento del frijol.

Secado bajo marquesinas o coberturas plásticas: la marquesina es una construcción rústica en madera y plástico con la cual se aprovecha en forma más eficiente la energía del sol y las corrientes de aire para realizar el secado, y mantiene el frijol protegido de la lluvia. La cobertura de plástico

permite acumular el calor y aumentar en forma considerable la temperatura en su interior, y su forma de construcción favorece la circulación del aire que ayuda a extraer la humedad que liberan los granos (figura 75). Con el uso de las marquesinas se tienen las siguientes ventajas:



Figura 75. Secado del fríjol bajo marquesinas o coberturas plásticas.

- El proceso de secado se logra independientemente de las condiciones del clima.
- Se reduce el tiempo de secado por la mayor eficiencia en la utilización del calor y las corrientes de aire.
- Se reducen las pérdidas de grano en el procedimiento del secado.
- Se mejora la calidad del fríjol.

En la figura 76 se muestra el diseño de una marquesina apropiada para secar fríjol.

Hacer el secado del fríjol en las vainas, antes del desgrane hasta llevarlo a un grado de humedad del 15% o menos.

Paseras o secadoras de café: son estructuras en forma de bandejas móviles (figura 77) hechas en madera, bajo un techo preferiblemente de zinc u otro material que tenga la propiedad de almacenar calor. Normalmente se construyen con varios estantes o bandejas sobre rieles, para facilitar su movilización y poder guardar y sacar el fríjol con facilidad de acuerdo con los cambios de las condiciones climáticas.



Figura 77. Paseras o secadoras de café.

Secadoras de motor: el secado con motor permite aprovechar la energía en forma de calor y las corrientes de aire para secar los granos. Es un método más eficiente, pero de mayor costo en comparación con el secado natural. Se utiliza para secar cantidades grandes de fríjol (Arias y colaboradores, 2001).

Trillado o desgrane

El desgrane consiste en separar los granos de la vaina, para hacerlo se emplean varios métodos: el desgrane manual y el mecánico y el apaleo.

Desgrane manual: consiste en separar los granos de la vaina en forma manual. Es el método ideal para desgranar fríjol para semilla, ya que no se maltrata. Es recomendado para desgranar cantidades pequeñas de semilla, pero tiene la desventaja de ser poco eficiente y costoso cuando se hace con mano de obra contratada.

Apaleo o garrote del fríjol: es otro método de desgrane manual que consiste en golpear las vainas sobre una carpa o lona con un palo hasta lograr la separación de los granos (figura 78). Es un método más eficiente que el desgrane manual, pero puede causar daños mecánicos y físicos al grano si éste no tiene el grado de humedad adecuado: no debe estar muy húmedo, ni demasiado seco. No se recomienda para desgranar fríjol semilla por el riesgo de causar daños físicos y fisiológicos a la misma.



Figura 78. Método de desgrane del frijol por apaleo o garroteo.

Desgrane mecánico: existen varios tipos de desgranadoras mecánicas de frijol, generalmente accionadas con la energía de un motor (Figura 79). Este método representa un costo inicial alto, pero es muy eficiente comparado con los otros métodos de desgrane. Generalmente, tienen adaptado un sistema de ventilación que permite hacer el trillado o desgrane y la limpieza al mismo tiempo.

Con el uso de la desgranadora mecánica se mejora la eficiencia del desgrane. Por ejemplo, con una desgranadora portátil de tamaño mediano (como la que muestra la figura 79) se pueden desgranar hasta 1.000 kg de frijol en una hora. Con el método tradicional del apaleo se requiere aproximadamente una jornada de ocho horas para desgranar esta misma cantidad de frijol (Arias y colaboradores, 2001).

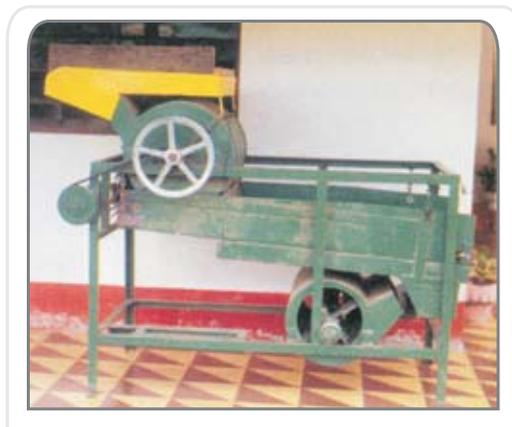


Figura 79. Desgranadora mecánica de frijol, portátil, de tamaño mediano.

Limpieza

Consiste en separar del grano las impurezas que quedan después del trillado o desgrane. Para ello se emplean las corrientes naturales de aire o algunos sistemas de ventilación artificial. Otro método muy común es con las mismas zarandas que se utilizan para separar los granos por tamaño, que también sirven para separar las impurezas (figura 80).

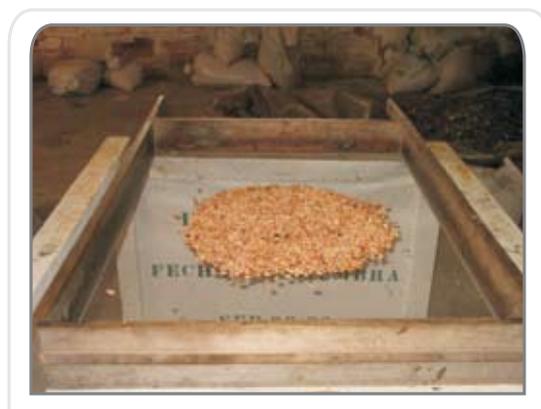


Figura 80. Zaranda para separar los granos de frijol por tamaño y separar impurezas

Selección

Después de la limpieza del grano se hace la selección, que consiste en separar los granos manchados, partidos, con colores pálidos, dañados por insectos o muy pequeños. Para la selección o separación por tamaño se emplean las zarandas con el tamaño de mallas adecuado de acuerdo con la variedad de frijol. La separación de los granos manchados y deteriorados se hace en forma manual, vaciando el frijol sobre superficies planas y limpias, como mesas; se recomiendan superficies de color azul pálido, ya que este color hace un buen contraste con el color de la mayoría de clases comerciales de frijol y, además, no es muy pesado para la vista del operario (Suárez, 1990).

Empaque

Los empaques más adecuados para frijol son los sacos o costales, preferiblemente de fibras naturales como el fique, cuyas ventajas son su porosidad y la capacidad de absorber parte de la humedad que pueden liberar los granos si no han sido secados adecuadamente antes de empacarlos. Es necesario tener en cuenta, además, la norma reciente de emplear bultos con un peso máximo de 50 kg para su comercialización.

Almacenamiento

El almacenamiento empieza desde el momento en que el grano alcanza su madurez fisiológica. Dentro de los factores que afectan el grano durante su almacenamiento, la humedad y la temperatura son los más importantes. El deterioro de los granos en el almacenamiento es un proceso inexorable e

Desgranar el frijol con el grado de humedad adecuado para evitar el daño de los granos; utilizar la tecnología del desgrane mecánico con máquinas apropiadas, con las cuales se logra mejorar la eficiencia de esta labor en forma considerable.

irreversible; por eso se debe aceptar que durante esta etapa no se mejora la calidad de los granos y sólo se trata de mantenerla o de reducir al máximo la tasa de deterioro (Giraldo, citado por Ríos, 2002).

En relación con el contenido de humedad del frijol, éste debe estar en el punto de equilibrio o muy cercano a él. Para el caso del Oriente antioqueño y de Urao, el punto de equilibrio se tiene cuando el frijol alcanza un contenido de humedad cercano al 14%. Por consiguiente, para estas condiciones, es ideal almacenar el frijol con el 14% o menos de humedad.

En cuanto a la temperatura del sitio de almacenamiento, es preferible almacenar en sitios con temperaturas bajas, ojalá inferiores a 20° C. Además, el sitio de almacenamiento debe ser seco, bien aireado y limpio. Por cada 5° C que se reduzca la temperatura del lugar, se duplica el potencial de almacenamiento, o sea, la duración del grano en estas condiciones (Arias y colaboradores, 2001).

Para el almacenamiento del frijol se utilizan varios métodos. Cuando se trata de cantidades pequeñas de grano se puede hacer en recipientes sellados herméticamente, siempre y cuando el grano tenga una humedad igual o inferior al 14%. Para cantidades mayores se utilizan los costales, preferiblemente de fibras naturales, que tienen la propiedad de absorber parte de la humedad que libera el grano. Los empaques se deben poner sobre estibas de madera evitando el contacto con el suelo y con las paredes de la bodega, que pueden transmitir humedad al grano y acelerar su deterioro (figura 81) (Arias y colaboradores, 2001; Ríos y colaboradores, 2002).



Figura 81. Almacenamiento del frijol sobre estibas sin contacto con el suelo y paredes

Variación del color en el grano de frijol cargamanto blanco (*Phaseolus vulgaris* L.)

El color es considerado como uno de los atributos más importantes en la aceptación o rechazo de los productos; en el grano de frijol, con el paso del tiempo, la muestra presenta cambios de color en la parte superficial siendo éste atributo uno de los principales causas de rechazo en los mercados.

Las semillas respiran continuamente y a menudo absorben oxígeno, oxidando los sustratos respiratorios (almidón fructanos, sacarosa, grasas, etc.) y liberando dióxido de carbono el proceso global se considera como una oxidorreducción. De otra parte, algunos pigmentos vegetales solo absorben longitudes de onda violeta y azul, reflejando y transmitiendo los colores verde, amarillo, anaranjado y rojo, una combinación que para nosotros aparece como amarillo.

De acuerdo a lo anterior, el cambio de color del frijol cargamanto, en el tiempo, puede deberse al efecto de los haces de luz y a la presencia de oxígeno en el empaque, de igual forma la humedad intrínseca del producto es otro factor principal a controlar debido a que afecta el aspecto visual del frijol.

Evaluaciones exploratorias realizadas por el equipo técnico del proyecto FAO-MANA sobre el cambio de color del frijol cargamanto, variedad ombligo amarillo, con muestras considerando la presencia de aire en el empaque y las condiciones de exposición o no a la luz natural, arrojaron los siguientes resultados:

- Las muestras de frijol cargamanto ombligo amarillo, empacadas en bolsas plásticas calibre 2 con presencia de aire, siendo estas las condiciones de almacenamiento convencional utilizadas, presentan un deterioro rápido del producto manifestando un amarillamiento (pardeamiento) perceptible a la vista, a partir de los 19 días aproximadamente después del proceso de empaque, en comparación con las muestras empacadas al vacío. Lo anterior lleva a suponer que la condición de vacío reduce las condiciones de disponibilidad de oxígeno al interior del empaque, contribuyendo a retardar la aparición de estos efectos en el tiempo.
- Comparando las muestras de frijol cargamanto ombligo amarillo empacadas al vacío (empaque plástico calibre 100) con las muestras empacadas al vacío y sometidas a la oscuridad, se comienza a percibir visualmente un cambio de color (amarillamiento) a partir de los 39 días después de haberse realizado el empaque, en las muestras sometidas al vacío y expuestas a luz natural.
- El menor deterioro se presentó en las muestras de frijol almacenadas al vacío y en expuestas a condiciones de oscuridad, presentando condiciones de menor amarillamiento del grano, después de 3 meses y 21 días de almacenamiento. A simple vista es menos perceptible visualmente el deterioro en comparación con las demás muestras.

Los anteriores resultados exploratorios permitieron diseñar una investigación respecto al tema, la cual se adelanta con la Fundación INTAII, con el propósito de evaluar cuantitativamente en el tiempo factores de mayor incidencia en el cambio de color característico del frijol cargamanto blanco-crema (*Phaseolus vulgaris*) y alternativas de manejo de empaques.

Los empaques más adecuados para frijol son los sacos o costales, preferiblemente de fibras naturales como el fique, cuyas ventajas son su porosidad y la capacidad de absorber parte de la humedad que pueden liberar los granos si no han sido secados adecuadamente antes de empacarlos, hacerlo en bultos de 50 kg

Normas de calidad

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas —Icontec—, expidió la norma técnica NTC 871 de 1986, en la cual se definen los criterios para clasificar el frijol seco con destino al consumo humano (véase el anexo 2). Sin embargo, la aplicación de esta norma no se ha generalizado en el país porque las cadenas de mercado especializadas, las centrales mayoristas y la agroindustria han establecido sus propios criterios de calidad y empaque.

La norma considera cuatro grados que responden al contenido de granos dañados, partidos y abiertos permitidos, en porcentaje (tabla 12).

Tabla 12. Requisitos que debe cumplir el frijol para el consumo

Grado	Grano dañado (%)	Grano partido (%)	Grano abierto (%)
1	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.0	2.0
3	5.0	3.0	5.0
4	7.0	5.0	9.0

Fuente: CCI, 2000.

El frijol se designa de acuerdo con el grado y la variedad. En relación con el empaque y el rotulado, la norma establece que el frijol seco se debe comercializar en sacos que contengan una etiqueta en la que se especifique procedencia, nombre o marca del productor o vendedor, grado, volumen en kilogramos y fecha de cosecha.

Además de esta norma, se han utilizado de manera subjetiva otras condiciones como humedad del grano (un máximo del 15%) y mezclas de variedades diferentes al producto que se ofrece, en un máximo del 3%.

Para el caso del frijol verde no existen normas establecidas, pero se tienen algunas exigencias de las cadenas de supermercados: que las vainas deben contener un mínimo de cuatro semillas sin señales de deshidratación, sanas, coloreadas, enteras y cerradas, libres de daños mecánicos, físicos y químicos, y las semillas deben ser tiernas pero firmes al tacto, sin magulladuras (CCI, 2000).

Análisis de riesgos de higiene

Riesgos físicos

En el proceso de trillado del frijol, el producto queda mezclado con restos de vainas y otro tipo de impurezas que vienen del campo junto con las vainas. Como ya se mencionó, para separar las impurezas el grano es sometido a un proceso de limpieza mediante ventilación o zarandeo. Si este procedimiento no se hace en forma cuidadosa, el grano puede quedar con impurezas físicas. Para el

caso de frijol de las variedades arbustivas, las cuales se cosechan con todas sus partes, ramas, tallos, raíz y vainas, la trilla se realiza así mismo con todas estas partes y, por consiguiente, existen mayores riesgos de contaminación física con residuos de hojas, tallos, raíces, vainas y partículas de suelo. Los granos, en estos tipos de frijol, pueden llegar al mercado con partículas de suelo adheridas y restos de suelo y piedras mezclados con ellos, razón por la cual el proceso de limpieza debe ser más cuidadoso.

Por otra parte, es conocido que, en el proceso de producción en campo, el frijol está sometido al ataque de organismos patógenos e insectos plagas que causan daños físicos y pudriciones, y en el trillado se parten también algunos granos. Los granos podridos, manchados o partidos deben ser descartados durante la selección, pero si ese proceso no se realiza en forma cuidadosa, existe la posibilidad de que el producto llegue al mercado con impurezas. El frijol puede contaminarse también con otros productos como alimentos, fertilizantes y plaguicidas cuando se almacena junto con ellos.

Riesgos químicos

Es bien conocido que el cultivo de frijol en el campo es afectado por muchas enfermedades causadas por hongos y bacterias y por algunos insectos que requieren control químico. El manejo de estos problemas normalmente se hace con productos con base en carbamatos, organofosforados, piretroides y otros llamados plaguicidas de última generación. En general, estos grupos de plaguicidas son de degradación rápida y de baja residualidad. La mayor parte de ellos son de acción por contacto y algunos son de acción sistémica, con los cuales existe más alto riesgo de que el grano salga con residuos superiores a los límites permisibles.

Existen algunas ventajas en cuanto a los riesgos de contaminación química del frijol en relación con otros productos agrícolas. En este cultivo, por lo general las aplicaciones de plaguicidas se suspenden aproximadamente 30 días antes de la cosecha, cuando el frijol se cosecha para su uso como grano seco. Pero cuando se cosecha en vaina verde, el tiempo es mucho más corto, alrededor de 8 a 15 días, y, en este caso, los riesgos de portar residuos de plaguicidas son mayores.

Otra característica favorable del frijol es que el grano en el campo está protegido por la vaina, y los productos de acción por contacto, que se aplican al cultivo, generalmente no entran en contacto con el grano, lo que disminuye los riesgos de contaminación.

A pesar de lo anterior, dada la cantidad alta de plaguicidas que se aplican al frijol, es de pensar que éste contenga algún grado de contaminación por residuos de estos productos. Sin embargo, se requiere hacer estudios para determinar la magnitud del problema.

Riesgos biológicos

Los procesos de secado, trilla, limpieza y selección del frijol conllevan algún riesgo de contaminación biológica, si no se toman medidas adecuadas de prevención. Es necesario considerar la posibilidad de contaminación del producto a través de las personas que intervienen en estos procesos, si no se tienen los hábitos de higiene necesarios para la manipulación de alimentos.

Así mismo, existe el riesgo de contaminación biológica con heces y orina de animales domésticos como perros, gatos, aves, ganado, cerdos y otros que pueden encontrarse en los lugares donde se realiza el secado, el desgrane, la selección y el empaque del frijol. Igualmente por roedores, que son comunes en los sitios donde se almacenan los granos. Aunque los roedores no tienen preferencia por los granos de frijol para alimentarse de ellos, sí existe la probabilidad de que actúen como agentes contaminantes al entrar en contacto físico con los granos, así como al depositar las heces y orina sobre ellos.

Por otra parte, cuando el frijol es almacenado en la finca en condiciones inadecuadas de humedad del grano y del lugar de almacenamiento, existe el riesgo de que se contamine con microorganismos que normalmente se encuentran en estos ambientes, tales como *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp., entre otros. Afortunadamente la práctica de almacenamiento de frijol en las fincas no es muy común, lo cual disminuye los riesgos de este tipo de contaminación.

Salud, seguridad y bienestar laboral

Evaluación de riesgos

Debe existir una evaluación de riesgos documentada y actualizada basada en los convenios sectoriales y las legislaciones nacional, regional y local.

Con base en los resultados de la evaluación de riesgos se debe establecer un plan de acción documentado que haga referencia a los incumplimientos y a las acciones que se deban tomar de forma programada, indicando la persona responsable de llevarlas a cabo.

Capacitación

Hay que capacitar de forma permanente a los trabajadores en los siguientes temas: almacenamiento, manejo y aplicación de los productos e insumos agrícolas, manejo de sustancias químicas, manejo y calibración de equipos, higiene personal, manejo de equipos de protección personal y primeros auxilios. Se deben tener registros de cada trabajador que incluyan los programas de capacitación recibidos y una copia de los certificados de asistencia o la firma del trabajador en una lista de los participantes al curso.

Los trabajadores deben recibir capacitación básica sobre requisitos de higiene para el manejo de productos que cubra aspectos como la limpieza de manos y heridas, no consumir alimentos y cigarrillo en zonas de cultivo, como tampoco durante las actividades de cosecha y poscosecha o manipulación en general del producto. Es conveniente verificar que los procedimientos y exigencias de higiene personal sean comunicados a las visitas y al personal subcontratado (dichos requerimientos se deben señalar en un lugar visible, donde todas las visitas y el personal subcontratado los puedan leer). Así mismo, debe haber un aviso que comunique los requerimientos de seguridad para las visitas.

Instalaciones, equipamiento y procedimientos en caso de accidentes

Los botiquines de primeros auxilios hay que ubicarlos en lugares de fácil acceso y disponibles en las inmediaciones de la zona de trabajo. Se deben identificar y señalar los riesgos y peligros potenciales como pueden ser: fosos de desecho, cultivos tratados, etc.

Corresponde dar instrucciones sobre procedimientos claros, por escrito o verbales, a los trabajadores acerca de cómo actuar en situaciones específicas de accidente o emergencia

(por ejemplo derrames, incendios, intoxicaciones o cualquier riesgo potencial para ellos, sea físico, químico o biológico). Es necesario que dichos procedimientos estén disponibles en todo momento, y deben incluir: identificación clara de las personas o instituciones que haya que contactar, dónde se encuentra el medio de comunicación más cercano (teléfono, radio), y una lista actualizada de números telefónicos relevantes (policía, hospital, defensa civil).

En las inmediaciones a las instalaciones de almacenamiento de productos fitosanitarios debe haber señales de advertencia de peligro puestas en o al lado de las puertas de acceso y señalización de los procedimientos a seguir en caso de accidentes.

Manejo de productos fitosanitarios

Todo operario que manipule o aplique los productos fitosanitarios debe demostrar su competencia técnica con un certificado de asistencia a un curso específico sobre el tema.

A los trabajadores se les debe realizar, mínimo una vez al año, un chequeo de salud, en especial a quienes tengan contacto con productos fitosanitarios. En todos los casos se debe instruir al personal cuando se sienta enfermo, para que se reporte de inmediato con su superior.

Ropa y equipo de protección personal

Debe haber disponibilidad de juegos completos de equipo protector (botas de goma, ropa resistente al agua, delantales, guantes de goma, mascarillas, gafas de seguridad) y tenerlos en buen estado.

Debe haber procedimientos establecidos para la limpieza de la ropa y el equipo de protección después de su uso, éstos junto con los filtros de recambio, se deben guardar aparte y separados de los productos fitosanitarios, en un área bien ventilada.

Bienestar laboral

El personal debe pertenecer a un régimen de salud subsidiado y cumplir con las edades para contratación de personal. Debe haber evaluación y seguimiento del programa de riesgos profesionales y salud ocupacional.

Registros y trazabilidad

Historia y registros de manejo de la unidad productiva

En la etapa de planeación del cultivo, se debe analizar su viabilidad ambiental, técnica y económica. Es necesario consultar el Plan de Ordenamiento Territorial de la zona y verificar que el proyecto productivo no entra en conflictos con éste.

Conviene elaborar un mapa de cada una de las unidades productivas donde se incluya el uso actual de los diferentes lotes. Este instrumento se utilizará para la planificación y ejecución de los proyectos productivos que se realicen en la finca.

Se debe hacer un análisis de impacto ambiental, el cual consta de los siguientes componentes: historia de la zona (cultivos anteriores, incidencia de plagas, manejo de aguas, manejo de suelos, protección de fauna y flora, y disposición segura de residuos de cosecha, envases y empaques de agroquímicos); y un plan escrito de manejo ambiental, acorde con el tipo de cultivo y la zona escogida, que involucre todo el proceso y que esté soportado con registros y documentos (Icontec, 2005). Es necesario considerar los factores climáticos: altura sobre el nivel del mar, régimen de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, disponibilidad de fuentes de agua, luminosidad, vientos, calidad de los suelos y topografía.

Examinar también la disponibilidad en la zona de los recursos necesarios para desarrollar el proyecto, tales como mano de obra y presencia de centros de acopio. En relación con el predio, hay que revisar la información existente sobre cultivos anteriores, uso de insumos agrícolas, incidencia de plagas, manejo del suelo, fuentes de agua, residuos de cultivos anteriores y rotaciones de cultivos utilizados (Icontec, 2005).

Se debe considerar, además, la ocurrencia de fenómenos naturales que puedan afectar en forma negativa el proyecto productivo, tales como heladas, granizadas, vendavales, deslizamientos de tierra, avalanchas e inundaciones.

Registros de planificación de la producción

A continuación, se hace una descripción de los instrumentos que se utilizan para llevar los registros necesarios en la estrategia de producción con buenas prácticas agrícolas. Los registros incluyen la variedad que se va a sembrar, la categoría de semilla, la época de siembra y el tipo de labores por realizar, anotando el responsable de cada una de las labores del cultivo. En el anexo N.º 1 se incluyen los formatos para los registros.

Registros de actividades propias del cultivo

Para cada una de las labores, anotar la fecha, el nombre de la actividad, el tiempo invertido en horas o en días y el responsable de la actividad.

Registros de uso de fertilizantes

Anotar el nombre comercial del producto, la dosis (en kg/ha, gr/planta, o cc/l según el caso), el método de aplicación, el nombre del operario que realiza la aplicación y el número de la aspersora con la cual se hace la aplicación (en el caso de que se use en esta labor).

Registros de especificaciones de monitoreo y umbrales de acción para plagas y enfermedades

Anotar la fecha, plagas o enfermedades encontradas, métodos de monitoreo empleados, los criterios de control o umbral de acción determinados, las medidas de control recomendadas, el nombre de la persona responsable y las observaciones.

Las actividades de monitoreo estarán apoyadas en un instrumento de campo para la evaluación, que contiene la información relacionada con la finca, el cultivo, el lote, la etapa de desarrollo del cultivo, la fecha del monitoreo y el responsable. Para cada uno de los sitios de muestreo, se anotan las plagas o enfermedades encontradas, los organismos benéficos identificados y las observaciones.

Registros de entrega de elementos de protección personal

Se anota en los registros la fecha, el nombre de quien recibe, el tipo de elemento de protección entregado, la cantidad, la firma del trabajador y del coordinador, y las observaciones a que haya lugar.

Registros de uso de plaguicidas

Se anota el lote para tratar, el área, el número de la aspersora utilizada, el nombre comercial del producto, la dosis en kg o l por hectárea, g o cc por litro de agua, el método de aplicación, la plaga o enfermedad que se quiere controlar y las observaciones.

Registros del consumo de agua de riego en el cultivo

Se recomienda utilizar el agua en forma racional, de acuerdo con la demanda del cultivo en cada una de las etapas de desarrollo, y teniendo en cuenta el aporte del agua de las lluvias que, normalmente, son abundantes en las zonas productoras de frijol, en el clima frío moderado. Es necesario, entonces, instalar pluviómetros en sitios estratégicos en cada zona y emplear la información de las estaciones meteorológicas existentes.

Se registra la fecha del riego, el lote, el área, la duración del riego en horas y minutos; se mide la descarga promedio por aspersor, se cuenta el número de aspersores utilizados, se calcula y se anota el total de agua aplicada (número de aspersores utilizados por descarga promedio por aspersor x tiempo de riego).

Registros de mantenimiento de equipos

Anotar la fecha, la labor de mantenimiento realizada, el número de la aspersora, el nombre del operario y las observaciones. Es necesario que para cada labor se registre el visto bueno del administrador de la unidad productiva.

Registro de disposición de residuos biodegradables

Se registran la fecha, el material (bien sea vainas, tallos u otro tipo de material), la disposición final, la cantidad en kg y las observaciones.

Registros de disposición de residuos no biodegradables

Se anotan la fecha de recolección, el tipo de material, la cantidad recolectada, el destino y las observaciones.

Registro de compra de insumos

Se registran la fecha de compra, el nombre del insumo, la cantidad, el costo y el nombre del proveedor; se anotan, además, las especificaciones técnicas del producto (tipo de insumo, presentación, fecha de vencimiento), nombre de la persona que recibe los insumos en la finca y demás observaciones.

Registros de costos de producción

Para cada una de las actividades del cultivo: anotar la fecha, el nombre de la actividad o del insumo, el tiempo en horas para cada actividad, la cantidad del insumo, el costo por unidad, el costo total y las observaciones.

Registro de las visitas de asistencia técnica

Para cada una de las visitas de asistencia técnica, se lleva una hoja con los siguientes datos: nombre de la finca, nombre del asistente técnico, fecha de visita, cultivo, problemas encontrados, justificación para las aplicaciones recomendadas, especificaciones de las recomendaciones, nombre del producto o productos recomendados, dosis y métodos de aplicación.

El proceso de certificación BPA se hace necesario para la exportación de productos agrícolas frescos o procesados.

Registros de capacitaciones

Para cada una de las capacitaciones, se anota el tema, el nombre del capacitador, la fecha, duración y el contenido del evento. Así mismo, el nombre de los participantes, con su respectiva cédula de ciudadanía y firma.

Se recomienda llevar el registro de las capacitaciones que se realizan con el personal que labora en la unidad productiva en las diferentes áreas: salud, seguridad ocupacional, riesgos profesionales, administración y gestión empresarial, desarrollo personal y social, y capacitación técnica sobre el frijol.

Registros de comercialización del producto

Se anota en los registros la fecha de venta, el nombre del comprador, el punto de venta, la clase comercial del frijol, la cantidad entregada y las observaciones.

Certificación BPA

El proceso de certificación se hace necesario para la exportación de productos agrícolas frescos o procesados, ya que hay que demostrar, ante el comprador mayorista o minorista y el consumidor final, la calidad BPA de los productos agrícolas.

La calidad BPA está basada en normas o requerimientos técnicos que debe cumplir el productor o grupo de productores y, en esencia, estas normas BPA son la EUREPGAP Europea y la USAGAP de Norteamérica.

Cumplir estas normas sólo es de interés para el productor o grupo de productores que deseen exportar a países de la Comunidad Económica Europea o a EE. UU. y sólo si el importador se los exige específicamente.

La FAO ha impulsado la creación de sellos regionales que permiten diferenciar los productos BPA y BPM de pequeños productores agrícolas para mercados locales, y que no pueden acceder a los altos costos que supone asumir una certificación BPA plena.

En Colombia, existen entidades certificadoras independientes que avalan la calidad BPA del producto confrontada frente a los requerimientos de las normas ya mencionadas.

Plan de manejo ambiental

El Plan de manejo es una herramienta de planeación y seguimiento de los sistemas productivos que permite a una empresa, o sistema productivo, regular el uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables ubicados en un espacio determinado, con el fin de obtener el máximo beneficio de ellos, y asegurar, al mismo tiempo, la preservación, conservación y mejoramiento de los ecosistemas de los que hacen parte.

Utilidad del plan de manejo

- El plan de manejo es una herramienta útil para planear espacial y temporalmente el uso de los recursos naturales.
- Facilita la identificación de los impactos ambientales de la empresa y las medidas para su prevención, mitigación o potenciación.
- Se relaciona con las actividades de producción que determinan la rentabilidad de la empresa.
- Permite a personas ajenas al sistema productivo conocer las actividades de la empresa, incluidas aquellas de buen uso y conservación de los recursos naturales.
- Es una herramienta flexible y de fácil actualización.
- Permite la identificación de tecnologías y acciones apropiadas para favorecer la conservación de los recursos naturales dentro de la empresa.

Componentes

El plan de manejo debe involucrar los siguientes componentes:

- Inicialmente, se deben definir claramente los objetivos del manejo, los cuales deben estar relacionados con los objetivos ambientales de la unidad productiva.
- El plan de manejo debe incluir una descripción de aspectos físicos, biológicos y sociales del área de influencia del proyecto, y hacer énfasis en aquellos que puedan ser más influenciados por el proceso productivo en cuanto a generación de empleo, uso del suelo, actividades de aprovechamiento de recursos naturales, entre otras.
- Descripción de cada una de las actividades desarrolladas dentro del sistema productivo. En este aspecto, es importante hacer énfasis en aquellas actividades que afectan las características biológicas y ecológicas de las especies y los ecosistemas.
- Análisis de impacto ambiental, donde se identifiquen los componentes

ambientales y sociales más afectados y se definan las actividades y las acciones necesarias para prevenir los impactos negativos.

- Definición de buenas prácticas de producción, diseño de medidas de prevención, mitigación o potenciación de impactos ambientales a partir del análisis de impacto ambiental.
- Sistema de seguimiento de las actividades productivas que permita mejorar las condiciones de manejo en el tiempo (Instituto Humboldt, 2002).

La siguiente información es necesaria para la caracterización del área de influencia del proyecto:

- Ubicación geográfica
- Topografía
- Relieve
- Características de los suelos
- Clima
- Hidrología
- Vegetación
- Fauna

Descripción del sistema productivo

La descripción del sistema productivo permite al productor, los empleados y a otras personas ajenas a la unidad productiva conocer integralmente su funcionamiento. Por esta razón, es muy importante que las personas que estén involucradas de una u otra manera con el ciclo productivo lo conozcan, identifiquen su papel dentro del mismo y comprendan que su función hace parte de un trabajo integral de la unidad productiva, realizado con el fin de tener una producción sostenible que garantice el buen manejo de los recursos naturales.

La descripción debe incluir cada una de las actividades desarrolladas dentro del sistema productivo, desde la consecución de materia prima hasta el momento en que el producto sale al mercado, incluidos los insumos que se utilizan, la frecuencia de la actividad, las medidas de control, las medidas de seguridad para el uso de los insumos, etc. Si se utilizan insumos químicos, es recomendable anexar una lista de los utilizados y las medidas de manejo para evitar los impactos negativos que éstos puedan ocasionar.

Igualmente, es necesario incluir todas aquellas actividades que tienen impacto sobre las áreas naturales (bosques, lagos, ríos, quebradas) y especificar las prácticas que utiliza la empresa para disminuir los impactos.

En cuanto a las unidades productivas agropecuarias, se describen: Especies cultivadas, variedades, condiciones agroecológicas, resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento por hectárea, productividad, ciclos de cosecha, manejo de cosecha y poscosecha y prácticas agronómicas necesarias.

Dentro de la descripción del sistema productivo se debe incluir la información de las especies y ecosistemas aprovechados. Identificar además, las actividades causantes de los impactos negativos y positivos del sistema productivo sobre los ecosistemas naturales, agua, suelo, aire, especies y comunidades. Por ejemplo, vertimiento de desechos, emisión de gases, corte de árboles, uso de productos químicos, colección de material vegetal, etc.

Definición de buenas prácticas de producción

Con base en los resultados de la matriz, el productor debe delimitar cada una de las actividades necesarias para prevenir los impactos negativos sobre agua, suelo, aire, ecosistemas naturales, especies amenazadas, funciones ecológicas, entre otros. De este análisis de impactos depende la definición de aquellos aspectos de los cuales debe hacerse responsable el proyecto dentro de su área de influencia, y otros que no pueden ser controlados por el mismo.

A la hora de incluir prácticas específicas del sistema productivo para evitar impactos negativos sobre el medio ambiente, se debe tener en cuenta que existen prácticas que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, al uso adecuado de los recursos naturales y a la reducción de impactos sobre agua, suelo, aire y ecosistemas.

Las buenas prácticas pueden dividirse en tres aspectos:

- De conservación de la biodiversidad: aquellas específicas que favorecen la protección o conservación de los ecosistemas naturales.
- De buen uso de los recursos: medidas para el buen uso de los productos de la biodiversidad que son aprovechados directamente por la unidad productiva.
- De reducción de impactos negativos sobre agua, suelo, aire y ecosistemas naturales: prácticas específicas de la unidad productiva para evitar el efecto negativo de sus actividades.

Algunas de las prácticas para reducir impactos ambientales negativos sobre agua y suelo son:

- Establecer y mantener zonas de amortiguamiento circundantes a lagos, quebradas, ríos, pozos y nacedores.
- Promover la racionalización y recirculación del agua, incluyendo el manejo y aprovechamiento de aguas lluvias.
- Evitar el vertimiento de sustancias contaminantes en los cuerpos de agua y al suelo.
- Priorizar la reutilización de desechos y aportes al ciclaje de nutrientes.
- Reciclar desechos no biodegradables, principalmente plásticos.
- Evitar la quema y depósito de desechos a cielo abierto. En el caso de los rellenos sanitarios, debe aplicarse el diseño más apropiado para evitar los impactos sobre el suelo.
- Implementar pozos sépticos y letrinas apropiadas.
- Los insumos propuestos en cada una de las actividades del proceso productivo no deberán generar sustancias contaminantes nocivas para las poblaciones humanas y el ambiente.
- En caso de que la utilización de insumos tóxicos sea necesaria, ésta debe hacerse en forma localizada y en áreas debidamente señaladas.

Existen prácticas que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, al uso adecuado de los recursos naturales y a la reducción de impactos sobre agua, suelo, aire y los ecosistemas.

- Las actividades realizadas y las herramientas utilizadas deben procurar el mínimo impacto sobre los productos naturales asociados.
- Manejo de coberturas vegetales (vivas y muertas) y uso de abono orgánico.
- Labranza mínima o reducida especialmente en sitios con grados altos de pendientes.
- Ordenación de cultivos (cultivos en franjas, rotación de cultivos, cultivos mixtos, etc.).

Monitoreo de la calidad del suelo

A continuación se sugieren algunas medidas útiles para monitorear el efecto de algunas prácticas de manejo sobre el componente suelo.

Tabla 13. Monitoreo de prácticas de manejo del suelo

Práctica de manejo	Objetivo	Indicador
Preparación del suelo con labranza mínima	Analizar el efecto de la preparación del suelo sobre algunas características físicas	Medición de compactación y porosidad.
Incorporación de residuos de cosecha transformados en abono orgánico.	Identificar el aporte de materia orgánica al suelo a partir de los residuos de cosecha	Medición de % de materia orgánica
Rotación de cultivos.	Analizar el incremento de la actividad de macroorganismos en el suelo	Número de lombrices y medición de su biomasa
Manejo de leguminosas como cobertura.	Identificar el aporte de nitrógeno al suelo	Medir fijación de nitrógeno

Calidad del agua

Control de la calidad del agua: Para analizar la calidad del agua de una zona, se deben realizar observaciones y visitas a fin de determinar olores, colores, presencia de desechos u otros elementos que denoten algún tipo de deterioro. Se deben realizar análisis físico-químicos, que contemplan color, turbiedad, sólidos disueltos y contenidos de algunos elementos químicos como hierro, cloruros y niveles de nitratos (NO_3), los cuales, generalmente, provienen del manejo de fertilizantes nitrogenados y presentan un amplio riesgo de contaminación.

Información que se recomienda tomar para la realización de un plan de manejo en un proyecto productivo de frijol

- Extensión del cultivo y tecnología a utilizar.
- Variedades a sembrar.
- Descripción geomorfológica del terreno (pendiente, topografía).
- Tipo de suelo (características físicas y químicas).

- Presencia de fuentes de agua, humedales, nacimientos, zanjas de drenaje en el área de cultivo o en cercanías a ésta (anotar las distancias).
- Describir la presencia o cercanía de bosques primarios, secundarios, bosques plantados y rastrojos.

Manejo del cultivo

- Realizar análisis físico y químico del suelo, en características como estructura, textura, contenido y concentración de elementos químicos.
- Fertilización. Anotar la programación de abonamientos con fertilizantes químicos y orgánicos, cantidades, dosis y periodicidad.
- Manejo de plagas y enfermedades. Describir los planes de manejo integral concertados para el mantenimiento del cultivo, señalando los productos que se vayan a aplicar, dosis, periodicidad, horarios de las aplicaciones y cómo hacerlas de acuerdo con la dirección de los vientos. Justificar debidamente la realización de las aplicaciones.
- Manejo de desechos de empaque de productos. Describir el sistema de disposición o reciclaje de los desechos resultantes de los productos agroquímicos.
- Agua de riego. Definir las necesidades de riego y el sistema de irrigación empleado, indicando la fuente que se va a utilizar y el sitio de donde se tomará el agua.

Manejo y disposición final de los desechos provenientes del cultivo

- Señalar los volúmenes de desechos sólidos provenientes del frijol (vainas y tallos) y procesos de transformación a que serán sometidos.
- Identificar el manejo y tratamiento que se dará a los lixiviados provenientes del proceso de compostaje.

Fuente para abastecimiento de agua

- Deberá precisarse la fuente de agua a utilizar en todo el proyecto.
- Describir la fuente, su estado actual, vegetación aledaña, y distancia al sitio o sitios de consumo.
- Anotar el programa de reforestación que se llevará a cabo en las franjas reglamentarias de retiro, con identificación de especies.

Se debe acompañar el proyecto productivo con el plan de manejo ambiental, que tendrá un énfasis en las medidas preventivas para mitigar los efectos negativos del proyecto sobre el medio ambiente.

Glosario

Acaricidas: Sustancias usadas para controlar ácaros.

Andosoles: Suelos negros, derivados de cenizas volcánicas; su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos.

Antesis: Apertura de las flores.

Arvenses: Son especies vegetales que conviven con los cultivos.

Atrayentes: Sustancias que tienen la propiedad de atraer insectos con fines de control.

Bráctea: Apéndice foliáceo que se presenta en las inflorescencias.

Bracteola: Órgano foliáceo insertado sobre el disco basal de la flor al exterior del cáliz.

Cáliz: Parte de la flor en forma de copa, compuesta por los sépalos, generalmente de color verde, el cual forma la corona inferior de la flor, insertada directamente sobre el disco basal en contacto con el pedicelo.

Clorosis: Amarillamiento de las hojas.

Coadyuvante: Producto que contribuye a la efectividad de los plaguicidas aplicados en los cultivos.

Coberturas muertas: Coberturas vegetales con materiales vegetales muertos.

Colinesterasa: Enzima que regula la transmisión nerviosa en las neuronas.

Corola: Parte de la flor compuesta por los pétalos libres o soldados; generalmente matizada de diversos colores vivos diferentes al verde. Forma la segunda corona insertada sobre el disco basal en contacto con el cáliz y el androceo.

Cotiledón: Se define como un órgano de reserva de la semilla formado durante la embriogénesis. Tiene forma de lóbulo semiesférico o semielíptico. Puede ser prominente o reducido. Su número puede ser par o impar; de aquí la distinción entre mono y dicotiledóneas.

Cruzamientos interespecíficos: cruces entre dos especies diferentes.

Cultivos permanentes: Cultivos de larga duración.

Cultivos semipermanentes: Cultivos de mediana duración.

Cultivos transitorios: Cultivos de corta duración, generalmente menor de un año.

Defoliantes: Agentes que causan caída de hojas en las plantas.

Desecantes: Agentes que causan muerte y secamiento de tejidos.

Epicotilo: Parte del tallo comprendida entre la inserción de los cotiledones (primer nudo) y la de las hojas primarias (segundo nudo).

Estípulas: Apéndice foliáceo que se coloca en la inserción del pecíolo de la hoja, sobre el tallo o la rama; generalmente hay dos.

Fenología: Estudio de los fenómenos biológicos acomodados a un ritmo periódico.

Fríjol voluble: Que tiene aptitud para trepar.

Fungicidas protectantes: fungicidas que previenen y controlan las enfermedades fungosas.

Fungicidas sistémicos: Fungicidas que entran en el sistema circulatorio de la planta y controlan las enfermedades fungosas.

Herbicidas preemergentes: Herbicidas que se aplican antes de que aparezcan las plantas arvenses.

Herbicidas posemrgentes: Herbicidas que se aplican después de que aparecen las plantas arvenses.

Hipocótilo: Parte del tallo principal comprendido entre la inserción de los cotiledones (primer nudo) o nudo cotiledonar y el punto de iniciación de la raíz principal e inserción de las raíces secundarias.

Inflorescencia: Sistema de ramas o ramillas que emiten flores (y no hojas) en sus extremos. La flor que nace solitaria en el extremo (ápice) del tallo o en la axila de una hoja, no es una inflorescencia.

Labranza reducida: Método de labranza con mínima remoción del suelo.

Meristemo: Grupo de células jóvenes no diferenciadas, que tiene siempre la posibilidad de dividirse e iniciar un crecimiento para formar nuevos órganos.

Mesófilo: Es la parte superior de la hoja (bajo la cutícula) de naturaleza parenquimática que posee células con gran cantidad de cloroplastos, fundamentales en el proceso de fotosíntesis.

Molusquicidas: Sustancias usadas para controlar moluscos.

Necrosis: Muerte de un tejido.

Nematicidas: Sustancias usadas para controlar nemátodos.

Oxisoles: Suelos residuales producto de la intensa meteorización. Son suelos muy lixiviados con alto contenido de hierro y aluminio.

Patogenicidad: Capacidad para producir enfermedades.

Pecíolo: parte cilíndrica que une el tallo (o la rama) con la lámina en una hoja simple o con los folíolos en una hoja compuesta.

Pedúnculo: Parte cilíndrica constituida como el eje de la inflorescencia.

Plaguicida de contacto: que debe entrar en contacto con el objetivo (la plaga) para lograr el efecto esperado. Que actúa por contacto.

Pulvínulo: Parte engrosada de la base del pecíolo.

Punto de equilibrio: en los granos almacenados, es el contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente (el grano no absorbe ni libera agua).

Racimos: Tipo de inflorescencia en la cual se encuentra una sucesión alterna simple de los botones florales.

Radícula: Raicilla rudimentaria del embrión de la semilla; en su base, empalma con el hipocótilo.

Raíz adventicia: Raíces que nacen por encima de la raíz principal.

Raquis floral: Eje de la inflorescencia, luego de la primera inserción floral, directamente a continuación del pedúnculo.

Raquis foliar: Parte cilíndrica que se encuentra directamente a continuación del pecíolo, luego de la inserción de los folíolos laterales.

Régimen bimodal: Para lluvias, se refiere a un régimen con dos períodos definidos de lluvias en el año.

Repelentes: Sustancias que tienen la propiedad de repeler insectos con fines de control.

Rodenticidas: Sustancias usadas para controlar roedores.

Saprofítico: Organismo que vive en materia en descomposición.

Siembras escalonadas: Siembras de un cultivo en diferentes etapas en una unidad de producción.

Triada: Grupo de tres órganos con propiedades distintas.

Ultisoles: Son suelos con buen desarrollo del perfil, ácidos, poco salinos, pobres en nutrientes y con eluviación de arcillas.

Unicultivo: Cultivo de una sola especie, sin asociación con otras especies.

Valvas: Cada una de las dos partes que forman la vaina que cubre la semilla en las leguminosas.

Glosario BPA

Análisis de riesgo: Una estimación de la probabilidad de que se vuelva real un peligro o que ocurra un incumplimiento con respecto a la calidad y seguridad de los alimentos.

Análisis de riesgo del producto fitosanitario: Dicho análisis cubre los siguientes riesgos: exceder el Límite Máximo de Residuos —LMR—, asuntos legales de registro, toma de decisiones acerca del análisis de residuos, las razones detrás de la toma de decisión acerca del análisis de residuos.

Auditoría: Ver ISO 9000:2000 Un examen sistemático y funcionalmente independiente para determinar si las actividades de calidad y de seguridad de los alimentos, y los resultados que surgen de ellas, cumplen con los procedimientos planificados, si dichos procedimientos son aplicados de forma efectiva y si son los adecuados para lograr los objetivos.

Biodiversidad: Un encuentro de organismos vivos provenientes de todo tipo de fuentes, incluyendo terrestres, marinas y otros ecosistemas acuáticos y la complejidad ecológica dentro de la cual viven.

Calibración: Una serie de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las cantidades indicadas por el instrumento de medida y los valores correspondientes exigidos por la normativa.

Capa superficial del suelo: La parte superior del perfil del suelo que es relativamente rica en humus (mantillo), y que se conoce técnicamente como el horizonte A del perfil del suelo.

Certificación: Todas las acciones que conducen a la emisión de un certificado de acuerdo al EN45011 /Guía ISO 65 para Certificación de Productos.

Control integrado de plagas: La aplicación racionalizada de una combinación de medidas biológicas, biotécnicas, químicas, culturales o formas de producción donde el uso de productos fitosanitarios se limita a mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral de daño o pérdida económica inaceptable.

Cuerpo de agua superficial: Una cantidad significativa de agua superficial como un lago, embalse, una corriente, río o canal, una parte de una corriente, agua transicional o una extensión de agua costera.

Cultivo anual: Cuando el período de tiempo desde el final de la etapa de propagación hasta la primera fecha de recolección es menor a 12 meses.

Cultivo de cobertura: Cultivo que se planta para proteger y mejorar el suelo entre períodos de cultivo regular o que se planta entre los árboles.

Fuentes sostenibles de agua: Aquellas fuentes de agua que se encuentran bajo un método de gestión sostenible. Por lo tanto, "que asegura la salud de los ecosistemas acuáticos y el balance entre las necesidades de agua del medio ambiente y las necesidades de agua con fines económicos y agrícolas".

Herbicida: Una sustancia química que controla o destruye plantas no deseadas.

Inspección: Examen que se lleva a cabo de los alimentos o sistemas de control de alimentos, materias primas, procesado y distribución, e incluye pruebas realizadas durante el proceso y también al producto final, para verificar el cumplimiento de los requisitos. Ver también ISO 9000: 2000.

Límite crítico: Valor máximo o mínimo a ser cumplido para controlar peligros físicos, biológicos o químicos en un PCC para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable un peligro en la seguridad de los alimentos.

Manejo Integrado de Cultivos —MIC—: MIC es un sistema de explotación agrícola que cumple con los requisitos de sostenibilidad a largo plazo. Es una estrategia que abarca toda la actividad de la finca y promueve una producción agrícola lucrativa pero, a la vez, respetando el medio ambiente. Dicha estrategia se adapta a las condiciones del suelo local, climáticas y económicas. Salvaguarda a largo plazo las ventajas naturales de la finca. El MIC no es una forma de producción agrícola rígidamente definida, sino un sistema dinámico que se adapta a las circunstancias y utiliza de forma sensata las últimas investigaciones, tecnologías, recomendaciones y experiencia.

Manejo Integrado de Plagas —MIP—: Un análisis de todas las técnicas disponibles para el control de plagas,

que resultan en la integración de las medidas adecuadas para impedir el crecimiento de las plagas y mantener los pesticidas y otras intervenciones a niveles que son justificables económicamente y que reducen o minimizan los riesgos a la salud humana y al medio ambiente. El MIP promueve la producción de cultivos saludables perturbando lo mínimo posible el ecosistema agrícola y estimula el uso de mecanismos naturales de control de plagas o no químicos.

Medida preventiva: Factores físicos, químicos u otros, que pueden ser usados para controlar un riesgo de salud identificado.

Producto primario: Producto no procesado.

Producto procesado: Cuando la estructura del producto es alterada en apariencia.

Punto Crítico de Control —PCC—: Un punto, paso o procedimiento en el que se puede realizar un control, y puede ser prevenido, eliminado o reducido a niveles aceptables un riesgo a la seguridad.

Rastrear el producto: es la capacidad de seguirle el paso a una unidad específica del producto mientras se mueve a través de la cadena de suministros, de organización a organización. Los productos son rastreados de forma rutinaria por razones de obsolescencia, gestión de inventarios y también razones logísticas. Dentro del contexto de frutas y hortalizas frescas, BPA, esto significa rastrear el género desde el productor hasta el cliente inmediato.

Registro: Un registro es un documento que contiene evidencia objetiva y demuestra cómo se realizan las actividades y qué tipos de resultados se obtienen.

Riesgo: La probabilidad de que se vuelva real un peligro. Cualquier elemento biológico, químico, físico, etc., que hace que un producto no sea seguro para el consumo.

Rotación de cultivos: La práctica de plantar diferentes cultivos sucesivamente en la misma tierra. Los planes de rotación de cultivos generalmente se emplean para aumentar la fertilidad de la tierra y lograr buenos resultados.

Seguridad de los alimentos: El aseguramiento de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando son preparados o consumidos, de acuerdo al uso esperado del mismo.

Sobreexplotación: Uso excesivo de materias primas sin considerar el impacto a largo plazo que pueda causar dicho uso.

Trazabilidad: Poder trazar la historia, el uso o la ubicación de un producto por medio del mantenimiento de registros (el origen de los materiales y las partes, la historia de los procesos aplicados al producto, o la distribución y colocación del producto luego de su entrega).

Verificación: La confirmación a través de un examen y de la presentación de evidencia de que se han cumplido los requisitos específicos, aportando el medio por el cual se puede chequear que los valores en el instrumento de medida y los valores correspondientes conocidos de una cantidad medible, son consistentemente menores que el error máximo permitido definido en una normativa o en las especificaciones del equipo de medición.

Bibliografía

- ALEXANDER, M. 1971. Biochemical ecology of microorganisms. Ann. Rev. Microbiol 25:361-392
- ALEXANDER, M. 1977. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Ed. pp. 463-481.
- ARIAS R., J. H. y colaboradores. 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, Antioquia, Colombia. 32 pp.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES, ANDI, Comité de la Industria Agroquímica, Grupo Internacional de Asociaciones de Fabricantes de Agroquímicos, GIFAP. 1991. Curso sobre el uso seguro y eficaz de los plaguicidas. Documento sin publicar. 254 pp.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES, ANDI. Comité de la Industria de Agroquímicos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura Alimenticia, FAO. Código Internacional de Conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. 27 pp.
- BALLESTEROS, M. I. y A. LOZANO. 1994. Evaluación de la fijación de nitrógeno por cepas de *Rhizobium* que nodulan frijol *Phaseolus vulgaris* L. Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Bucaramanga. Colombia.
- BUENO, J. M. y CARDONA, C. 2004. Control de insectos y otros invertebrados dañinos en habichuela y frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Documento sin publicar. 14 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1980. Descripción y daños de las plagas que atacan al frijol. Guía de estudio. CIAT. Cali, Colombia. 41 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1980. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. CIAT, Cali, Colombia. 220 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT, 1982. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. CIAT, Cali, Colombia. Guía de estudio. 26 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía de estudio. CIAT, Cali (Colombia), 49 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1997. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. CIAT, Cali (Colombia), 220 pp.
- CISNEROS, N. FAUSTO. 1992. El manejo integrado de plagas. Guía de estudio CIP N.º 7. Centro Internacional de la Papa, CIP. 38 pp.
- COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS, COOPERATIVA DE CAFICULTORES DE ANTIOQUIA. 1986. Apuntes sobre aspersion. Medellín. 143 pp.
- CÓRDOBA, O. y CASAS, H. 2003. Principales arvenses asociadas al cultivo de frijol en la Región Andina. Boletín Técnico N.º 20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Estación Experimental El Nus, San Roque, Antioquia, Colombia. 40 pp.
- CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL, CCI. 2000. Inteligencia de Mercados. Perfil del producto frijol. Disponible en: www.cci.org.co [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2007].
- EUREPGAP. 2004. Puntos de control y criterios de cumplimiento. Frutas y hortalizas versión 2. Disponible en: www.eurepgap.org 1.º de octubre. 27 pp.

FAO y NIFTAL. 1985. Inoculantes para leguminosas y su uso. 5 pp.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS, FENALCE, Fondo de importaciones de leguminosas. 2003. Informe final del proyecto capacitación en producción de fríjol con tecnologías más limpias. Urao, Antioquia. 73 pp.

FLOR M, C. 1985 Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en fríjol. En: Fríjol: Investigación y producción CIAT 1985. pp. 287-312

GRAHAM, P.H. y J. HALLIDAY. 1977. Inoculation and nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. pp. 313-314. En: J. M. Vincent, A. S. Whitney y J. Bose (eds.). Tropical Agriculture.

GRAHAM, P. H. y J. C. ROSAS. 1977. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. J. Agric.Sci. Camb.88: 503-508.

GUERRERO, R. 1993 El Diagnostico químico de la fertilidad del suelo. En: SIADA- Curso fertilización eficiente de cultivos. Medellín octubre 7 y 8. 53 pp.

GUARÍN M., J. H. 2003. *Trips palmi Karny* en el Oriente antioqueño. Biología, efecto de hongos entomopatógenos y extractos vegetales en laboratorio y campo, comportamiento de sus enemigos naturales e impacto ambiental para su manejo sostenible. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia (Colombia). 64 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Calibración de aspersoras terrestres. Boletín Técnico s. f. 14 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1980. Cómo tomar una buena muestra de suelo. Cartilla Divulgativa. Bogotá. 12 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1980. Suelos y fertilización de cultivos. Compendio N.º 38. Medellín. 510 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA, 1990. Curso Nacional de Fríjol, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín Técnico N.º 3. 28 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA, 1990. Producción de semilla de fríjol de buena calidad con énfasis en el pequeño productor. Manual Técnico. Manizales, Colombia, 37 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Proyecto de fríjol para la Zona Andina. PROFRIZA 1992. Curso Internacional sobre el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de ladera de la Región Andina. Compendio. Rionegro, Antioquia, Colombia. 94 pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2002. Cómo hacer un Plan de Manejo para Empresas de Biocomercio. Biocomercio sostenible. Documento en revisión. 38 pp.

INSTITUTO DE SEGURO SOCIAL, ANDI, ICA, 1994. Manejo seguro de plaguicidas. Cartilla divulgativa. 43 pp.

INSTITUTO DE SEGURO SOCIAL, ANDI, ICA. 1994. Almacenamiento seguro de plaguicidas. Cartilla divulgativa, 26 pp.

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 N.º 5. 174 pp.

- LONDOÑO, M. E. y colaboradores. 2001. Conozca las chizas del Oriente antioqueño y su distribución. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín Técnico N.º 3. 28 pp.
- LUNA, G. L. A. 2001. Producción, uso y manejo de bioestimulantes, abonos orgánicos, acondicionadores y biofertilizantes a partir de fuentes no convencionales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Málaga, Santander (Colombia). 60 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 1984. Decreto 1594 del 26 de junio. Usos del agua y residuos líquidos
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario estadístico del sector agropecuario. Año 2005.
- MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Icontec, 2005. NTC 5400 BPA. Buenas prácticas agrícolas. 27 pp.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, 1991. Se reglamenta uso y manejo de plaguicidas. Decreto 1843. Documento sin publicar. 19 pp.
- MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS. 1988. Fertilización de cultivos en clima frío. Compendio. Bogotá, Colombia. 194 pp.
- MUÑOZ A. RODRIGO. 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. pp. 293-304.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FAO. 1986. Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Roma. Italia.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 2004. Las buenas prácticas agrícolas. Disponible en: www.rlc.fao.org
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. FAO. Roma. pp. 10-35.
- RÍOS, M., J. y QUIRÓS D., J. 2002. El Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. 193 pp.
- SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M. 1997. Producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Proyecto 2.7. Reporte técnico.
- TAMAYO, M., P. J. 1995. Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Regional 4, Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Boletín Técnico. 50 pp.
- TAMAYO, M., P. J. y M. E. LONDOÑO. 2001. Manejo integrado de las enfermedades y plagas del frijol. Manual de campo para su reconocimiento y control. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia (Colombia). Boletín Técnico N.º 10. 80 pp.
- TAMAYO V. A. 2006. Respuesta del cultivo del frijol a la inoculación con Micorrizas y *Rhizobium*. En: Taller internacional sobre metodologías para determinación de requerimientos hídricos, nutricionales y micorrizas. Tibaitatá, Mosquera (Colombia). Bogotá, 22 al 24 de marzo. 8 pp. Disponible en CD.
- TAMEZ, G., P. y PEÑA-CABRIALES J. J. 1989. Estudio sobre la simbiosis *Rhizobium-jicama* (*Pachyrhizus erosus*, Urbam) Memorias de la II Reunión Nacional de la Fijación Biológica de N₂. Guadalajara, México.
- TOBÓN, C. J. 1980. Fertilización química y orgánica de monocultivos y cultivos asociados en el clima frío de Antioquia En: Suelos y fertilización de cultivos. ICA. Compendio N.º. 38. Regional 4. pp. 387-417.
- VOISEST V. Oswaldo. 2000. Mejoramiento Genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT. Cali (Colombia). 195 pp.

Crédito de figuras

CIAT, 1984: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
CIAT, 1982: 14
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia: 76
INAT-Corpoica, 1997: 45, 46
Muñoz A., Rodrigo. 1994: 40

Crédito de fotografías

Arias Jesús H.: 29, 36
Arias R., J. H. y colaboradores. 2001. 73, 75, 77, 78, 79
CIAT, 1980: 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 52, 53, 58, 66, 69, 70
CIAT, 1997: 54, 59, 60
Guarín M., J. H. 2003: 55, 56
INAT-Corpoica, 1997: 45, 46
Jaramillo Maribel: 38, 39, 47, 61, 64, 65, 67, 68, 71, 80, 81
Ríos Manuel J.: 57
Sánchez Nilsen: 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 37
Santana Gloria: 25, 62, 63, 72, 74
Tamayo, M., P. J. y M. E. Londoño. 2001: 51
Voisest V. Oswaldo, 2000: 27, 30

ANEXOS

ESPECIFICACIONES DE MONITOREO Y UMBRALES DE ACCIÓN

Municipio:

Vereda:

Finca:

Área:

Cultivo:

Variedad:

Fecha de siembra:

Etapa de desarrollo

Fecha	Plaga o Enfermedad (1)	Especificaciones de monitoreo	Criterio de control o umbral de acción	Medida de control	Operario	Observaciones

1. Ingrese el nombre común de la plaga o enfermedad

INSTRUMENTO DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE PLAGAS, ENFERMEDADES Y ORGANISMOS BENÉFICOS

Finca

Cultivo

Lote

Etapa de desarrollo

Fecha del monitoreo

Responsable

Sitios de Muestreo	Plaga (1) o Enfermedad			Observación (2)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

(1) Para las plagas, indique los estados observados (Ej: huevo, pupa, ninfa, adulto)

(2) Indique algún organismo benéfico u otra observación importante

REGISTRO DE VISITAS DE ASISTENCIA TÉCNICA

Municipio:

Vereda:

Finca:

Área:

Cultivo:

Variedad:

Fecha de siembra

Etapas de desarrollo

Fecha de visita:

Nombre del asistente técnico:

Situación encontrada:

Recomendación:

Justificación de la aplicación:

Nombre del producto	Dosis	Método de aplicación

Observaciones:

Anexo 2. Nivel de desarrollo del esquema BPA en Colombia

- A. *Escenario jurídico*: La única norma disponible en el país desarrollada para la implementación de BPA, es la norma Icontec 5400 que incluye las BPA para hierbas aromáticas, hortalizas y frutas. Empresas exportadoras de frutas han desarrollado sus propias normas internas acogiéndose a la normatividad EUREPGAP en los siguientes rubros: banano, mango, uchuva, plátano, piña, hierbas aromáticas, pitahaya, café, mora. En cuanto a alimentos procesados, desde el año de 1997 existe el Decreto 3075 del Ministerio de Protección Social que determina las exigencias técnicas, de personal y legales que deben cumplir las industrias de alimentos. La resolución 779/06 determina las condiciones higiénico-sanitarias que deben cumplir los trapiches para producir panela, y el Decreto 616/06 expide el reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice y expendan en el país. El ingreso gradual de Colombia al mercado internacional ha estimulado algunos gremios como Augura, Asohofrucol y Fedegán, los cuales han propiciado la legislación para normalizar la exportación y el comercio de sus productos.

El Decreto 60/02 dispone el manejo del sistema HACCP en la industria de alimentos garantizando la vida útil de los productos alimenticios. El Decreto 2269 de 1993 confiere el carácter de obligatoriedad a las normas en Colombia, las cuales son concordantes con las establecidas por la Organización Mundial del Comercio. En Colombia, la producción de alimentos bajo un concepto holístico ha sentado sus bases en la Ley 101 de 1993 o Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, cuando señala que uno de los propósitos es promover el desarrollo del Sistema Agroalimentario Nacional. Una década después, en el año 2003, se publicó la Ley 811 por la cual se regula la creación de las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, entre otras disposiciones.

Por medio de la Ley 811 se incorporó un nuevo capítulo a la Ley 101 de 1993 correspondiente, que trata sobre las organizaciones de cadena en el sector agropecuario, forestal, acuícola y pesquero.

En Colombia, la norma que establece la protección de los animales es la Ley 84 de 1989 o Estatuto Nacional de Protección de los Animales. Esta ley está dirigida a establecer los procedimientos legales necesarios para proteger los animales contra el sufrimiento y el dolor, causados directa o indirectamente por el hombre, y se aplica para animales silvestres, bravíos o salvajes, así como los domésticos o domesticados, cualquiera que sea el medio físico en que se encuentren o vivan, en libertad o en cautividad.

La Resolución 00074 de 2002 (Producción Ecológica) establece una serie de normas tendientes a garantizar el bienestar de los animales, e incluye normas sobre densidad poblacional, condiciones de crianza, métodos de transporte, encierro y sacrificio, y también las normas para la producción ecológica de cultivos.

El Decreto 2269 de 1993 establece las normas mediante las cuales se organiza el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, cuyos objetivos fundamentales son

promover en los mercados la seguridad, la calidad y la competitividad del sector productivo o importador de bienes y servicios y proteger los intereses de los consumidores. Según este decreto, el Organismo Nacional de Normalización por excelencia es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas —Icontec. La Corporación Colombia Internacional está acreditada para certificar conformidad sobre BPA en frutas, hortalizas y productos agroalimentarios ecológicos, mientras que SGS Colombia S. A. está acreditada para certificar BPM y normas APPCC. El Icontec, SGS Colombia S. A., y la Bureau Veritas Quality International —BVQI— certifican para el Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2000 en tanto que el Icontec, Bureau Veritas Quality Internacional —BVQI— y el Consejo Colombiano de Seguridad certifican para el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001. Este último organismo, además, certifica para el Sistema de Gestión en Salud Ocupacional BS 8800.

Para insumos agrícolas y semillas, se tienen las siguientes disposiciones: Resolución 148 de 2005 del ICA, por la cual se expiden normas para la producción, importación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y se dictan otras disposiciones. Resolución 3759 de 2003 del ICA, por la cual se dictan disposiciones sobre registro y control de los plaguicidas químicos de uso agrícola. Resolución 375 de 2004 del ICA, por la cual se dictan disposiciones sobre registro y control de bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia.

En relación con las normas de calidad para comercialización de fríjol seco, el Icontec expidió la norma 871 de 1986 en la cual se definen los criterios para clasificar el fríjol seco con destino al consumo humano.

- B. *Escenario institucional:* Existe un comité interinstitucional BPA que integran el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Industria y Comercio, Planeación Nacional, el ICA, el Sena, CORPOICA, CCI, Proexport, Analdex, SAC, Cenicafé, Icontec, IICA y ACTA. En Antioquia existe un comité de plaguicidas liderado por la Secretaría de Agricultura. La ANDI maneja un programa de recolección de residuos de envases de plaguicidas (FOGA) que recoge y dispone todos los envases vacíos de agroquímicos.
- C. *Aproximación a actividades BPA:* En el país diversas entidades públicas y privadas han realizado capacitaciones en el uso racional de agroquímicos como parte de la promoción de la producción limpia, la cual ha surgido como efecto del uso indiscriminado de agroquímicos. Las Corporaciones de Desarrollo Regional, dado su carácter ambiental, han mantenido proyectos de producción más limpia, al igual que las asociaciones de Industriales como la ANDI y ACOPI. El Sena ha desarrollado capacitación en BPA a través de su centro de Poscosecha de Frutas y Hortalizas, de Armenia (Quindío). Las Umata también han realizado capacitación para reducir el uso de agroquímicos y de manejo de envases de agroquímicos y de desechos orgánicos de cosecha.

