



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS
“El Vallecito”

El Cultivo del Frejol en Bolivia



Víctor Choque C.





Biografía del autor

Víctor Choque Colque, nació en Corque, Provincia Carangas del departamento de Oruro, el 12 de enero de 1966, sus estudios primarios los realizó en el colegio “Aniceto Arce” de Corque y los estudios secundarios en el colegio “José Trifiro” de Corque.

La licenciatura de ingeniero agrónomo la obtuvo el año 1992 de la UAGRM, posteriormente realizó especialidades en: Educación Superior, Protección Vegetal y Producción de Soya (2000 a 2004), obteniendo el grado de Magister en Ciencias en Producción Agrícola, en el año 2005 UAGRM - UFPEL, actualmente trabaja en la investigación en frejol en el Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, además ejerce la docencia universitaria desde 1999 a la fecha en la Facultad de Ciencias Agrícolas (Maquinaria Agrícola) y en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (Recursos Naturales) de la UAGRM.

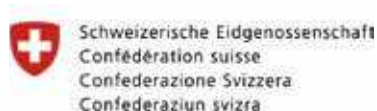
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS
“El Vallecito”

EL CULTIVO DEL FREJOL EN BOLIVIA



Víctor Choque C.



Cooperación Suiza en Bolivia



Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Facultad de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”

El Cultivo del Frejol en Bolivia.
Autor: V. Choque

Primera edición en español: Noviembre de 2013.

La presente publicación fue realizada gracias al apoyo del Programa de Innovación Continua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación PIC COSUDE.

Todos los Derechos Reservados
ISBN: 978-99954-2-942-3
Depósito Legal: 8-1-3008-13

Diseño Editorial y Formación: Eco-Diversa, ecodiversa@yahoo.es
Diagramación y diseño: Katherine Copa Landívar
Fotografías: V. Choque & J. Padilla. Portada y contraportada Víctor Choque: Diferentes tipos de frejol y cultivos de frejol.

Impreso en Bolivia.

Noviembre, 2013
Santa Cruz de la Sierra - Bolivia

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi amor a Dios sobre todas las cosas, mis sinceros agradecimientos a las instituciones y sus representantes ligados al cultivo de frejol, a todas las personas que apoyaron esta iniciativa y en especial a mi familia: mi esposa, mis hij@s que son el tesoro más grande de mi vida y a mis herman@s con quienes comparto cotidianamente el transcurrir del tiempo.

Mis sinceros agradecimientos al Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la “Universidad Autónoma Gabriel René Moreno” por brindarme la oportunidad de ejercer mi profesión en la investigación y la docencia universitaria.

Mi gratitud al Programa Frejol del IIA El Vallecito, como a su coordinador Ing. Juan Ortubé Flores, por confiarme el trabajo de la investigación del cultivo de frejol, como también al equipo técnico del Programa Frejol del IIA El Vallecito: Marco Koriyama, Tito Anzoategui, José Padilla, José Luis Díaz y Carlos Paz, quienes han contribuido en la edición del presente documento. También agradezco la capacidad de los profesionales de las diferentes áreas que tiene el Instituto, por el apoyo brindado con sugerencias en la redacción del presente documento: Mateo Vargas, María Isabel Cazón, Fernando Copa y Roberto Unterladstaetter; a Sandra Landívar por la minuciosa revisión y comentarios.

De antemano mis agradecimientos a los ejecutivos del Programa de Innovación Continua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación PIC - COSUDE, por apoyar en las travesías con un cultivo tan noble como es el frejol y contribuir en la nueva visión de la investigación, además COSUDE es considerado por todo el equipo técnico de frejol como el “Padrino Mayor”, gracias al apoyo constante se hace realidad un documento técnico anhelado por mucho tiempo.

A las instituciones ligadas a la producción de frejol (ASOPROF, CABEXSE, INTERAGRO, AGRIPAC, SENASAG, IBCE, CAO, INIAF y otros) quienes facilitaron la información requerida para la elaboración del presente documento.

A los lectores del presente documento, mis disculpas de antemano por los errores, datos u omisiones que pudiera presentar el mismo, agradezco su comprensión.

A todos, mis sinceros agradecimientos por siempre.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AAA INTERNACIONAL	Empresa Comercializadora de Agroquímicos AAA Internacional Ltda.
AGRIPAC	Empresa Comercializadora de Agroquímicos AGRIPAC BOLIVIANA COMPAÑÍA Ltda.
AGROSALUD	Consortio de instituciones que trabajan en el desarrollo, la evaluación y la disseminación de cultivos biofortificados en América Latina y el Caribe.
ANAPO	Asociación Nacional de Productores de Oleaginosa y Trigo.
A.P.	Antes del Presente (abreviado a menudo con las siglas AP y, en ocasiones, BP, del inglés Before Present) es una escala de tiempo usada en arqueología, geología y otras disciplinas científicas.
ASOPROF	Asociación Nacional de Productores de Frejol.
BOLTAGRO	Empresa de comercialización de productos agrícolas.
CIAT COLOMBIA	Centro Internacional de Agricultura Tropical Colombia.
CIAT SANTA CRUZ	Centro de Investigación Agrícola Tropical Santa Cruz Bolivia.
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
FCA	Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAGRM.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior.
IIA EL VALLECITO	Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito.

INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
INTERAGRO	Empresa Comercializadora de Agroquímicos, Insumos Agropecuarios Interagro S.A.
MEDA	Mennonite Economic Development Associates Bolivia.
MICF	Manejo Integrado del Cultivo de Frejol.
MIE	Manejo Integrado de Enfermedades.
MIM	Manejo Integrado de Malezas.
PIC COSUDE	Programa de Innovación Continua de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
PRE	Pre Siembra.
PPI	Pre Siembra Incorporado.
POST	Post Siembra.
PROFRIZA	Programa Regional de Frijol para la Zona Andina.
PRONALAG	Programa Nacional de Leguminosas Alimenticias de Grano.
SENASAG	Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria.
UAGRM	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.
URG	Unidad de Recursos Genéticos del CIAT Colombia.

TABLA DE CONTENIDO

Primera parte

1. Taxonomía del frejol	11
2. Nombres del frejol.....	11
3. Origen del frejol	11
4. Distribución geográfica y altitud.....	12
5. El frejol como alimento básico	12
5.1. Principales países exportadores	13
6. Botánica del frejol	14
7. Hábitos de crecimiento.....	18
8. Fenología del frejol	22
8.1. Fase vegetativa	22
8.2. Fase reproductiva	22
9. Clasificación de las variedades de frejol	27

Segunda parte

1. Introducción	33
2. Zonas de producción en Bolivia	33
3. Superficie sembrada de frejol en Bolivia	34
4. Sistemas de producción	39
5. Épocas de siembra	43
6. Densidad y profundidad de siembra.....	43
7. Variedades de frejol en Bolivia	46
7.1. Características principales de las variedades de frejol	47
7.2. Variedades comerciales de frejol (color, forma y tamaño de semillas)	48
8. Factores que afectan la producción	48
8.1. Factores abióticos	48
8.1.1. Temperatura	48
8.1.2. Requerimiento de agua	52
8.1.3. Fotoperiodo	52
8.1.4. Suelo	54

8.2. Factores bióticos	56
8.2.1. Insectos plaga.....	56
8.2.1.1. Insectos que causan daños a nivel de suelo	56
8.2.1.2. Insectos que causan daños a nivel del follaje	58
8.2.1.3. Otros insectos observados.....	68
8.2.1.4. Insectos que causan daños en granos almacenados.....	70
8.2.2. Enfermedades del cultivo de frejol	71
8.2.2.1. Enfermedades de las raíces.....	72
8.2.2.2. Enfermedades del follaje.....	76
8.2.3. Plantas consideradas malezas	88
8.2.3.1. Origen de las malezas.....	88
8.2.3.2. Distribución de malezas	90
8.2.3.3. Principales malezas que interfieren en frejol.....	90
9. Cosecha de frejol	96
9.1. Arrancado y trilla manual	96
9.2. Cosecha semimecanizada.....	96
9.3. Cosecha mecanizada de frejol	98
9.3.1. Regulación de las cosechadoras combinadas para la cosecha de frejol	100
10. Destino de la producción del frejol boliviano.....	103
11. Manejo integrado del cultivo de frejol (MICF).....	103
11.1. Métodos para supresión poblacional de enemigos naturales en MICF	104
11.1.1. Métodos culturales o uso de prácticas agronómicas	104
11.1.2. Métodos químicos para el manejo de especies consideradas plagas	110
11.1.2.1. Control químico de insectos	110
11.1.2.2. Control químico de malezas	112
11.1.2.3. Control químico de enfermedades	114
12. Bibliografía.....	115

PRÓLOGO

En Bolivia se ha ido incrementando la superficie cultivada de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), alcanzando en la actualidad aproximadamente a 60.000 hectáreas, este incremento se debe en gran manera a una alianza estratégica interinstitucional entre la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), representada por el Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito (IIA El Vallecito), el Centro Internacional de Agricultura Tropical de Colombia (CIAT) y la Cooperación Suiza en Bolivia. Este trabajo estuvo orientado a favorecer a los agricultores y contribuir en la reducción de la pobreza, en las zonas más vulnerables respecto a la seguridad alimentaria en Bolivia.

Bajo esta forma de trabajo, las instituciones, de acuerdo a sus capacidades, contribuyeron a los objetivos comunes que tienen todas las sociedades, cubrir sus necesidades alimenticias por medio de la producción de alimentos, en este caso en particular, es mayor este anhelo debido a que el frejol es una leguminosa que tiene aproximadamente el 23% de proteínas y en Bolivia se requiere granos como el frejol para cubrir su déficit en el consumo de proteínas.

Por lo tanto uno de los objetivos más importante de esta alianza institucional es contribuir a cubrir las necesidades alimenticias por medio de la producción de alimentos, en el país se requiere desarrollar más acciones que impulsen la producción y el consumo, en este caso, del frejol, tomando como ejemplo el trabajo realizado hasta hoy y promover su réplica con otras instituciones cuya vocación es la investigación y difusión de nuevas tecnologías.

Asimismo es importante destacar el aporte y contribución a la seguridad alimentaria y la calidad nutricional del país, a través de la generación y producción de variedades de frejol biofortificadas, como la variedad Fortaleza y el Negro Sequía, generadas con el apoyo del Programa de Innovación Continua de la Cooperación Suiza en Bolivia.

Con este libro ***“El cultivo de frejol en Bolivia”*** se fortalece el trabajo que desarrolla el Programa Frejol, dependiente del IIA El Vallecito, especialmente en el buen manejo agronómico del cultivo por parte de los productores, además de ser soporte para la expansión del área sembrada, la introducción de este cultivo a otras zonas y el apoyo a la formación de futuros profesionales relacionados con la producción agrícola.

Roberto Arteaga Rivero
Coordinador Nacional PIC COSUDE



EL CULTIVO DEL FREJOL GENERALIDADES (Primera Parte)

1. Taxonomía del frejol

Súper reino:	Eucariota
Reino:	Plantae
División:	Magnoliófitas
Clase:	Dicotiledoneas
Subclase:	Rosidas
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Género:	<i>Phaseolus</i>
Especie:	<i>Phaseolus vulgaris</i>

2. Nombres del frejol

La especie *Phaseolus vulgaris* L. recibe diversos nombres en los países de habla hispana, frijol, frijol, frisol, fréjol, frejol, poroto, habichuela, habilla, caraota, judía, alubia, chuwi. El más difundido es “frijol” en la mayoría de los países de Latinoamérica.

En el presente libro se denominará “frejol” debido a que en la mayoría de las zonas de producción de esta leguminosa en Bolivia, se lo conoce con este nombre.

El nombre «frejol» viene del Asturleonés fréjol (también en gallego feixón, catalán fesol, en portugués feijão, en italiano fagiolo, en rumano fasole) y éste del latín phaseolus.

En Perú, Panamá, Bolivia, Chile, Argentina, Paraguay y Uruguay se llaman frejol o porotos (término que proviene de purutu, el nombre original en quechua). En guaraní (Paraguay y Bolivia) es llamado kumanda, peyorativamente saporo.

En Ecuador, Bolivia y Perú también es conocido como frejol. En Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Cuba y México es conocido

como frijol. En Colombia se conoce como fríjol (nótese que es palabra llana) o grano.

En la mayor parte del Caribe, se llaman habichuelas (diminutivo de haba, que proviene del latín faba). En otros países se llama habichuela a las vainas verdes de esta planta. En Venezuela se llaman caraotas a los granos de color negro y frijoles al resto de las variedades (si bien algunas personas denominan a las de colores rojo y blanco caraotas rojas y caraotas blancas, respectivamente).

3. Origen del frejol

El origen americano del frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se acepta sin el menor asomo de controversias desde finales del siglo XIX. Investigaciones arqueológicas han permitido ubicar restos en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. En la región sureste de Estados Unidos, en la cueva Tularosa, Basketmaker II y en Snaketown, se han encontrado restos cuya antigüedad se remonta a unos 2300, 1500 y 1000 años A.P. (Antes del Presente), respectivamente. En México los restos arqueológicos de frejol en Río Zape, Durango, tienen una antigüedad de 1300 años A.P., los de la región de Ocampo, Tamaulipas, fluctúan entre 6000 y 4300 años A.P., y los de la cueva de Coexcátlan situada en el Valle de Tehuacán, Puebla, 7000 años A.P. En Perú se han encontrado restos con antigüedad de 2000 años A.P. en Huaca Prieta, de 2500 años A.P. en el valle de Nazca y ejemplos de frejoles completamente domesticados en la cueva del Guitarrero, en el Callejón de Huaylas, Ancash, a los cuales, según la prueba del carbono 14, se les atribuye un rango de antigüedad que va de 7680 ± 280 a 10000 ± 300 años A.P. Los frejoles encontrados en el callejón de Huaylas, aproximadamente 30 especímenes, corresponden a frejoles de grano rojo-marrón oscuro y rojo oscuro; también

había granos moteados, algunos de forma redonda, otros más planos y otros alargados y arriñonados.

Todos estos descubrimientos arqueológicos corresponden a restos de plantas completamente domesticadas; por lo tanto, se estima que la domesticación del frejol debe haber ocurrido antes de las fechas anteriormente indicadas. No es posible precisar cuando sucedió esto, debido a la ausencia de evidencias arqueológicas que muestren la transición completa del estado silvestre al cultivado.

A pesar de esto, como puede verse, en América Latina el frejol ha venido cultivándose desde tiempos ancestrales, no se sabe cuándo el frejol escapó de la parcela familiar para convertirse en un cultivo de importancia económica, ni el suceso que motivó su expansión. En Estados Unidos hay referencias exactas respecto a la fecha y el lugar en que empezaron las siembras comerciales de frejol, alrededor de 1839 en el Estado de Nueva York, Condado de Orleans, y fue la Guerra de Secesión lo que trajo consigo un aumento del consumo humano de esta leguminosa.

4. Distribución geográfica y altitud

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

de enfermedades, a los daños causados por insectos y a problemas de falta de disponibilidad de agua y nutrimentos del suelo.

5. El frejol como alimento básico

El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) es, entre las leguminosas de granos alimenticios, la especie más importante para el consumo humano. Su producción abarca áreas diversas, pudiéndose decir con propiedad que prácticamente se cultiva en todo el mundo. América Latina es, en particular, la zona de mayor producción y consumo, estimándose que más del 45% de la producción mundial total proviene de esta región (Voyset 2000).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la producción mundial de frejol en el año 2007 fue de 19,30 millones de toneladas; 0,52% menos respecto al 2006 y para el 2008 disminuyó 6,76% respecto al 2003, en promedio, mostró una disminución de 1,70% anual en este periodo.

De acuerdo a datos de la FAO el principal productor de frejol a nivel mundial es Brasil, debido a que al cierre del 2007 mostró una participación del 16,9% en el total de la producción mundial. (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Consumo per cápita aproximado de frejol en el mundo, según Beebe S. & AGROSALUD. 2005, CIAT Colombia.

País	Consumo per cápita kg/persona/año
Brasil	16,90%
India	16,50%
China	9,90%
Myanmar	8,80%
México	6,50%
Estados Unidos	5,60%
Resto del mundo	35,80%



Figura 1. Principales países productores de frejol en el mundo, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO 2008.

La misma institución señala, que el frejol a nivel mundial participa con el 57% de la oferta mundial de leguminosas. De las que el 76,2% corresponde a frejol seco, el 17,4% a frejol verde (desgranado) y el 6,4% a frejol verde en vaina.

Diversos autores han destacado las propiedades nutritivas que posee el frejol, de manera fundamental su alto contenido en proteínas (23%) y en menor medida en carbohidratos.

Asimismo, se cree que el mayor consumo de frejol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso de este producto en América Latina, Asia y África.

Según la FAO (2008), de los trece países de mayor consumo de la leguminosa en el mundo, nueve de ellos se encuentran en América Latina; Nicaragua, Brasil, México, Paraguay, Belice, Costa Rica, Guatemala y Honduras, lo que confirma la relación entre los niveles de consumo y los ingresos per cápita de países menos y más desarrollados.

5.1. Principales países exportadores

Las exportaciones mundiales de frejol común alcanzaron un total aproximado de 1361 millones de dólares americanos en valor y 1,7 millones de toneladas en volumen. El crecimiento entre los años 2006 y 2010 fue del 15% en valor.

Los tres países principales exportadores son China, habiendo exportado durante el año 2010, cerca de 535 millones de dólares americanos (39% del total de las exportaciones mundiales), seguido por España, que exportó aproximadamente 193 millones de dólares americanos (14% en la participación mundial) y Canadá que exportó cerca de 120 millones de dólares americanos (9%).

Los principales ocho países exportadores de frejol común exportaron 1112 millones de dólares americanos en valor y 1,4 millones de toneladas en volumen. Cabe mencionar que los principales ocho países exportadores de frejol común representaron el 82% de las exportaciones mundiales. (Figura 2).

Bolivia exportó un total aproximado de 35,43 millones de dólares americanos en valor y 44.377 toneladas en volumen en el año 2010, donde fue el octavo mayor exportador de frejol común en el mundo durante el año mencionado, según el IBCE 2011.

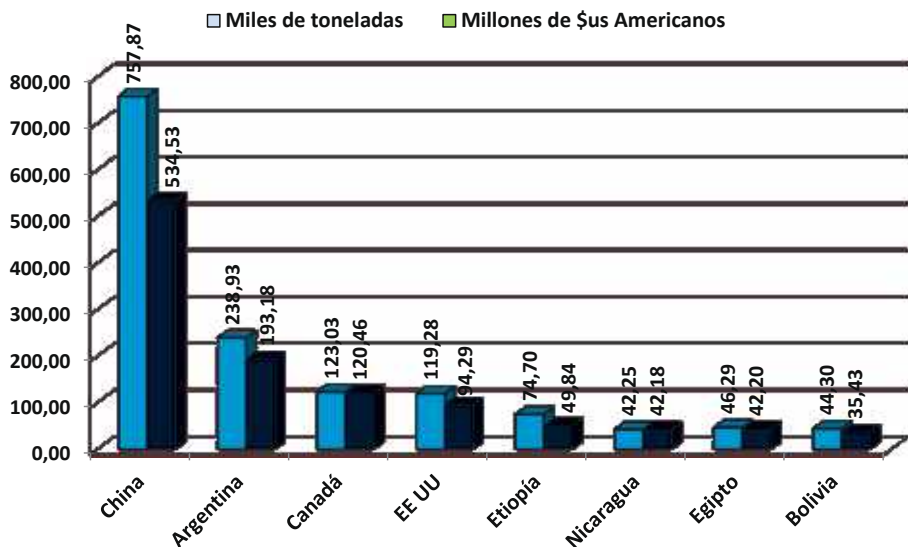


Figura 2. Principales países exportadores de frejol en el año 2010, volúmenes en toneladas y valor monetario expresado en dólares americanos. Según Trade Map, citado por el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) 2011. Perfil de Mercado, frejol común, Edición N° 6/2011. Santa Cruz Bolivia.

6. Botánica del frejol

Morfología y partes principales de la planta de frejol

La planta de frejol común es herbácea, anual, dependiendo del hábito de crecimiento, puede alcanzar alturas de dos metros; las principales características botánicas se describen a continuación. (Figura 3).

Raíz

El sistema radicular está formado por la raíz primaria o principal que se desarrolla a partir de la radícula del embrión. Sobre esta y en disposición de corona se forman las raíces secundarias, terciarias y otras subdivisiones; Los pelos absorbentes, órganos epidérmicos especializados en la absorción de agua y nutrientes, se localizan en las partes jóvenes de las raíces laterales, donde viven en simbiosis con la

planta bacterias del género *Rhizobium* fijadoras del nitrógeno atmosférico. (Figura 4).

Tallo

El tallo joven es herbáceo y semileñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales, de color verde rosa o morado, glabro o pubescente, determinado si termina en inflorescencia o indeterminado si su yema apical es vegetativa, en la inserción de las raíces y el primer nudo corresponde al de los cotiledones, esta primera parte del tallo se denomina hipocótilo, en el segundo nudo se inserta el primer par de hojas verdaderas, las cuales son simples y opuestas y reciben el nombre de epicótilo, en el tercer nudo emerge la primera hoja compuesta, las cuales son trifoliadas y alternas.

Hojas

Son de dos tipos, simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pi-

losidad, y está relacionada con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad.

Flor

Las flores de frejol se desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo, raquis, brácteas y botones florales. Los botones florales se desarrollan en las axilas de las brácteas, pudiendo ser de color blanco, lila y morado. (Figura 5).

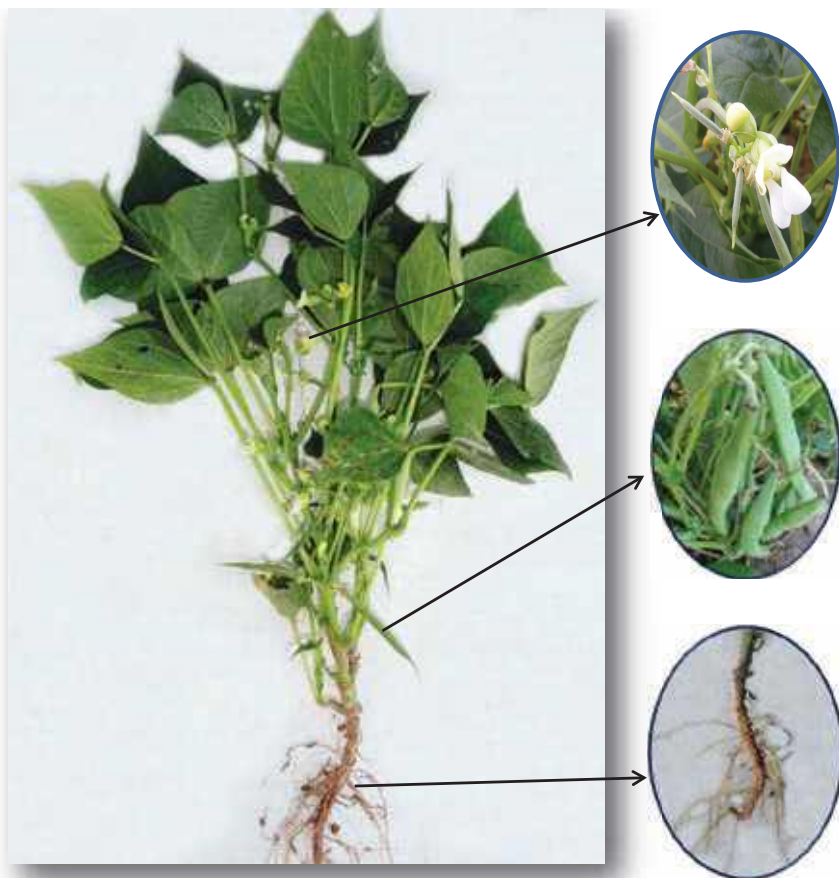


Figura 3. Planta de frejol y sus partes principales, hojas, flores, vainas y raíz. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

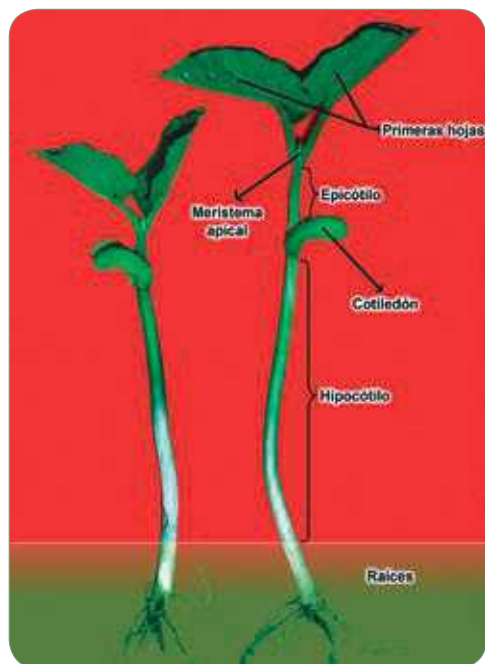


Figura 4. Partes de una plántula de frejol, hipocótilo, epicotilo, cotiledones y primera hoja simple. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Fruto

El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas; las semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura plavental. Las divergencias laterales están constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas. Los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos, proteínas y constituyen la parte aprovechable de la semilla. El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano. (Figura 6).

Partes de la semilla

La semilla se encuentra rodeada por una cubierta protectora exterior que recibe el nombre de episper-

mo. Esta cubierta se forma a partir de los tegumentos que originalmente rodeaban al ovario. Su función principal es la de proteger al embrión, aunque también participa en el control de la germinación y tiene importancia en la diseminación de la semilla. La superficie de esta cubierta puede ser lisa o rugosa, y su dureza varía mucho de una variedad a otra.

En el epispermo se puede distinguir el micrópilo, un pequeño poro por el que se produce la entrada del tubo polínico en el óvulo. Por este poro es por donde se iniciará la salida de la raíz primordial del embrión durante la germinación.

El lugar donde el óvulo estuvo unido al funículo generalmente permanece en la semilla como una pequeña cicatriz llamada hilo o hilium. En semillas muy duras, el hilo actúa como válvula higroscópica, permitiendo la entrada de aire pero no de humedad. Dentro de la semilla se encuentra el embrión que dará lugar a la nueva planta. El embrión está formado por:

- **Radícula:** es la parte del embrión que emerge primero. Una vez fuera se transformará en una auténtica raíz, dando lugar a raíces secundarias y pelos absorbentes.
- **Plúmula:** es una yema y se encuentra en el lado opuesto a la radícula.
- **Hipocótilo:** es el espacio entre la radícula y la plúmula. Se divide a su vez en el eje hipocotíleo, situado a continuación de la radícula, y el eje epicotíleo, situado por encima de los cotiledones. Se transformará en el tallo de la nueva planta.
- **Cotiledones:** adquieren la función de las primeras hojas y son también las estructuras que contienen la reserva alimenticia.

La reserva contenida en la semilla es lo que se conoce como endospermo o albumen. Esta reserva se encuentra incluida en los cotiledones, como ocurre en todas las plantas dicotiledóneas.



Figura 5. Botones florales, flor abierta y diferentes colores de flor en el cultivo de frejol. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 6. Diferentes vainas de frejol, según la variedad, etapa de desarrollo, colores, jaspe, tamaño, grosor, distales y curvatura del pico. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

En las monocotiledóneas, por el contrario, el endospermo está constituido por almidón. (Figura 7).

Color de las semillas

Las semillas de frejol presentan una gran variación de colores, formas y tamaños (blanco, amarillo, beige, café, rojo, rojo moteado, carioca, negro o combinaciones de algunos de ellos); las formas, en tanto, pueden ser cilíndricas, arrañonadas, esféricas, ovaladas, etc. (Figura 8).

Composición química de las semillas de frejol

La composición química promedio general de las semillas de frejol dependiendo de las variedades y el ambiente donde se haya cultivado, se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de semillas de frejol, CIAT Colombia & AGROSALUD 2008.

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	10,0 - 12,0
Carbohidratos	58,0 - 60,0
Proteína	21,0 - 23,0
Grasa	1,5 - 2,0
Fibra	4,0 - 5,0
Ceniza	3,0 - 3,5

7. Hábitos de crecimiento

De acuerdo con el hábito de crecimiento (Figura 9) las variedades de frejol son agrupadas en cuatro tipos principales.

a) Hábito de crecimiento determinado arbusativo (Tipo I): el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia.

Al expresarse estas inflorescencias, el crecimiento, ya sea del tallo principal o de las ramas, se detiene. El tallo principal es vigoroso y presenta 5 a 10 entrenu-

dos comúnmente cortos. La altura de las plantas varía normalmente entre 30 y 50 cm, existiendo casos de plantas enanas (15 a 25 cm). La etapa de floración es rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma concentrada. (Figura 10).

b) Hábito de crecimiento indeterminado arbusativo (Tipo II): las plantas presentan un hábito indeterminado, continuando con su crecimiento en los tallos luego de la floración, donde muestran un crecimiento erecto y un bajo número de ramas. El tallo principal normalmente desarrolla una guía de escaso crecimiento. (Figura 11).

c) Hábito de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III): con hábito postrado o semipostrado y un diversificado sistema de ramificación. El tallo principal y las numerosas ramas existentes pueden presentar aptitud trepadora a partir de las guías que existen en la parte terminal, especialmente si cuentan con algún tipo de soporte. Las guías, que corresponden a prolongaciones de los tallos que se aíslan de la cobertura del cultivo, comienzan a expresarse una vez iniciada la floración; los entrenudos de las guías, en tanto, son mucho más largos que los entrenudos de los tallos. (Figura 12).

d) Hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV): el tallo principal, puede tener de 20 a 30 nudos, alcanza hasta 2 o más metros de altura si es guiado, ya sea a través de tutores o de plantas de cultivo que le sirvan como soporte. La floración se prolonga durante varias semanas, pudiendo presentarse vainas casi secas en la parte basal de la planta, mientras en la parte alta continúa la floración.

Las ramas, que son muy poco desarrolladas a consecuencia de la fuerte dominancia apical, se presentan además en baja cantidad. (Figura 13).

Los cuatro tipos de hábitos descritos, son muy definidos; sin embargo, hay variedades cuyas características determinan que su ubicación sea intermedia entre un hábito y otro.

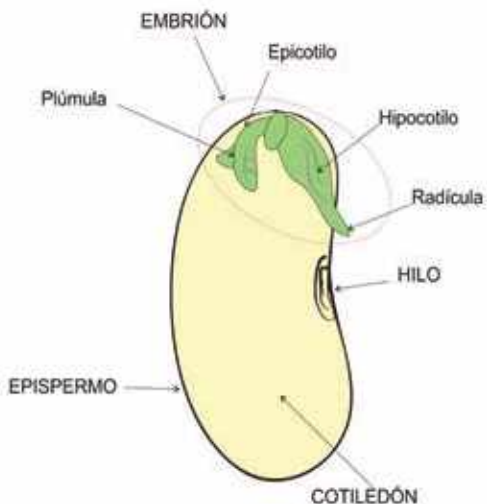


Figura 7. Partes de la semilla de frejol, http://jardinactual.com/menu-revista-articulos/231-Partes_de_una_planta:_la_semilla



Figura 8. Diferencias en las semillas de frejol, colores, formas, texturas y tamaños. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

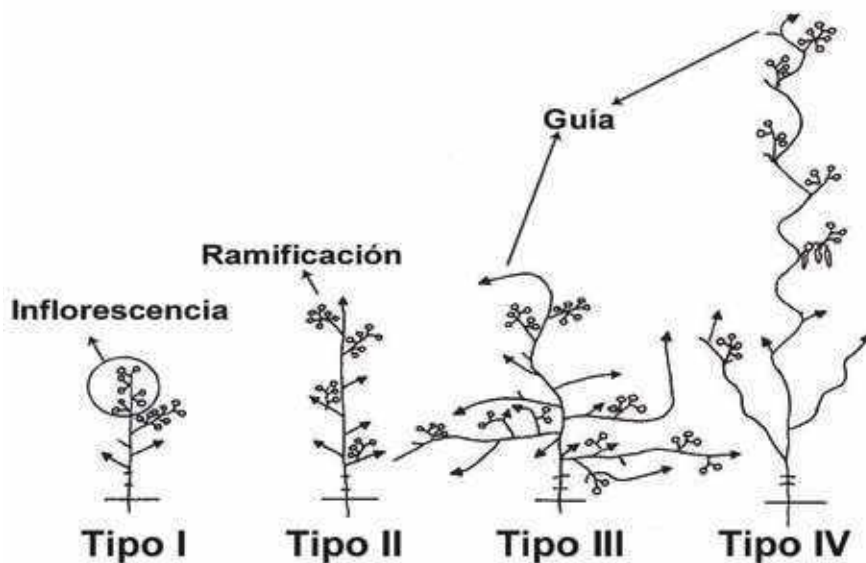


Figura 9. Hábitos de crecimiento del cultivo de frejol, propuesto por el Programa Frejol del CIAT Colombia, adoptado por el Programa Frejol, IIA El Vallecito, 2012.



Figura 10. Planta de frejol con hábito de crecimiento tipo I (frejol arbustivo). Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 11. Planta de frejol con hábito de crecimiento tipo II (frejol arbustivo). Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 12. Planta de frejol con hábito de crecimiento tipo III (frejol arbustivo). Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 13. Planta de frejol con hábito de crecimiento tipo IV (frejol voluble o trepador). Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

8. Fenología del frejol

La fenología es el estudio de todos los procesos biológicos relacionados con el cultivo de frejol y cómo interactúa el ambiente sobre su ciclo, procesos como la germinación, emergencia, plántula, floración y maduración. Las condiciones climáticas de cada región influyen en ellas y determinarán la prevalencia de la variedad en dicha región. (Figura 14–15).

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

8.1. Fase vegetativa

La fase vegetativa se inicia cuando a las semillas se le brindan las condiciones para iniciar la germinación y terminan cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado o primeros racimos en las variedades

de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la fase reproductiva de la planta. (Figura 16).

En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemos terminales del tallo y de las ramas, produce nudos en los que se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior, esta fase comprende entre V0 a V4.

8.2. Fase reproductiva

Esta fase comprende la formación de los primeros botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las variedades de crecimiento indeterminado trepador (frejoles volubles) el desarrollo de las estructuras vegetativas no termina en la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallo, flores y vainas, esta fase comprende entre R5 a R9.

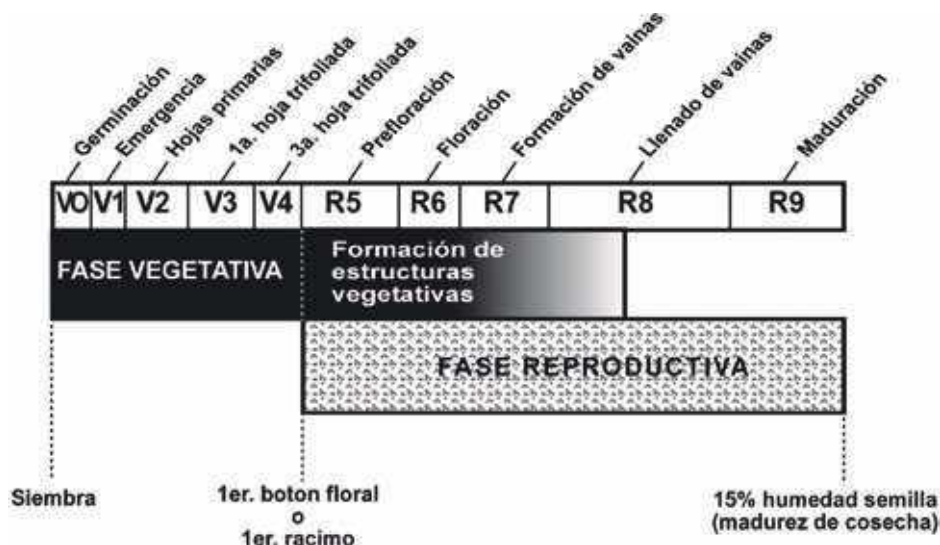


Figura 14. Fases fenológicas del cultivo de frejol propuesto por el Programa Frejol del CIAT Colombia 1984, adoptado por el Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012.

Etapa V0

Con la siembra de frejol en condiciones ambientales y humedad favorables, se inicia la fase de germinación. La semilla absorbe agua, ocurren los procesos de división celular y las reacciones biológicas, que permiten la liberación de los nutrientes acumulados en los cotiledones; posteriormente, emerge la radícula que se convierte en la raíz primaria, que sostiene las raíces secundarias y terciarias. También se da una elongación del hipocótilo hasta que los cotiledones se hacen visibles sobre el suelo. En este momento finaliza la etapa de germinación.

Etapa V1

En la etapa V1, el 50% de la población esperada ha emergido. Después de la emergencia, el hipocótilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su tamaño máximo. Luego aparecen y comienza el despliegue de las hojas primarias, donde las láminas empiezan a separarse y abrirse hasta desplegarse totalmente. En este momento finaliza la etapa de emergencia.

Etapa V2

Se inicia cuando el 50% de las plantas presentan las hojas primarias desplegadas. Los cotiledones pierden su forma, arqueándose y arrugándose.

Es importante señalar que la primera hoja trifoliada comienza su crecimiento y continúa su desarrollo hasta desplegarse completamente. En este momento culmina la etapa V2.

Etapa V3

Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y en un solo plano. Al inicio de esta fase la hoja no ha alcanzado aún su tamaño máximo y tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada, así como el peciolo de la hoja trifoliada son cortos; es por esto que la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias.

FASES FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE FREJOL ARBUSTIVO

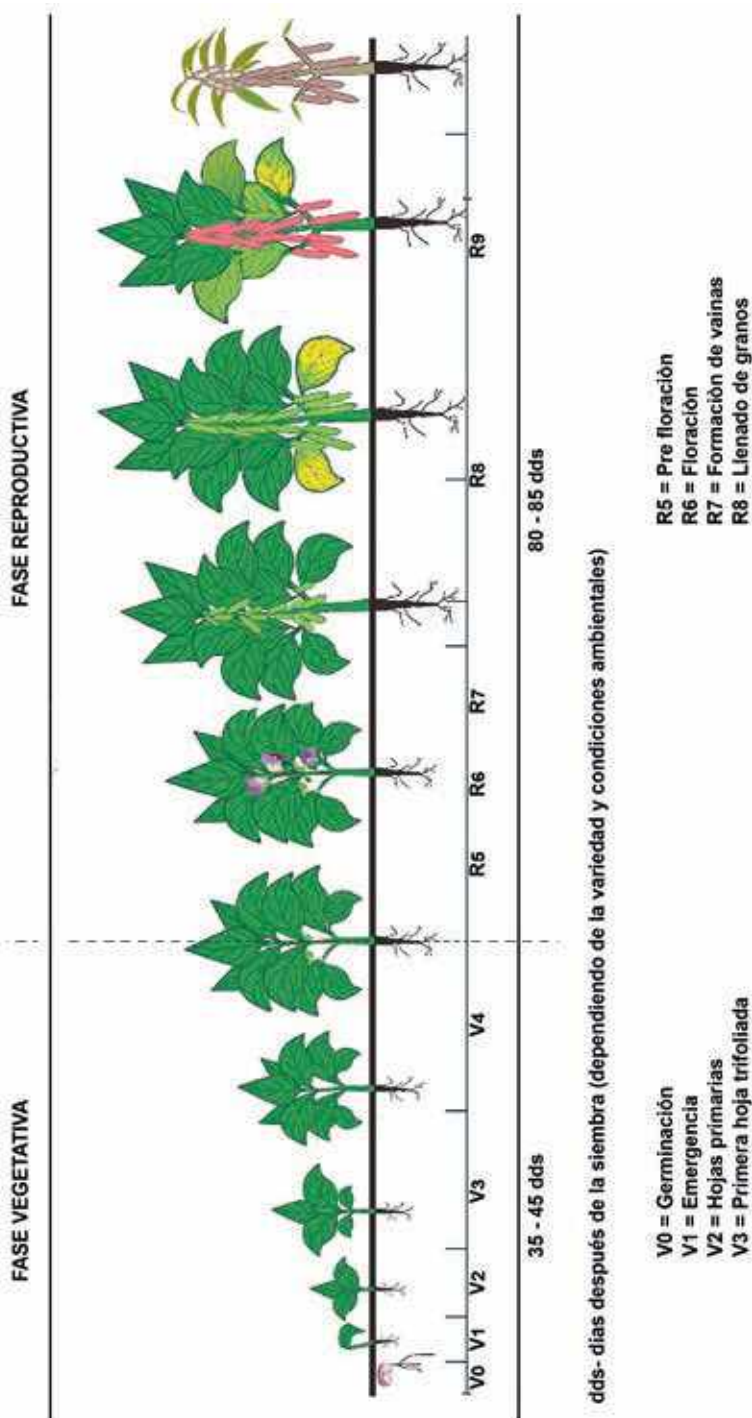


Figura 15. Fases de frijol arbustivo, Propuesto por IICA Managua Nicaragua, adaptado por el Programa Frejol. IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 16. Fase vegetativa del cultivo de frejol, germinación, radícula, cotiledones, hipocótilo, epicótilo y hojas simples. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 17. Fase reproductiva del cultivo de frejol, botones florales, flor abierta, flor madura y diferentes colores. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).





Figura 18. Fase reproductiva del cultivo de frejol, flor polinizada, formación de vainas, desarrollo y llenado de granos. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Luego el peciolo y el entrenudo crecen y la primera hoja trifoliada se sobrepone a las hojas primarias; la segunda hoja trifoliada aparece, los cotiledones se secan completamente y caen de la planta.

El tallo sigue creciendo, la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera hoja trifoliada se despliega. Con estos cambios fisiológicos y morfológicos culmina la etapa V3.

Etapa V4

Se inicia cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada, en el 50% de las plantas. En esta etapa, la tercera hoja trifoliada aún se encuentra por debajo de la primera y segunda hoja trifoliada. A partir de este momento, se observan diferencias en algunas estructuras vegetativas como el tallo, desarrollan a partir de las tríadas de las yemas que se encuentran en las axilas de las hojas. Las yemas en los nudos inferiores de la planta generalmente se desarrollan produciendo ramas.

El tipo de ramificación, el número y la longitud de las ramas dependen, entre otros factores, del genotipo y de las condiciones del cultivo. En general, esta etapa es la más extensa de la fase vegetativa y en las plantas de hábito de crecimiento determinado finaliza cuando las yemas apicales se desarrollan en botones florales; mientras que en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, ocurre cuando se desarrolla el primer racimo en las yemas axilares.

Etapa R5

Se inicia cuando aparece el primer botón floral o el primer racimo, lo cual dependerá del hábito de crecimiento de las plantas. Se considera que un cultivo se encuentra en esta etapa, cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. En las plantas de hábito de crecimiento determinado existe un botón floral en el último nudo del tallo o la rama, en tanto que en las de hábito de crecimiento indeterminado los racimos se observan primero en los nudos inferiores y luego en los superiores.

Es importante indicar que en las variedades determinadas, en el último nudo, las yemas presentan un desarrollo floral, es decir, dos yemas laterales se desarrollan como botones florales y la yema central permanece en estado latente. Igualmente, los racimos se desarrollan produciendo botones florales, que al crecer, adquieren su forma típica y la pigmentación característica de la variedad. Cuando se abre la primera flor culmina esta etapa.

Etapas R6

Esta etapa se inicia cuando el 50% de las plantas presentan la primera flor abierta. La flor abierta indica que ésta se encuentra fecundada; luego la corola se marchita y cuelga del extremo de la vaina, hasta que ésta inicia su crecimiento.

Etapas R7

Cuando la planta presenta la corola desprendida de la primera vaina se ha iniciado esta etapa. Cuando en una plantación, el 50% de las plantas presenta esta característica, se encuentra en la etapa de formación de vainas. En las plantas de hábito de crecimiento determinado, las primeras vainas se observan en la parte superior del tallo y las ramas, y las otras vainas aparecen en forma descendente, mientras que cuando el hábito de crecimiento es indeterminado las primeras vainas aparecen en la parte inferior de la planta y las otras vainas aparecen en forma ascendente. La etapa R7 también comprende el crecimiento longitudinal de las vainas hasta alcanzar su máximo tamaño y peso. En este momento culmina la etapa de formación de vainas.

Etapas R8

Con las vainas formadas, se inicia el crecimiento de las semillas, también identificada como la etapa R8 o llenado de vainas. Si se observan las vainas por las suturas o de lado, hay abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento.

Al final de esta etapa, los granos pierden su color verde para comenzar a adquirir el color característico de la variedad. Este cambio de coloración se inicia alrededor del hilum y luego se extiende a toda la testa.

Dependiendo de la variedad, las valvas empiezan a pigmentarse, de acuerdo al genotipo, puede ser uniforme o en rayas. Cuando las plantas muestran un cambio en la coloración de las hojas y éstas caen, finaliza la etapa R8.

Etapas R9

Considerada como la última etapa de desarrollo en que ocurre la maduración de la semilla. Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo rojizo o pigmentado; las hojas inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. En general, todas las partes de la planta se secan y particularmente las semillas, cuyo contenido de humedad llega hasta un 15%; las semillas adquieren su color final y la planta está lista para la cosecha.

9. Clasificación de las variedades de frejol

Las variedades de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), según Voyset (2000), se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios, como ser la forma de consumo, la duración del periodo entre siembra y cosecha, por la reacción a la duración del día, el hábito de crecimiento, características del grano, la clase comercial y su origen. En el presente libro trataremos de resumir las clasificaciones citadas.

a) Por la forma de consumo

Aunque no necesariamente restringida a una clasificación absoluta, las variedades pueden agruparse por su forma de consumo predominante en las siguientes categorías:

- Variedades para consumo como grano tierno o verde
- Variedades para consumo como grano seco
- Variedades para consumo como vainas verdes (vainitas)
- Variedades para consumo como grano tostado (ñuña o poroto)

Existen variedades de bajo contenido de fibra exclusivamente desarrolladas para consumo como vainitas o habichuelas (vainas verdes), estas variedades en su mayoría provienen de Estados Unidos y Europa. También existen variedades propias del acervo andino que tienen la capacidad de reventar cuando son calentados, es un atributo especial de ciertos frejoles de las regiones altas de Perú y Bolivia.

b) Por la duración del periodo entre la siembra y la cosecha

La clasificación que sigue es relativa, pero no por eso menos usada. Dependiendo de la duración del espacio temporal que la naturaleza o el hombre asignó para la siembra y cosecha de frejol, las variedades se clasifican como:

- Variedades precoces
- Variedades tardías

Esta división por supuesto es relativa, solo tiene valor dentro de determinados ámbitos geográficos. Hay frejoles que en ciertas regiones pueden cosecharse a los 70 días después de la siembra, mientras en otras regiones la cosecha puede realizarse a más de 270 días después de la siembra. Una variedad de frejol que madura a los 180 días sería considerada precoz, mientras que en la primera región de referencia un frejol que se logre cosechar más allá de los 90 días ya sería considerado tardío.

El cuadro 3, muestra una clasificación relativa teniendo en cuenta la temperatura promedio durante la estación de desarrollo del cultivo.

Cuadro 3. Duración entre siembra y cosecha (días) de diferentes tipos de frejol en diversos ambientes. CIAT Colombia, 2000 Programa de Frejol.

Hábito de crecimiento	Periodo de duración	Clima Temperatura		
		Cálido (23 - 26°C)	Medio (17 - 20°C)	Frio (13-15°C)
Arbustivo I	Precoz	75	75	120
Arbustivo I	Tardío	90	100	150
Arbustivo II	Precoz	75	90	150
Arbustivo IIIa	Tardío	90	120	190
Voluble IIIb	Precoz	75	120	190
Voluble IV	Tardío	120	150	270

c) Por su reacción a la duración del día (fotoperiodo)

El frejol es una planta de día corto (alrededor de 12 horas luz por día), sin embargo, hay variedades que se cultivan con éxito en regiones ubicadas en altas latitudes, como Norte América, Europa, Asia (> 14 horas de luz por día), estas variedades se conocen como insensibles al fotoperiodo. Las variedades que expuestas a días largos demoran el inicio de su floración o sencillamente no florecen, se clasifican como variedades sensibles al fotoperiodo. A las variedades insensibles a estos cambios en la duración de horas luz por día se les conoce como reacción neutra al fotoperiodo.

d) Por el hábito de crecimiento

Quizás es una de las características más importantes para clasificar variedades desde el punto de vista agronómico. Sin embargo, existen varias clasificaciones empíricas que se superponen unas a otras. Es común escuchar hablar de frejoles arbustivos, volubles, erectos, postrados. Morfológicamente los frejoles son clasificados como determinados o indeterminados, si el meristemo terminal es reproductivo o vegetativo, respectivamente.

Esta característica es controlada genéticamente, y con base en ello y en el modo de desarrollo de la planta, el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) de Colombia Programa Frejol, ideó una clasificación que ha tenido gran aceptación. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Criterios de clasificación, según el hábito de crecimiento del frejol. CIAT Colombia 2000, Programa de Frejol.

Genética	CIAT (Colombia)		Popular	
	Simplificada	Refinada	Refinada	Simplificada
Determinado	I	I a	Arbustivo erecto	Arbustivo
		I b		
Indeterminado	II	II a	Semi trepador	Trepador
		II b		
	III	III a	Trepador	
		III b		
	IV	IV a		
		IV b		

e) Por las características del grano (semilla)

Aquí se considera cuatro criterios, el tamaño, la forma, el color y la combinación de todas estas características expresadas como clases comerciales de frejol. La clasificación por tamaño, formas y colores de grano resulta de por sí subjetiva y difícil, por lo que se ha decidido adoptar la clasificación utilizada por la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT Colombia. (URG CIAT Colombia 2000).

Tamaño de grano

Determinado por el peso de 100 granos, los materiales se clasifican en tres grupos:

- Pequeños hasta 25 g por 100 semillas
- Medianos entre 25 y 40 g por 100 semillas
- Grandes desde 40 g por 100 semillas

Otra forma de medir el tamaño es a través del calibre del grano (número de semillas en 100 gramos), llamados en algunas partes el “gramaje”. Convencionalmente podríamos agrupar así los granos según su calibre.

- Pequeños >250
- Medianos 250 – 200
- Grandes <200

Forma de grano

- Redondo
- Elíptico
- Ovoide

Color de grano

La URG admite en su catálogo descriptivo del germoplasma de frejol común, ocho grupos de colores que corresponden a siete familias de colores y dentro de cada familia incluye una gradación de tonalidades. Esta clasificación tiene en cuenta solo el color primario. La URG utiliza números para identificar cada color de grano. Los ocho colores se detallan a continuación.

1.- Blanco, 2.- Crema, 3.- Amarillo, 4.- Pardo o marrón, 5.- Rosado, 6.- Rojo, 7.- Morado y 8.- Negro.

f) Clase comercial (combinación de todas las características de grano)

En los países de Latinoamérica se usan nombres genéricos que identifica un frejol con granos de características (color, brillo, tamaño y forma) determinadas. Las especificaciones para estas “clases comerciales” pueden ser muy estrictas, como es el caso de aquellos que se comercializan en mercados exigentes. La clase comercial es también un criterio de clasificación de las variedades.

En el cuadro 5 se reflejan las principales clases comerciales de frejol.

g) Por su origen

En el frejol existen dos grandes grupos de germoplasma derivados de los acervos genéticos (gene pools), Mesoamericano y Andino. En 1991 estos acervos fueron divididos en seis razas. El acervo Andino se constituyó por las razas Nueva Granada, Chile y Perú, mientras que el Mesoamericano quedó integrado por las razas Durango, Jalisco y Mesoamérica.

Muchas variedades tienen su origen en cruzamientos simples o complejos entre genotipos de diversas razas; aun así sus características generales hacen que se las ubique dentro de un complejo racial.

Cuadro 5. Acervo genético y razas de las principales clases comerciales de frejol. Voyset 2000.

Acervo	Razas	Clase comercial
Mesoamericano	Mesoamérica	Negro
		Carioca
		Jalinho
		Mulatinho
		Rojo pequeño
		Blanco pequeño
	Durango	Pinto
		Bayo Mesoamericano
		Great Northern
		Flor de Mayo
		Ojo de Cabra
		Rojo
		Pink
	Nueva Granada	Calima
		Cranberry
		Dark Red Kidney
		Light Red Kidney
		Alubia
		Azufrado
		Manteca-Jalo
		Radical

El cuadro 6 muestra una descripción generalizada de los patrones de variación en los acervos genéticos y razas de frejol.

Cuadro 6. Descripción resumida de los patrones de variación en los acervos genéticos y razas de frejol. Voyset 2000.

Acervo	Mesoamericano						Andino				
Raza	Mesoamérica				Durango	Jalisco	Nueva Granada			Chile	Perú
Hábito	I	II	III	IV	III	IV	I	II	III	III	IV
Tamaño de la semilla	Pequeña				Mediana		Mediana y grande				
Rendimiento (t/ha)	3,0	4,5	5,0	6,0	5,0	6,0	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Maduración (dds)*	80	90	100	140	110	140	100	100	130	210	250
Adaptación	Tierras bajas				Tierras altas		Altitud mediana				Tierras altas

*(dds) días después de la siembra.

10. Bibliografía

AGROSALUD. 2008. **Conceptos Generales sobre la Biofortificación**. Taller Nacional de Biofortificación. Proyecto AgroSalud,

BEEBE S. y AGROSALUD. 2005, **Conceptos Generales sobre la Biofortificación, Calidad Nutricional y Consumo de Frejol en el Mundo**. CIAT Cali Colombia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) 1997. **Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico**. Publicación CIAT N° 241. Bogotá Colombia.

http://jardinactual.com/menu-revista-articulos/231-Partes_de_una_planta:_la_semilla

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA) 2010. **Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central**. Proyecto Red de Innovación Agrícola. Nicaragua y Managua. www.redsicta.org

INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR (IBCE). 2011. **Frejol Común, Perfil de Mercado, Exportaciones Mundiales 2010 y Exportaciones Bolivianas**. Edición N° 6/2011. Santa Cruz Bolivia.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2008. **Producción Mundial de Frejol en el año 2007**. Roma Italia.

PROFRIZA. 1996. **Variedades de Frijol Liberadas por los Programas Nacionales de Bolivia, Perú y Ecuador, período 1988-1995**. INIAP, INIA, VAGRUM. Quito, Ecuador. 52 p.

UNIDAD DE RECURSOS GENETICOS, CIAT Colombia 2000. **Clasificación de frejol según descriptor de grano**. CIAT Colombia.

VOYSET O. 2000. **Mejoramiento Genético del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**. Legado de Variedades de América Latina 1930-1999. CIAT Cali Colombia.



EL CULTIVO DE FREJOL EN BOLIVIA PRODUCCIÓN Y LIMITACIONES (Segunda Parte)

1. Introducción

Bolivia es parte del centro de origen del género *Phaseolus*, pero como una alternativa de cultivo mejorado, el frejol se introdujo a Bolivia en 1979, específicamente al Departamento de Santa Cruz. Esta introducción fue realizada por la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), mediante su Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito (IIA El Vallecito), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT-Colombia) y el apoyo constante de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) en Bolivia.

El objetivo de introducir el frejol en Santa Cruz fue de involucrar a Bolivia en la producción de un alimento que contribuya a mejorar los estándares nutricionales de los consumidores y proporcionar al agricultor nuevas opciones de ingreso y el mejor uso del suelo (Ruiz & Pachico, 1999).

Gracias a este trabajo conjunto, en la época de invierno 2011 (campana invierno 2011) en el departamento de Santa Cruz, este cultivo tiene carácter expansivo, la mayor superficie de siembra en los llanos orientales es en la época de invierno llegando a cubrir aproximadamente 85% de toda el área sembrada en Bolivia, como se puede apreciar en la figura 19.

2. Zonas de producción en Bolivia

El frejol arbustivo (arbolito) y voluble (trepador) es posible producir en toda Bolivia, por las características biogeográficas y las zonas agroecológicas que tiene, para una mejor comprensión es posible dividir en tres zonas agroecológicas que son el altiplano, valles interandinos y los llanos, según el mapa de Bolivia . (Figura 20).

En la región fría específicamente en los departamentos de Oruro, Potosí y las zonas altas de La Paz, la producción de frejol arbustivo es muy restringido, debido a las bajas temperaturas que se registran, pero en algunos microclimas del departamento de Potosí y La Paz, como por ejemplo Tinguipaya, Puna y otros en el departamento de Potosí, es posible producir frejoles arbustivos y volubles con resultados satisfactorios especialmente frejoles de origen andino como la variedad Rojo Oriental, estas afirmaciones son el producto de los ensayos establecidos por instituciones como PRONALAG y MEDA 2002.

En el departamento de Oruro no se tienen experiencias en la producción de frejol arbustivo. En cambio los frejoles volubles especialmente los frejoles nativos y los parientes silvestres del género *Phaseolus* conocido vernaculamente con los nombres de chuy y pallares, están mejor adaptados en las zonas altas y valles interandinos de Bolivia, debido a que su centro de origen comprende estas zonas.

En la zona de los valles interandinos de Bolivia, es posible la producción de frejol a nivel comercial, tanto de frejol arbustivo como voluble, las zonas más destacadas en los valles de Cochabamba incluyen a Mizque, Totorá y otros; en los valles de Chuquisaca, se tiene referencia de Monteagudo, Padilla, Guacareta, Supachuy, Tarabuco, Villa Serrano, Camargo entre otros. En los valles de Tarija, Yacuíba, Entre Ríos, Palos Blancos, Caraparí y otros; en los valles del departamento de La Paz, Luribay y en la época de invierno toda la zona interandina de La Paz; en los valles del departamento de Santa Cruz, prácticamente es posible la producción comercial de frejol arbustivo y voluble en todos los valles.

La región de los llanos, representa el mayor potencial agrícola de Bolivia, la producción de frejol arbustivo se practica desde su introducción. La mayor superficie sembrada y producción está en el departamento de Santa Cruz y con menor área sembrada en los departamentos de Pando, Beni, y La Paz; las zonas del potencial agrícola de Bolivia son prácticamente toda la llanura Chaco Beniana, seguida por los valles interandinos y con menor potencial agrícola la zona del altiplano, estas afirmaciones son ilustradas en el mapa de Bolivia 2. (Figura 20).

3. Superficie sembrada de frejol en Bolivia

Gracias al trabajo realizado por el IIA El Vallecito de la UAGRM, Programa de Frejol conjuntamente con el CIAT de Colombia y la COSUDE en Bolivia, el área sembrada de frejol (arbustivo y voluble) en Bolivia, actualmente (campana invierno y verano 2010-2012) se estima en 58.000 has, de esta superficie aproximadamente el 85% en el departamento de Santa Cruz y el resto en Tarija, Chuquisaca, Cochabamba y muy poco en La Paz, Beni y Pando.

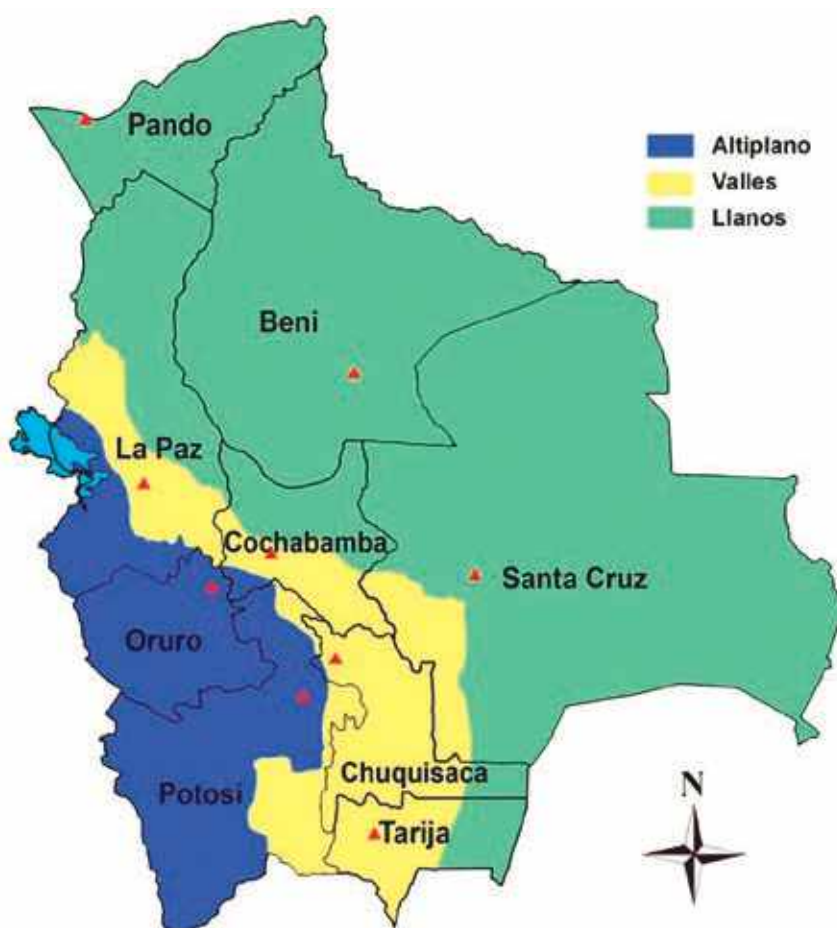


Figura 19. Mapa de Bolivia (1), zonas agroecológicas altiplano, valles y llanos.

De la superficie sembrada en el departamento de Santa Cruz (51000 has), se estima que 46.000 has se realiza en los llanos de Santa Cruz en la época de invierno o campaña agrícola de invierno, esta superficie de siembra está cubierto en su totalidad por frejoles arbustivos. Las zonas con mayor superficie sembrada son Colonia Berlín y Chané Independencia y sus alrededores, la primera ubicada en la provincia Ñuflo de Chávez municipio de San Julián y la otra en la provincia Obispo Santisteban municipio de Fernández Alonso; otras zonas con me-

nor superficie son Cuatro Cañadas, Los Troncos, San Pedro, Sagrado Corazón, Okinawa I, Ayacucho, Santa Rosa del Sara y otros; como se puede observar en la figura 21 y el mapa número 3.

Las restantes superficies de cultivos son sembradas en la zona de los valles interandinos en la época de primavera en microclimas donde se tiene riego y en verano en zonas donde se cultiva a secano, en algunos casos también existe riego.



Figura 20. Mapa de Bolivia (2), ilustración de las épocas de siembra de frejol, verano e invierno, según el Programa Frejol, IIA El Vallecito, 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Es bueno indicar que en la zona de los valles se siembra frejoles arbustivos y volubles (trepadores), este último es ampliamente sembrado en el municipio de Comarapa (variedad Blanquiscal).

En los valles es donde se siembra frejol arbustivo en mayor superficie, incluye los municipios de Samaipata, Mairana, Pampa Grande, Vallegrande, El Trigal, Lagunillas. Es oportuno señalar que la producción de frejol en los valles en su mayoría está destinado para semilla, estas afirmaciones se pueden apreciar en la ilustración de las principales zonas de producción de frejol en el departamento de Santa Cruz, como se observa en el mapa 3.

Además en la época de verano también se siembra en la zona de Cordillera o la zona del chaco boliviano, por ejemplo en verano del 2013 en el municipio de Gutiérrez se estima que se sembró aproximadamente 500 has de frejol arbustivo con resultados regulares.

Los frejoles volubles en Bolivia se cultivan en los valles interandinos, en la época de primavera y verano, específicamente en regiones donde existe riego, en cambio los frejoles arbustivos se cultivan en Bolivia, en los valles interandinos y en la zona de los llanos; es decir, los frejoles arbustivos se siembran en primavera en zonas donde existe riego, en verano en los valles con riego y a secano, pero en la zona de los llanos se cultiva en la época de invierno y a secano. (Figura 24-25).

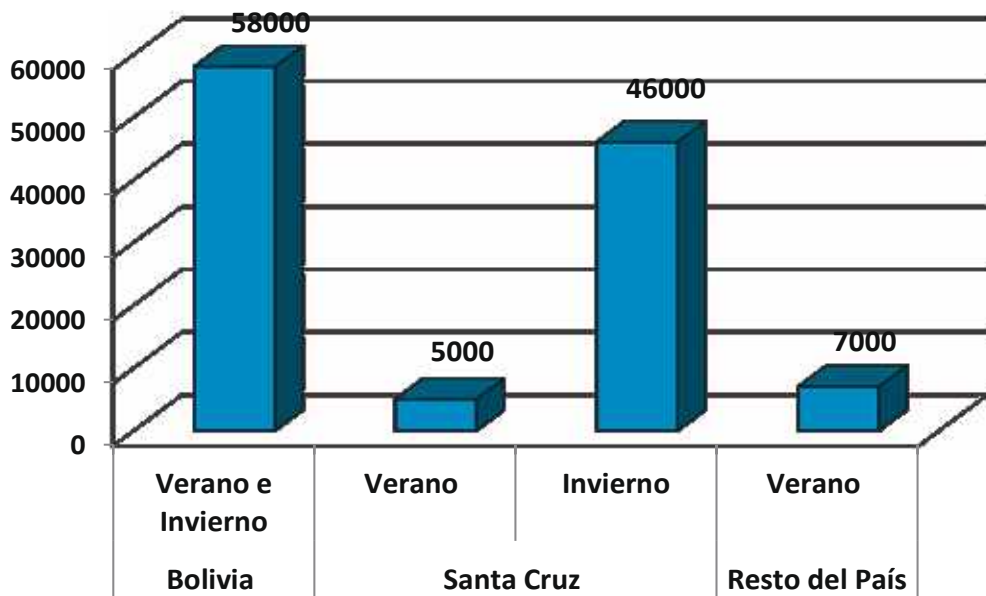


Figura 21. Superficie sembrada (ha) de frejol en Bolivia, Santa Cruz y campañas agrícolas. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Elaboración propia). (Choque V. & Padilla J.).

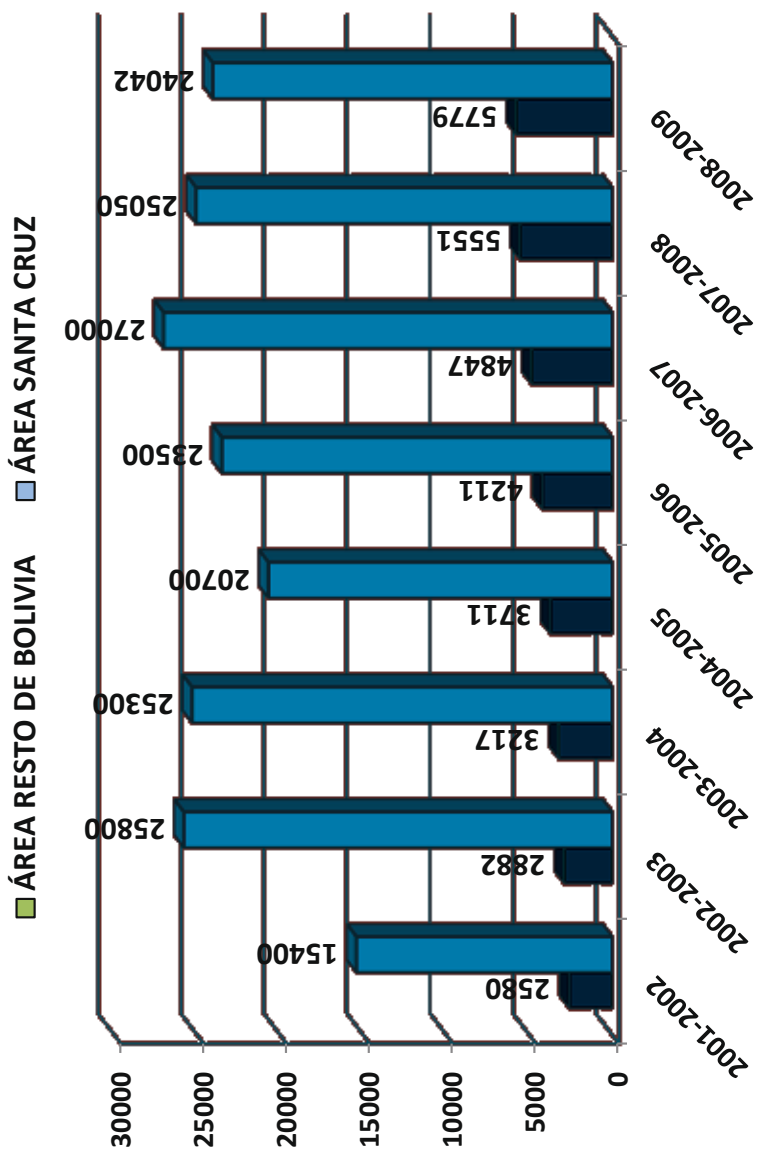


Figura 22. Superficie sembrada (ha) de frejol en Bolivia y Santa Cruz. Programa Frejol, IIA El Valleito 2012. (Figura elaborado con datos de la CAO 2012). Choque V. & Padilla J. (e), dato estimado por el autor con referencias de INIAF semillas Santa Cruz y otras instituciones.



Figura 23. Mapa del departamento de Santa Cruz (3), representación aproximada de las principales zonas de producción de frejol, siembra verano e invierno. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 24. Producción de frejol voluble (trepador variedad Blanquiscal), zona de los valles interandinos de Bolivia. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 25. Producción de frejol arbustivo, zona de los valles interandinos y Llanos de Bolivia. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

4. Sistemas de producción

Los sistemas de producción de frejol practicado por los agricultores en Bolivia, de manera preliminar se pueden clasificar en:

- siembra de frejol en el sistema “chaqueado” o manual,
- siembra de frejol asociado con otros cultivos,
- siembra de frejol semimecanizada
- siembra directa.

El sistema de producción en “chaqueado” o manual consiste en producir en suelos habilitados bajo el desmonte de “roza y quema”, normalmente en pequeñas superficies realizadas por agricultores ubicados en zonas de colonización espontánea o dirigida, donde no es posible realizar trabajos con maquinaria agrícola, este sistema de producción está ingresando paulatinamente a la producción semimecanizada de frejol. (Figura 26-27).

La siembra de frejol asociado con otros cultivos se practica especialmente en zonas donde la producción

está destinada básicamente al autoconsumo; en Bolivia se asocia con cultivos como el café, cítricos, frutales, yuca, caña de azúcar y en la zona sur de Bolivia los agricultores producen asociado con maíz.

Es una práctica muy beneficiosa para el aprovechamiento eficiente del recurso suelo, ayuda en el manejo de insectos dañinos, manejo de malezas y sobre todo en el manejo de las principales enfermedades del frejol. Por ejemplo la producción de frejol asociado con yuca es posible realizar en dos fases del cultivo de la yuca al inicio y al final del ciclo, como también en los frutales. Figura (28-29).

El sistema de siembra o producción semimecanizado se practica en las diferentes zonas de producción, pero con mayor frecuencia en la zona de los valles y Cordillera, donde la preparación de suelos se realiza de forma mecanizada y el resto de las labores en forma manual, como es la aplicación de pesticidas, porque en la mayoría de los casos especialmente en la producción de frejol voluble (trepador) y la cosecha de frejol, bajo el sistema semimecanizado, es decir el arrancado se realiza de forma manual y la trilla con la ayuda de un equipo mecánico. (Figura 30-31).



Figura 26. Siembra de frejol, en forma manual, practicado en diferentes zonas de Bolivia, tanto en la zona de los valles como en los llanos. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 27. Cultivo de frejol, en suelos habilitados manualmente (chaqueado) practicado en la zona de los llanos y Cordillera. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 28. Cultivo de frejol asociado con yuca, practicado en las diferentes zonas de producción en los llanos de Bolivia. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 29. Cultivo de frejol asociado con maíz, practicado en la zona del chaco boliviano. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 30. Siembra de frejol semimecanizada (preparación de suelos con maquinaria agrícola y siembra manual con matracas), practicado en diferentes zonas de producción. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 31. Cultivo de frejol trepador, siembra semimecanizada (arada, surqueado y siembra manual) practicado en la zona de los valles. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

La siembra de frejol mecanizado o producción mecanizada, la realizan los agricultores que tienen maquinaria agrícola o tienen la capacidad de alquilar, gran parte de la producción comercial se realiza bajo este sistema. Básicamente en la zona de los llanos en la época de invierno, aunque en muchos casos en la etapa de cosecha se debe realizar el arrancado en forma manual y la trilla con equipos mecánicos.

Actualmente en el cultivo de frejol, se practica la producción bajo la siembra directa, especialmente en la época de invierno donde el área sembrada es mayor y las lluvias que se registran en esta época cada vez son más escasas. (Figura 32-33).

5. Épocas de siembra

Las épocas de siembra del frejol arbustivo y voluble a nivel comercial para toda Bolivia, según el IIA El Vallecito por medio del Programa de Frejol (PROFRIZA y PRONALAG 2011), señala que se puede dividir en dos épocas:

- La siembra en la época de primavera-verano en el altiplano y los valles interandinos.
- En la zona de los llanos en la época de otoño-invierno

La siembra de frejol en primavera-verano varía según la zona de producción, pero en la mayoría de los casos se inicia desde mediados del mes de septiembre hasta enero, esta variación depende particularmente de la disponibilidad de agua. En zonas donde se dispone de agua para el riego, la siembra se realiza desde mediados del mes de septiembre y va retrasándose dependiendo del inicio de las lluvias que se registran en las diferentes zonas de producción de frejol, por ejemplo en la zona sur del chaco boliviano (Lagunillas, Gutiérrez, Monteagudo, y otras zonas) normalmente la siembra se realiza entre los meses de diciembre e inicios de enero.

La siembra de otoño-invierno en la zona de los Llanos depende exclusivamente de las precipitaciones

o de la humedad acumulada durante la época de lluvias.

Actualmente (2011), la siembra de frejol en los llanos del departamento de Santa Cruz en la época de invierno varía desde inicios del mes de abril en la zona de Colonia Berlín y alrededores (Municipio de San Julián), hasta mediados de mayo en la zona de Chané Independencia, San Pedro, Colonia Piraí, Hardeman y zonas aledañas (provincia Obispo Santisteban). Estas fechas en la década de los 90' variaban entre mayo y junio, pero con el paso de los años, las fechas de siembra de frejol arbustivo en las zonas citadas fueron adelantándose debido a que las precipitaciones paulatinamente se redujeron, probablemente por el cambio climático.

En la zona este de Santa Cruz, (Chiquitania y toda la zona del escudo precámbrico), se sugiere la siembra de frejol a inicios del mes de marzo, debido a que en la zona, la cantidad de lluvia se reduce en la época de invierno, esta afirmación se hace en virtud a que el Programa de Frejol del IIA El Vallecito viene realizando pruebas de siembra en diferentes localidades de esta zona.

6. Densidad y profundidad de siembra

En frejoles arbustivos, la densidad de siembra varía de acuerdo al sistema de producción, la variedad de frejol y el tamaño de las semillas que tiene cada variedad. En el sistema “chaqueado” la densidad de siembra es aproximadamente 50 cm entre surcos y 5 a 7 hoyos por metro lineal dejando caer de 1 a 3 semillas por golpe (hoyo) independientemente de la variedad y tamaño de semilla, con esta densidad se obtiene una población aproximada de 200.000 plantas por hectárea.

En el sistema semimecanizado donde la siembra se realiza con la ayuda de animales (bueyes) en la zona de los valles interandinos, la distancia entre surcos varía entre 55 a 60 cm y se deja caer entre 10 a 12 semillas por metro lineal, con esta densidad de siem-

bra se logra obtener una población aproximada de 215.000 a 220.000 plantas por hectárea. En el sistema mecanizado la distancia entre surcos varía de 40 a 50 cm y de 10 a 14 semillas por metro lineal, en variedades de frejol que tienen semillas de tamaño grande (variedad rojo oriental), la siembra se debe realizar entre 10 a 12 semillas por metro lineal con el objetivo de obtener una población aproximada de 250.000 plantas por hectárea; en variedades de frejol de semilla pequeña y mediana (variedad Perla Oriental) la cantidad de semillas varía de 12 a 15 por metro lineal, para tener una población aproximada de 280.000 plantas por hectárea. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Descripción resumida de los sistemas de producción, densidad de siembra y población de plantas por hectárea que se practica en zonas de producción de frejol. PRONALAG 2009.

Sistema de producción de frejol arbustivo	Densidad de siembra y otras labores	Tamaño de semilla y otros	Población aproximada por hectárea
Chaqueado	Distancia entre surcos 50 cm	Pequeño y grande	200.000 plantas
	Nº de hoyos por metro lineal en siembra	Pequeño y grande, de 5 a 7 hoyos por metro lineal	
Semimecanizado	Distancia entre surcos 55 a 60 cm	Pequeño y grande	215.000 a 220.000 plantas
	Nº de semillas por metro lineal	Pequeño y grande de 10 a 12 semillas por metro lineal	
Mecanizado	Distancia entre surcos 50 cm	Pequeño y grande	280.000 plantas
	Nº de semillas por metro lineal	Pequeño de 12 a 15 semillas por metro lineal	
	Nº de semillas por metro lineal	Grande de 10 a 12 semillas por metro lineal	
Sistema de producción de frejol voluble	Distancia entre surcos 80 a 100 cm	Semilla de tamaño grande	Aproximadamente se tiene 12.000 a 15.000 plantas, pero las plantas presentan de 3 a 4 guías
	Nº de hoyos por metro lineal en siembra	3 hoyos por metro lineal y dos semillas por hoyo	

En frejoles volubles (trepadores) antes de la siembra se realiza el “surqueado” (que se puede realizar con tractor o con la ayuda de animales), la distancia entre surcos varía entre 80 a 100 cm, posteriormente se realizan los hoyos a media altura del surco en número de 3 hoyos por metro lineal, una vez realizado éstos, se dejan caer dos semillas por hoyo para posteriormente realizar el tapado de las semillas (en algunos casos se practica el transplante).

Para esta labor, la siembra se efectúa en bandejas plásticas con sustrato preparado y una vez emergida la plántula se realiza el transplante a los diez días de la siembra aproximadamente. La densidad en frejoles volubles no presenta variaciones, debido a que se siembra una sola variedad que es Blanquiscal,

además la siembra de esta variedad se realiza solo en la zona de los valles, con mayor superficie sembrada en la provincia Manuel María Caballero del departamento de Santa Cruz.

La profundidad de siembra recomendada es 3 a 5 cm, está sujeta al contenido de humedad en el suelo, cuando la humedad de suelo está en capacidad de campo (apto para la siembra), la profundidad de siembra puede oscilar alrededor de los 3 a 4 cm; en cambio, en suelos donde la humedad está por debajo de la capacidad de campo (suelos con poca humedad) la profundidad de siembra se debe realizar aproximadamente 5 a 7 cm especialmente en zonas donde la siembra se realiza con la ayuda de animales (bueyes y otros).



Figura 32. Producción de frejol mecanizada practicado en la zona de los Llanos de Bolivia. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 33. Producción de frejol bajo siembra directa, practicado en la zona de los Llanos en la época de invierno. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

7. Variedades de frejol en Bolivia

Las variedades cultivadas de frejol son diversas, teniendo diferentes características como tamaño de grano, color de grano, forma de grano, ciclo del cultivo y el hábito de crecimiento. (Cuadro 8).

Cuadro 8. Descripción resumida de las principales características agronómicas de las variedades comerciales de frejol, que se cultivan en Bolivia. Según Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012.

Tipo Varietal	Nombre de la variedad comercial	Arbustivo o Voluble	Hábito de crecimiento	Color de grano	Tamaño de grano
Negro	Bat 76	Arbustivo	II	Negro	Pequeño
	Ica Pijao		II	Negro	Pequeño
	Negro Bonito		II	Negro	Pequeño
	Negro Chané		II	Negro	Mediano
	Negro Sen (sequía)		II	Negro	Mediano
Carioca	Carioca Mairana		IIb	Crema Jaspeado	Mediano
	Perla Oriental		IIb	Crema Jaspeado	Mediano
Red Kidney	Quarenton		III	Rosado	Grande
Radical	Rojo Tinto		I	Rojo Tinto	Grande
Calima	Rojo Oriental		I	Rojo Moteado	Grande
	Fortaleza		I	Rojo Moteado	Grande
	Rojo Cativo		I	Rojo Moteado	Grande
Canario	Manteca		III	Amarillo	Grande
Jalinho	Mantequilla Mairana		IIb	Amarillo	Pequeño
Blanco	Blanco Othebo		I	Blanco	Mediano
Fabada	Blanquiscal	Voluble	IV	Blanco	Grande

7.1. Características principales de las variedades de frejol

Cuadro 9. Descripción resumida de las principales características fenológicas, componentes de rendimiento de las variedades comerciales de frejol que se cultivan en Bolivia. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Elaboración propia). (Choque V. & Padilla J.).

Nombre de la Variedad	Días a Floración	Días a madurez de cosecha	Ciclo de Maduración	Color de Semilla	Peso de 100 Semillas (g)	Rendimiento en kg/ha
Bat 76	40 a 45	85 a 90	Intermedio	Negro	20 a 23	1500 a 2500
Ica Pijao	40 a 45	85 a 90	Intermedio	Negro	20 a 23	1500 a 2500
Negro Bonito	38 a 45	85 a 90	Tardío	Negro	20 a 24	1300 a 2500
Negro Chané	40 a 48	90 a 95	Tardío	Negro	23 a 27	1500 a 2800
Negro Sen (Sequía)	38 a 43	82 a 87	Precoz	Negro	24 a 29	1500 a 2500
Carioca Mairana	40 a 45	90 a 95	Tardío	Crema jaspeado	22 a 26	1500 a 2500
Perla Oriental	42 a 47	90 a 95	Tardío	Crema jaspeado	24 a 28	1500 a 2500
Quarenton	35 a 40	85 a 90	Precoz	Amarillo	50 a 55	800 a 1000
Rojo Tinto	35 a 40	75 a 80	Precoz	Rojo	60 a 70	800 a 1500
Rojo Oriental	40 a 45	85 a 90	Intermedio	Rojo moteado	55 a 65	1300 a 2200

Continuación Cuadro 9

Nombre de la Variedad	Días a Floración	Días a madurez de cosecha	Ciclo de Maduración	Color de Semilla	Peso de 100 Semillas (g)	Rendimiento en kg/ha
Fortaleza	38 a 43	80 a 85	Intermedio	Rojo moteado	57 a 67	1000 a 1600
Rojo Cativo	40 a 45	85 a 90	Intermedio	Rojo moteado	55 a 65	1300 a 2200
Manteca	40 a 45	90 a 95	Intermedio	Amarillo	40 a 45	800 a 1000
Matequilla	45 a 50	95 a 100	Tardío	Amarillo	20 a 25	1500 a 2000
Blanco Othebo	38 a 45	80 a 85	Precoz	Blanco	26 a 32	1500 a 2000
Blanquiscal	45 a 60	100 a 120	Tardío	Blanco	80 a 100	1000 a 3000

Las principales características de las variedades cultivadas en Bolivia y particularmente en Santa Cruz, pueden presentar variaciones especialmente en el ciclo y componentes del rendimiento, dependiendo de las condiciones climáticas, suelo, manejo del cultivo y la época de siembra. Por lo tanto, lo que se presenta en el siguiente cuadro son promedios aproximados de campos de producción comercial de las principales zonas de producción.

Cuadro 10. Reacción de las variedades de frejol a las principales enfermedades de frejol en las zonas de producción en Bolivia y Santa Cruz.

Nombre de la variedad	Roya	Mancha Angular	Antracnosis	Oidium	Bacteriosis común	Mancha Húmeda
Bat 76	T	T	T	T	T	R
Ica Pijao	T	T	S	T	S	R
Negro Bonito	T	T	T	T	T	R
Negro Chané	R	T	S	R	T	R
Negro Sen (Sequia)	R	R	T	T	T	R
Carioca Mairana	R	S	T	T	T	T
Perla Oriental	T	T	S	T	S	T
Quarenton	S	T	T	S	S	T
Rojo Tinto	S	T	T	S	T	T
Rojo Oriental	T	T	R	S	T	T
Fortaleza	S	T	T	S	T	T
Rojo Cativo	T	T	T	S	T	T
Manteca	S	T	T	S	T	T
Mantequilla	R	S	T	T	T	T
Blanco Othebo	S	S	T	S	S	T
Blanquiscal	S	T	T	T	T	S

S; Susceptible; T; Tolerante; R; Resistente.

Roya: *Uromyces appendiculatus* (Ured., Pucciniaceae).

Mancha Angular: *Phaeoisariopsis griseola* (Mon., Stilbaceae).

Antracnosis: *Colletotrichum lindemuthianum* (Mela., Melanconiaceae).

Oídio: *Erysiphe polygoni* (Ery., Erysiphaceae).

Bacteriosis común: *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*; *X. campestris* pv. *Phaseoli* (Pseu., Pseudomonadaceae).

Mancha húmeda: *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Pseu., Pseudomonadaceae).

7.2. Variedades comerciales de frejol (color, forma y tamaño de semillas)

En Bolivia y específicamente en el departamento de Santa Cruz se cultivan diferentes variedades de frejol con diversos colores, tamaño y forma de la semilla. La siembra de una u otra variedad, depende de las condiciones climáticas de cada zona de producción y el mercado, por ejemplo la variedad Blanquiscal solo es posible sembrar en la zona de los valles interandinos no así en la zona de los llanos, en cambio las demás variedades es posible sembrar tanto en la zona de los valles como en los llanos de Bolivia, a continuación se presenta fotografías de las semillas de las diferentes variedades. (Figuras 34 a 38).

8. Factores que afectan la producción

Los factores que afectan la producción de frejol, según PRONALAG 2009, se pueden dividir en dos grupos (abióticos y bióticos). El grupo abiótico incluye el agua, temperatura, fotoperíodo y reacción química del suelo (pH); los factores bióticos son insectos plaga, microorganismos que provocan enfermedades y las malezas o plantas indeseables en el cultivo.

8.1. Factores abióticos

8.1.1. Temperatura

De igual forma el PRONALAG 2009, señala que el frejol es una planta anual herbácea, cultivada desde los trópicos hasta las zonas templadas, se caracteriza por ser termófila (no soporta heladas), en la época de verano e invierno, cuando las temperaturas bajan alrededor de los 10°C se observan quemaduras en las hojas y vainas, llegando en algunos casos a caerse los botones florales, flores y las vainas con menor desarrollo, estos casos fueron observados en la época de invierno del 2010, en las instalaciones del IIA El Vallecito y en menor grado en las zonas “frejoleras” de Santa Cruz.

En la campaña de invierno del 2013, se observaron daños similares y mayor daño en las hojas en campos comerciales, especialmente en siembras consideradas tardías, porque en invierno 2013 las bajas temperaturas fueron acompañadas con vientos del sur.



Figura 34. Variedades de frejol (color y tamaño del grano). Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 35. Variedades de frejol: color y tamaño del grano. Programa Frejol IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 36. Variedades de frejol: color y tamaño del grano. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 37. Variedades de frejol: color y tamaño del grano. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 38. Variedades de frejol: color y tamaño del grano. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Las plantas de frejol se desarrollan muy bien entre los 18 a 27°C, siendo lo ideal 20 a 25°C, pero estas condiciones a nivel de Bolivia, específicamente en las principales zonas de producción (Chané Independencia, San Julián, San Pedro, Colonia Berlín y otras zonas) no se encuadran en estos datos, ya que la temperatura promedio en la época de invierno oscila alrededor de los 27°C. (Figuras 39-40).

En general, tanto las altas como las bajas temperatura alteran la velocidad de las reacciones químicas, los cambios de estado del agua, cambios en la estructura y actividad de las macro moléculas, las funciones asociadas a la membrana y la actividad enzimática. Los efectos de la temperatura sobre cada uno de los procesos determinan su efecto global sobre el crecimiento de la planta; las bajas temperaturas disminuyen el crecimiento e incluso pueden causar la muerte al disminuir la velocidad de las reacciones enzimáticas afectando los procesos fisiológicos.

A medida que la temperatura aumenta, también lo hace la velocidad del crecimiento vegetal hasta alcanzar un valor óptimo, por encima del cual un aumento de temperatura provoca un efecto contrario.

La principal razón de este fenómeno, es el efecto de la temperatura sobre las reacciones enzimáticas pues a medida que la temperatura aumenta se incrementa la energía cinética de las moléculas aumentando la velocidad de las reacciones; sin embargo, si la temperatura aumenta demasiado, se alteran los procesos fisiológicos al producirse una desnaturalización de las enzimas y desorganización de algunas estructuras celulares.

En cambio, las bajas temperaturas afectan los procesos fisiológicos disminuyendo la velocidad de las reacciones enzimáticas. Una disminución de pocos grados produce un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Los efectos de la temperatura sobre cada uno de los procesos determinan su efecto global sobre el crecimiento de la planta; en general, las bajas temperaturas reducen todas las etapas del ciclo de vida de las plantas.

Esta es una de las razones del porqué no se cultiva frejol en la zona de los llanos en la época de verano, al contrario en esta época se cultiva en la zona de los valles interandinos de Bolivia.

Figura 39. Cultivo de frejol afectado con bajas temperaturas y vientos del sur, campaña de invierno 2013 en la zona de los llanos. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).





Figura 40. Vainas de frejol afectado por las bajas temperaturas (vainas de la izquierda afectado por heladas), zona de los Valles de Santa Cruz (Moro Moro), campaña verano 2009. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

8.1.2. Requerimiento de agua

PRONALAG (2009), indica que el requerimiento de agua durante el ciclo del cultivo de frejol oscila entre los 350 y 400 mm, bien distribuidos. Los periodos críticos, en los que no debe faltar agua en el suelo son en la prefloración, floración, inicio del crecimiento de vainas y llenado de granos. Si el cultivo sufre la falta de agua en algunas de estas etapas, el rendimiento final se verá severamente disminuido, porque la falta de agua en estas etapas reduce el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, además si ocurre antes que la planta llegue a la madurez fisiológica (llenado de grano), se reduce el peso de los mismos. (Figura 41-42).

Este factor (la falta de agua), ha provocado que en la época de invierno en la zona de los llanos, las fechas de siembra se adelanten continuamente, actualmente (2013) la sugerencia que realiza el Programa Frejol del IIA El Vallecito, es sembrar a partir de la segunda quincena del mes de marzo, lo que en los años noventa fue

el mes de mayo, el adelanto en la época de siembra en las zonas de producción de frejol tiene como propósito aprovechar el agua acumulada en el suelo de la época de verano y las pocas lluvias que se registran en los meses de invierno.

El exceso de agua o el “encharcamiento” provocan el marchitamiento de las plantas de frejol, en zonas donde existe exceso de humedad se puede observar plantas amarillentas, este síntoma es producto de la ausencia de oxígeno en la zona radicular de la planta. (Figura 43).

8.1.3. Fotoperiodo

En cuanto a los niveles de sensibilidad a la duración del día, hay mucha variación entre variedades, en general el frejol es muy sensible a la duración del día o fotoperiodo. Los días cortos tienden a acelerar el desarrollo reproductivo, por ser una planta de días cortos.



Figura 41. Plántula de frejol con déficit de agua, zona de Cordillera, verano 2012. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 42. Plantas de frejol con déficit de agua en la etapa de prefloración, zona de Cordillera, campaña verano 2013. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 43. Plantas de frejol con exceso de agua (encharcamiento), localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol IIA El Vallecito (Choque V., Díaz J. L. & Padilla J.).

Así mismo, los efectos del fotoperíodo afectan otras características tales como el grado de ramificación, la elongación de los tallos y la duración de la etapa del llenado de vainas, estos factores no fueron estudiados con mucha precisión en Bolivia, particularmente en las zonas de mayor producción de frejol.

La siembra de frejol en la zona de los valles interandinos de Bolivia se realiza en la época de primavera y verano, esta siembra de los valles se realiza en función a las temperaturas altas que se registran (18 a 28°C), en la época de invierno la mayor superficie de siembra se realiza en la zona de los llanos, esta siembra también está en función a las bajas temperaturas que se registran en esta estación del año (18 a 30°C).

Por lo tanto, la siembra de frejol en Bolivia en la época de primavera, verano e invierno básicamente obedece a las temperaturas que se registran en las diferentes zonas de producción de frejol, probablemente no así por el fotoperíodo.

8.1.4. Suelo

El frejol se desarrolla mejor en suelos con pH de 6 a 7,5 y como miembro de la familia leguminosa, es sensible a la toxicidad de aluminio y manganeso, además requiere suelos bien drenados con una fertilidad media, preferentemente en suelos francos a franco arcillosos. (Figura 44).

En Bolivia en todas las zonas de producción de frejol, los suelos reúnen estas condiciones, excepto la zona del trópico de Cochabamba, zona del Chapare que presenta suelos más ácidos y la zona de la provincia Ichilo del departamento de Santa Cruz, en otras zonas de producción de frejol no se ha presentado dificultades por problemas de acidez del suelo, pero se debe señalar que el frejol no tolera encharcamiento, cuando ocurre este fenómeno las plantas se vuelven amarillentas y posteriormente ocurre la muerte, las afirmaciones se sustentan en las figuras que se presentan a continuación (Figura 44 y 45).

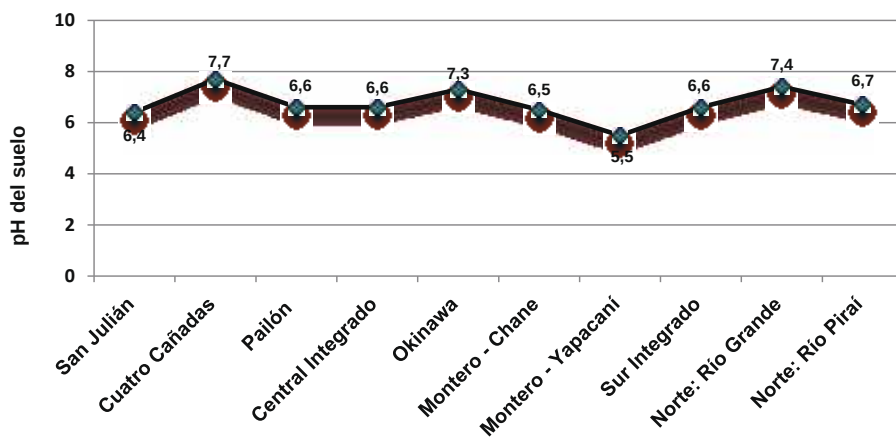


Figura 44. Representación grafica del pH de suelo, de las principales zonas productivas de Santa Cruz, Base de datos del PIEN Suelos (CIAT y ANAPO, 2005 - 2007), citado por Peña E. 2009.

Es bueno aclarar que en muchas zonas de producción agrícola existe manchas de sal denominados salitres (elevada conductividad eléctrica), el desarrollo de las plantas en estas manchas es reducido en todas las especies especialmente en la época de invierno, donde las lluvias son escasas y aumenta la presencia de las manchas de sal, este fenómeno es poco observado en la época de verano cuando las precipitaciones son mayores. (Figura 45-46).

Como la mayor superficie de frejol se siembra en la época de invierno en la zona de los Llanos, es afectado por la presencia de los salitres donde se observan que las plantas se secan debido a la presencia de las sales, este mal desarrollo de las plantas afecta de manera negativa el rendimiento del cultivo de frejol.

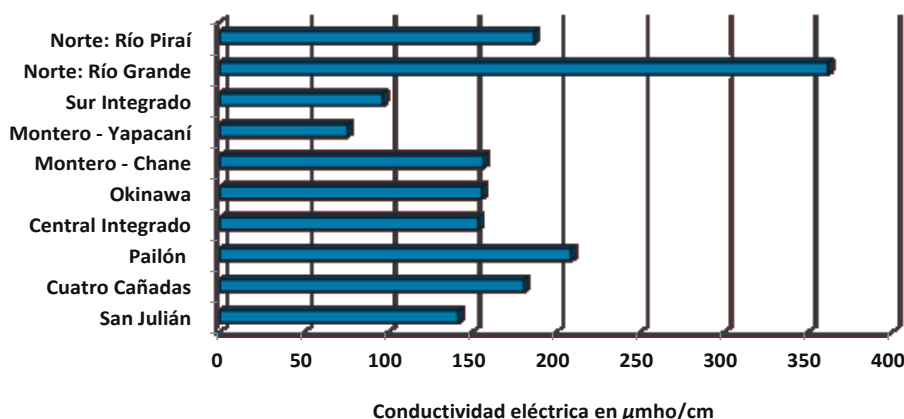


Figura 45. Representación gráfica de la conductividad eléctrica del suelo, de las principales zonas productivas de Santa Cruz. Base de datos del PIEN Suelos (CIAT y ANAPO, 2005 - 2007), citado por Peña E. 2009.

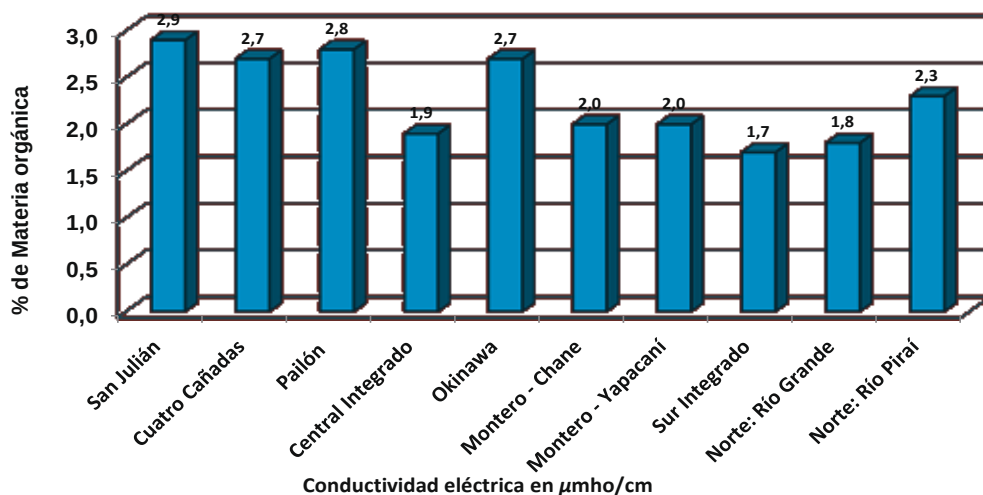


Figura 46. Representación gráfica de la materia orgánica del suelo, de las principales zonas productivas de Santa Cruz. Base de datos del PIEN Suelos (CIAT y ANAPO, 2005 - 2007), citado por Peña E. 2009.

8.2. Factores bióticos

Entre los factores bióticos que afectan la producción de frejol, según PRONALAG 2010, están los insectos plaga, microorganismos y malezas.

8.2.1. Insectos plaga

Se han reportado más de 150 especies de insectos y otros invertebrados que causan daños al frejol en América Latina, CIAT 1997. Sin embargo solo un reducido número de estas especies tiene importancia económica por el daño que causa, la naturaleza del daño o sus efectos en la producción reduciendo los rendimientos. Las especies que causan daño de consideración económica, pueden atacar la planta en cualquiera de sus estados de desarrollo, desde el momento de la siembra hasta la cosecha e incluso en granos almacenados. Estos daños se manifiestan en pérdidas en población de plantas, en las raíces, defoliación, en el tallo, botones florales, flores, vainas, granos o semillas y la succión de la savia.

En el cultivo de frejol los que causan mayor daño son las plagas del suelo, plagas del follaje y plagas

de granos almacenados. En este documento, se hará énfasis en aquellos que ocurren con mayor frecuencia en las zonas de producción de frejol. El orden de importancia de los insectos que causan daños al cultivo de frejol en Bolivia y particularmente en el departamento de Santa Cruz, puede variar en función a la zona de producción o de una campaña a otra.

8.2.1.1. Insectos que causan daños a nivel de suelo

Gusano tierrero o agrotis

Agrotis ipsilon (Lepidoptera: Noctuidae)

Importancia: Esta plaga en Bolivia es considerada de importancia en la mayoría de los cultivos, el daño que causa es en la etapa de plántula y en horas de la noche, está presente en todas las zonas de producción agrícola, con mayor incidencia en zonas y campañas agrícolas con baja humedad. (Figura 47-48).

Daños: Las larvas ocasionan el trozado de las plántulas que es irreversible, ya que las larvas cortan o trozan los tallos a nivel del suelo. Las más pequeñas raspan los tallos, debilitando la plántula.



Figura 47. Plántula de frejol con ataque del gusano tierrero *Agrotis ipsilon*, localidad Chané Independencia, (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 48. Plántula de frejol trozado por el gusano tierrero *Agrotis* sp. Localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Los adultos son mariposas (lepidópteras) de color gris y presentan en las alas anteriores marcas negras en una banda ancha transversal. Las alas posteriores son de color blanco perla, con una mancha gris o café. Las hembras ponen los huevos individualmente o en pequeños grupos en el suelo húmedo o en el follaje inferior de las plántulas. Las larvas empupan en celdas o en el suelo suelto; la pupa es de color café brillante.

8.2.1.2. Insectos que causan daños a nivel del follaje

Empoasca

Empoasca kraemer (Hemiptera: Cicadellidae)

Importancia: Este insecto se encuentra presente en todas las zonas de producción de frejol en Bolivia. Los adultos son pequeños insectos de color verde pálido de unos 3 mm de largo, con manchas blancas en la cabeza y parte anterior del tórax, se encuentran en toda la planta. Las hembras prefieren depositar sus huevos insertados en las nervaduras de las hojas tiernas. Las ninfas de *E. kraemer* emergen en 5 a 7 días después de la ovoposición, el periodo ninfal ocurre entre 10 a 15 días y se transforman en adultos en un periodo de 11 a 15 días.

El período de pre ovoposición mínimo de la hembra es de 48 horas y

llegan a depositar un promedio de 54 huevos dentro de las nervaduras de las hojas. La longevidad de los adultos varía de 14 a 86 días, con un promedio de 65 días para las hembras y 58 para los machos, CIAT 1997. Cuando la población es abundante, los adultos y ninfas se pueden encontrar en el envés de las hojas de toda la planta; sin embargo, la infestación de ninfas es más abundante en la parte baja y media de la planta. (Figura 49 a 51).

Daños: Las plántulas pueden ser atacadas después de su emergencia; donde *E. kraemer* (ninfas y adultos) se alimentan succionando la savia en el envés de las hojas, pecíolos y vainas. Como consecuencia de esta acción del insecto, las nervaduras de las hojas se distorsionan; los tejidos del margen se encrespan hacia el envés, se tornan amarillentos y después de color café; finalmente los tejidos se secan y se vuelven quebradizos.

Las hojas se caen prematuramente, las plantas se achaparran, produciendo pocas vainas con semillas pequeñas.



Figura 49. Empoasca adulto de *Empoasca kraemer*, AGRO LINK http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/cigarrinha-verde_248.html. 2012.



Figura 50. Hoja de frejol con empoasca adulto *Empoasca kraemeri*, zona de los Valles de Santa Cruz, campaña verano 2013. Programa Frejol IIA El Vallecito (Choque V. & Diaz J. L.).

Figura 51. Hoja de planta de frejol con encrespamiento por del daño causado por *Empoasca kraemeri*, localidad Chané Independencia, (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol IIA El Vallecito (Choque V. & Padilla J.).



Se considera que la fase más susceptible al ataque del insecto es desde la formación de la primera hoja trifoliada hasta la floración, seguida de la etapa de formación y llenado de vainas.

Diabrotica o Petita verde

Diabrotica speciosa (Coleoptera: Chrysomelidae)

Importancia: diabrotica y cerotoma son plagas crisomélidas, importantes en el frejol y otros cultivos, en Bolivia generalmente están presentes en soya, caupí mucuna, hortalizas y otros cultivos, especialmente al inicio del ciclo de los cultivos, es decir en la fase inicial. Se tiene la certeza que existen varias especies, pero en frejol y soya, está presente la *Diabrotica speciosa*, *Cerotoma arcuata* y *Cerotoma ruficornis*. (Figura 52).

El adulto de *D. speciosa*, vive una media 50 a 60 días, presenta coloración verde con tres manchas amarillas en el dorso y mide cerca de 6 mm de largo.

La hembra ovoposita cerca de 420 huevos aproximadamente, que se desarrollan entre 6 a 8 días, las larvas presentan tres estadios larvales entre 9 a 14 días. La pupa es de coloración blanco-lechosa se desarrolla entre 6 a 8 días.

Daños: Los adultos de diabrotica y cerotoma causan defoliación dejando orificios en las hojas más tiernas, el daño que causa es en todo el ciclo fenológico del cultivo reduciendo el área fotosintética, pero el daño más significativo ocurre en la fase inicial del cultivo, consumiendo las hojas tiernas, si existe una población muy alta puede inducir a la muerte de la plántula. (Figura 53).

Mosca blanca

Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae)

Importancia: El insecto fue reportado como una plaga importante en todas las zonas de producción de frejol y en otros cultivos en Bolivia, (soya, tomate, brasicáceas y hortalizas), causando daños en la zona de los valles, Cordillera y en los llanos de Bolivia.

En la campaña verano del 2013 fue observada una mayor población y daños en frejol en la zona de Cordillera en las comunidades del municipio de Gutiérrez. Sin embargo, la especie *B. tabaci* adquiere mayor importancia por ser un insecto vector de enfermedades virales. (Figura 54).

Figura 52. Hoja de planta de frejol con presencia de diabrotica adulta *Diabrotica speciosa*, zona de los valles de Santa Cruz, campaña verano 2013. Programa Frejol IIA El Vallecito (Choque V. & Diaz J. L.).





Figura 53. Plántula de frejol con daño severo causado por diabrotica *Diabrotica speciosa*, localidad Chané Independencia, (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Las ninfas y los adultos de la mosca blanca, al alimentarse de las plantas reducen el vigor y por consecuencia el rendimiento. Secretan una toxina donde se desarrolla un hongo que interfiere con la función fotosintética de la planta. Los adultos de la especie *B. tabaci* tienen el cuerpo de color amarillo pálido y cubierto de escama ceroso, miden 1,2 mm de largo y poseen dos pares de alas de color blanco. El ciclo biológico del insecto pasa por huevo, tres instares ninfales, pupa y adulto. La hembra deposita los huevos en el envés de las hojas tiernas. Sólo el primer instar ninfal es móvil para buscar alimento y se adhiere en el envés de las hojas. Los siguientes instares pierden movimiento, son planos, ovalados, con patas, antenas reducidas y se cubren con una capa de cera. Los adultos emergen dorsalmente de la pupa a través de una fisura en el integumento en forma de "T". El período de desarrollo de huevo a adulto varía de acuerdo a la temperatura ambiente.

Daños: Las plantas pueden ser dañadas desde su emergencia por los adultos y prácticamente por las ninfas; ambos se alimentan de las plantas succionando la savia en el envés de las hojas, lo que

ocasiona una disminución en el rendimiento. Pero la pérdida económica más importante causada por la mosca blanca ocurre con la transmisión del virus del mosaico dorado (BGMV). (Figura 55).

Minador de la hoja

Liriomyza spp. (Diptera: Agromyzidae)

Importancia: en Bolivia la *Liriomyza* spp, presentó mayor incidencia en la campaña de invierno del 2007 en las principales zonas de producción de frejol. Aunque no se cuantificaron los daños económicos sobre el cultivo, según el CIAT 1997, cuando el insecto causa daño en la etapa de plántula los daños pueden ser considerables. (Figura 56-57).

El insecto adulto es una mosca pequeña de color negro con manchas amarillas en la cabeza, mide 2 mm de largo. Los huevos son depositados en el haz y envés de las hojas, entre 100 a 500 por cada postura, son de color blanco y opaco; las larvas color crema amarillo miden de 1 a 3 mm de largo, son de forma cilíndrica con la parte anterior aguda y el extremo posterior truncado. Las pupas son de color

café, cilíndricas y permanecen debajo de la epidermis de las hojas o en el suelo. La duración de su ciclo biológico varía principalmente con la temperatura de cada zona, en regiones con temperatura de 22 a 25°C el ciclo es de 17 días.

Daños: Las larvas del insecto son las que causan el mayor daño a las plantas de frejol, al comer los tejidos entre ambas epidermis de las hojas.

Cuando se presentan ataques severos en la fase de plántula, se produce una clorosis, las plantas reducen su vigor y puede haber una defoliación prematura. En plantas adultas, el daño se observa en las hojas inferiores y generalmente no es un daño que afecte los rendimientos en poblaciones bajas.

Trips

Caliothrips phaseoli (Thysanoptera: Thripidae)

Importancia: Esta especie de *Caliothrips phaseoli* normalmente se reproduce en muchos hospedantes silvestres y cultivados, incluyendo el frejol, este insecto en Bolivia fue observado causando daños en la campaña de invierno 2006 y 2007 en la propiedad DESA en la zona de expansión de Santa Cruz y en verano del 2008 fue reportado en la zona de los valles en frejoles trepadores, en verano del 2011 este insecto fue

observado causando daño en la zona de Cordillera en todas las localidades donde fue sembrado el frejol. En la campaña de invierno del 2011 fue donde más daño causó en las principales zonas de producción de frejol del departamento de Santa Cruz (Colonia Berlín y toda la zona de Chané Independencia). (Figura 58).

Los huevos son insertados en el envés de las hojas. El adulto es de color negro con franjas blancas, las ninfas son de color blanco hialino y el tamaño de ambos es de aproximadamente un milímetro.

Daños: Las larvas y los adultos se alimentan en el envés de las hojas cotiledonales de las plántulas; extraen la savia y rompen los tejidos celulares, con lo cual se retrasa el desarrollo vegetativo. En las plantas más desarrolladas se alimentan además de las hojas, de flores y pecíolos. Las hojas con mayor daño se tornan de color café y/o plateado, pudiendo ocasionar la defoliación prematura de la planta. Pero el mayor daño ocurre en la prefloración. El daño se refleja en una considerable disminución del rendimiento. Los ataques se inician en las orillas de los cultivos, usualmente cuando el clima es cálido y seco.



Figura 54. Hoja de frejol con infestación de mosca blanca *Bemisia tabaci*. Campaña verano 2013, zona del chaco boliviano (Cordillera) campaña verano 2013. Programa Frejol IIA El Vallecito (Choque V. & Díaz J. L.).



Figura 55. Hoja de frejol con alta infestación de mosca blanca *Bemisia tabaci*. Fotografía extraída del Libro de Frejol "Plagas de Frejol en Centroamérica" Managua y Nicaragua 2010.

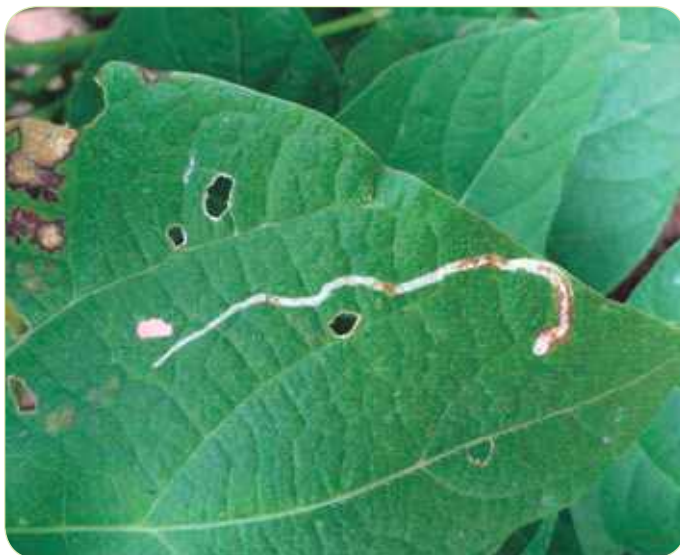


Figura 56. Hoja de frejol con daño de minador de hoja *Liriomyza* spp., zona del chaco boliviano (Cordillera), campaña verano 2013. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 57. Insecto adulto minador de hoja *Liriomyza* spp. VIA RURAL <http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/aa-insectos/caleothrips-phaseoli-01.htm> 2012



Figura 58. Hoja de frejol con daño causado por trips *Caliothrips phaseoli*, zona sur de Santa Cruz, Provincia Cordillera, campaña de verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Chinche de encaje

Corythucha sp. (Hemiptera: Tingidae)

Importancia: Este insecto fue observado en la campaña de verano del 2011 en la zona de Cordillera, con mayor incidencia en lotes de frejol sembrado cerca del bosque (monte alto), en otras zonas y otras campañas agrícolas su presencia fue observada con menor incidencia, cuando existe una mayor población de este insecto en el haz de las hojas, éstas presentan manchas cloróticas y dificultan la fotosíntesis. Se alimenta exclusivamente de plantas herbáceas y árboles. (Figura 59-60).

El adulto es pequeño y mide aproximadamente de 3 a 8 mm, rectangular, con una apariencia completamente achatada. Sus alas son planas, sostenidas sobre el insecto mientras está descansando, con las puntas de las alas y los márgenes extremos extendidos más allá del perímetro de su cuerpo. La parte superior de las alas frontales, cabeza y tórax son membranosas, compuesta de muchas arrugas o lomos levantados, lo que le da una apariencia de encaje, de aquí el nombre común de insecto de encaje. Las ninfas son espinosas y más oscuras que los adultos. Atraviesan cinco etapas de desarrollo antes de convertirse en adultos.

Daño: Los adultos pueden encontrarse agrupados entre sus heces oscuras y exubias de ninfas en el envés de las hojas bajas. Cuando crecen completamente son alrededor de la mitad del tamaño de los adultos. Los huevos son negros elongados y colocados al final en pequeños grupos en el envés de las hojas. Las hojas se despigmentan, tomando una coloración gris plomizo, terminando por secarse y caer.

Ácaros (Araña blanca)

Polyphagotarsonemus latus (Banks). (Acarina: Tarsonemidae)

Importancia: En Bolivia esta plaga fue reportada en la década del 90 en cultivos como la papa, locoto y frejol, en varias zonas de los Valles interandinos, pero fue identificada y reportada en la campaña de verano 2006, por Rivadeneira C. 2006, en la zona de los Valles interandinos de Santa Cruz, causando daño en frejoles volubles variedad blanquiscal, específicamente en la localidad de Pulquina Arriba, provincia Manuel María Caballero. Además se observó daños en el cultivo de pimentón y se ha observado ocasionalmente causando daño en tomate, berenjena, locoto, papa, cítricos y pepino.



Figura 59. Hojas de frejol con daños causados por el chinche de encaje *Corythucha* sp. Zona sur de Santa Cruz, Provincia Cordillera, campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 60. Hoja de frejol (envés) con chinche de encaje adulto *Corythucha* sp. Zona sur de Santa Cruz, Provincia Cordillera, campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

Muchos agricultores confundieron los síntomas con fitotoxicidad de los fungicidas. Posteriormente en la campaña de invierno 2011, fue observado en las principales zonas de producción de frejol como la Colonia Berlín y zonas aledañas (municipio San Julián), en toda la zona de Chané Independencia (municipio Fernández Alonso), para el control los agricultores utilizaron diferentes insecticidas. (Figura 61-62).

El ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus*, es diminuto y se encuentra en el haz y envés de las hojas, la coloración varía de blanco a un color de cuerpo brillante. El ciclo de vida es corto, pudiendo pasar por el estadio de huevo, larva, falsa pupa y adulto en tan solo 6 a 7 días. Las hembras viven más tiempo que los machos, pudiendo vivir 15 días, coloca aproximadamente 48 huevos en el envés de las hojas de frejol. Se distribuye por focos, aunque se dispersa rápidamente en épocas calurosas y secas.

Daño: inicialmente el daño se localiza en el envés de la hoja específicamente en los brotes nuevos, los primeros síntomas son las hojas enruladas con una

coloración de verde oscura brillante en el haz, posteriormente el envés de la hoja se torna bronceada, por la muerte de los tejidos las hojas se resecan y se vuelven quebradizas, en ataques muy severos se observa que el ácaro también ataca a las vainas del frejol presentando un color plateado al inicio y posteriormente se vuelve color bronce y las vainas se retuercen. (Figura 63).

Araña roja

Tetranychus urticae (Acarina: Tetranychidae)

Importancia: En Bolivia este ácaro fue observado en las campañas de invierno en la zona de los llanos, pero donde se observó mayor daño fue en invierno 2011 en la zona norte (Chané Independencia, Colonia Berlín y zonas aledañas), los productores utilizaron diferentes insecticidas para el control. La campaña invierno 2011 fue más seca y la presencia fue más abundante (altas temperaturas y baja humedad). (Figura 64).

Los adultos son ácaros de color rojizo y verdoso, difíciles de apreciar a simple vista. Miden 0,5 mm y

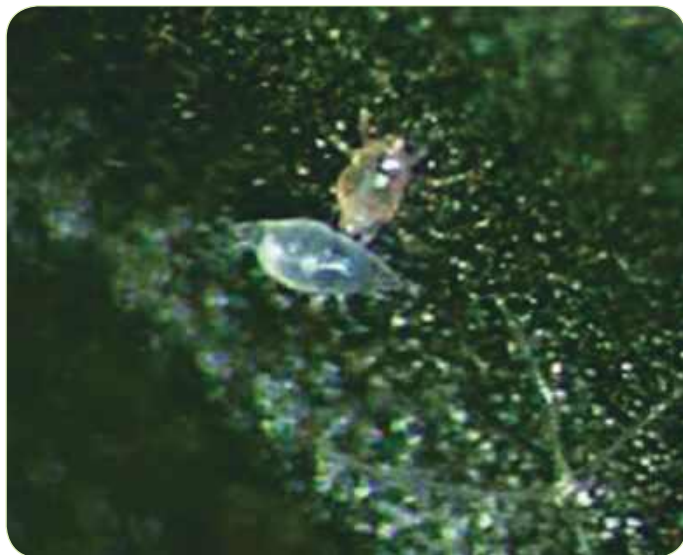


Figura 61. Imagen de ácaro blanco AGRO LINK, 2012 http://www.agrolink.com.br/agricultura/problemas/busca/acaro-branco_25.html.

Figura 62. Hoja y vaina de frejol con daño de ácaro blanco

Polyphagotarsonemus latus, localidad Jagué (Valles Cruceños), campaña verano 2006. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).





Figura 63. Hoja de frejol con daño severo de ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus*, localidad Jagué (Valles Cruceños), campaña verano 2006. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

poseen cuatro pares de patas.

Sus huevos son redondos, traslúcidos y los colocan individualmente, de forma dispersa, sobre las plantas. Los estados juveniles son similares al adulto con la diferencia que solo poseen tres pares de patas. Viven de 15 a 25 días.

Daño: Los adultos y las larvas raspan las partes inferiores de las hojas, causando daños que debilitan a las plantas. Los daños aparecen como pequeñas manchas claras en las hojas que luego se vuelven amarillas y finalmente de color café claro. Cuando existe poblaciones altas pueden causar caída de las hojas, se reduce el rendimiento si no se tiene control adecuado, cuando el daño es más severo provoca la muerte de la planta. (Figura 65).

8.2.1.3. Otros insectos observados

Varios insectos fueron observados en las últimas campañas en el cultivo de frejol, causando daño en diferentes partes de la planta (hojas, tallos y vainas),

también en diferentes zonas de producción, por ejemplo en la zona de Cordillera en la campaña de verano 2012, se evidenció mayor presencia de saltamontes, especialmente en los meses de enero y febrero, en los meses de febrero marzo fueron observados los chinches (pentatómidos) de diferentes cultivos, aunque el daño no tiene un estudio cuantitativo.

Por otra parte en esta misma campaña agrícola fue observada la presencia de picudos (coleópteros) en la zona de los Valles y en Cordillera, el daño causado es similar al que causa en el cultivo de la soya, aun no se tiene estudios de cuantificación de daños por este insecto.

Para identificar estos insectos es necesario hacer un seguimiento minucioso y posteriormente realizar la descripción del ciclo de vida y con estos resultados se debe iniciar el estudio de los daños que ocasionan los diferentes insectos.



Figura 64. Imagen de arañita roja, *Tetranychus urticae*, <http://culturaagricola.blogspot.com/2012/03/arana-roja-tetranychus-urticae.html>.



Figura 65. Vainas de frejol con daño severo de ácaro, *Tetranychus urticae*, localidad Chané Independencia (Llanura de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

8.2.1.4. Insectos que causan daños en granos almacenados

Gorgojos del frejol

Acanthoscelides obtectus (Coleoptera: Bruchidae)

Importancia: Los daños que esta plaga ocasiona, se reflejan en las pérdidas que comúnmente tiene el frejol almacenado. Estas pérdidas no son solamente en cantidad de grano, sino que también pierde su calidad por el aspecto que presentan los mismos. Cuando la plaga esta activa, se observan huevos, excrementos e insectos adultos muertos.

Este problema fitosanitario causado por *A. obtectus*, predomina básicamente en todas las zonas productoras de frejol en Bolivia. (Figura 66).

Los adultos de *A. obtectus* son de color café con manchas negras y grises, midiendo alrededor de 3 mm de largo. Los huevos son depositados por el insecto entre los granos de frejol y no sobre la testa de los granos, como lo hace la hembra del insecto *Zabrotes subfasciatus*. Los huevos son blancos y alargados. Las hembras tan pronto como nacen (en 5 días) perforan los granos y permanecen en su interior.

Se desarrollan cuatro instares larvales, lo cual toma alrededor de 17

días antes de empupar. El desarrollo de la pupa se efectúa en el interior del grano y demora de 5 a 6 días. El ciclo biológico de *A. obtectus* se lleva a cabo en 38 días aproximadamente.

Daños: Esta plaga en el período larvario afecta los granos almacenados de frejol. Sin embargo, el insecto también puede realizar su ataque en el campo durante la etapa reproductiva del cultivo y las hembras ovopositan sobre las vainas que van llegando a la madurez (R8).

Zabrotes

Zabrotes subfasciatus (Coleoptero: Bruchidae)

Importancia: Esta plaga ataca principalmente granos almacenados, el daño lo realiza en el estadio larvario dejando los granos almacenados con orificios de salidas, dando un aspecto físico de mala calidad acompañado de olores desagradables. El daño es mayor cuando las condiciones ambientales son apropiadas para su desarrollo, que son 30°C y 70% de humedad relativa o cuando se almacenan granos con humedad mayor al 14%. Está distribuida en todas las regiones tropicales y sub-



Figura 66. Semillas de frejol con presencia y daño causado por el gorgojo *Acanthoscelides obtectus*. Planta de beneficiamiento de semilla del IIA El Vallecito, invierno 2012. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

tropicales de Centro y Sudamérica, se desarrolla adecuadamente en climas cálidos y templados.

El macho es de color negro con manchas blancas y la hembra es de color pardo. Su longitud es de 2 a 3 mm. Los élitros de las hembras poseen una mancha blanca o una pubescencia uniforme de color grisácea o café pálido, combinando con un fondo gris bastante oscuro.

Su ciclo biológico se completa en 8 semanas, la especie presenta dimorfismo sexual, siendo las hembras más grandes que los machos. La hembra adulta ovoposita entre 50 y 60 huevos de 2 a 30 horas después de la copulación. El hábito de ovoposición es en grupos de 2 a 4 huevos, sobre la testa o entre las rajaduras de los granos de frejol. El adulto vive de 2 a 4 semanas.

Daño: *Z. subfasciatus* no ataca en el campo. Se considera una plaga de importancia económica en almacenes de frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.), frejol lima (*Phaseolus lunatus* L.) y otros. (Figura 67-68).

8.2.2. Enfermedades del cultivo de frejol

Las enfermedades son uno de los factores de mayor importancia

económica que afectan al frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el trópico de Sudamérica. Estas son causadas principalmente por hongos, bacterias, nemátodos y virus, que pueden reducir significativamente los rendimientos y la calidad de las vainas como de la semilla.

Las enfermedades del frejol generalmente ocurren en complejos de dos o más enfermedades que pueden variar según la época del año en que se siembre, zonas de producción, localidad, variedad, campaña agrícola y del sistema de producción que se practique.

Los factores que influyen en la presencia e incidencia de las enfermedades del frejol son las condiciones climáticas que favorecen la sobrevivencia y la diseminación de los patógenos o de sus vectores en el caso de los virus; la siembra de variedades muy susceptibles también contribuye a su diseminación e importancia; las prácticas culturales realizadas por el agricultor (siembras continuas y escalonadas de frejol y el uso de semillas infectadas) influyen en la diseminación de los patógenos.



Figura 67. Semillas de frejol infestadas con huevos y rastros del daño causado por el gorgojo *Zabrotes subfasciatus*, Planta de beneficiamiento de semilla del IIA El Vallecito, invierno 2012. Programa Frejol, IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 68. Semillas de frejol infestadas con huevos y rastros del daño causado por el gorgojo *Zabrotes subfasciatus*. Planta de beneficiamiento de semilla del IIA El Vallecito, invierno 2012. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

En Bolivia, las enfermedades que se presentan en frejol, pertenecen a los mismos géneros y especies que se presentan a nivel de Sudamérica, con la diferencia que la incidencia de los patógenos pueden variar de una región a otra o de una zona a otra.

A nivel del departamento de Santa Cruz que es la mayor zona de producción de frejol, la presencia e incidencia de patógenos varía en la zona de los valles que se cultiva el frejol en la época de verano respecto a la zona de los llanos que se cultiva en la época de invierno, como también de una campaña agrícola a otra.

En las dos zonas y épocas de producción de frejol en el departamento de Santa Cruz, la presencia e incidencia de patógenos son numerosos, los cuales describiremos las principales enfermedades que están presente y causando daños al cultivo, reduciendo el rendimiento y su control significa incrementar los costos de producción por unidad de superficie, pero esto no significa ignorar la importancia de los otros patógenos que puedan llegar a causar daños.

Para una mejor comprensión de las enfermedades las describiremos como patógenos que afectan a nivel del suelo causando daños en la raíces y patógenos que hacen daños a nivel del follaje.

8.2.2.1. Enfermedades de las raíces

Los patógenos que causan pudriciones de las raíces del frejol son numerosos y varios de ellos están presentes en todas las zonas de producción de frejol.

Entre los factores que contribuyen a su incidencia y severidad están la siembra continua de frejol, la falta de rotación de cultivos y el aumento de la compactación de suelos. En Bolivia, específicamente en los Valles mesotérmicos del departamento de Santa Cruz, los patógenos que afectan el sistema radicular fueron identificados y descritos por Cazón (1992). Las especies de hongos identificados fueron:

Rhizoctonia solani Kühn

Sclerotium rolfsii Sacc

Fusarium solani (Mart.) Appel and Wollenv. f. sp.

phaseoli (Burk) Snyder and Hans.

Fusarium oxysporum Schlecht f. sp. *phaseoli*
Kendrick and Snyder.

Por la sintomatología observada en la zona de los llanos, se presume que también están presente los mismos patógenos.

Pudrición de raíces por *Rhizoctonia*

Rhizoctonia solani Kühn (Mon., Mycelia Sterila)

Importancia: La pudrición de la raíz de la planta de frejol conocida como pudrición por *Rhizoctonia* es causada por un organismo patógeno muy común en la flora de los suelos de las regiones productoras de éste cultivo. En Bolivia fue identificada en la zona de los valles y llanos del departamento de Santa Cruz. Las semillas en su proceso de germinación y las pequeñas plántulas, son infectadas y dañadas, afectando la población de plantas del cultivo al causar su muerte.

Síntomas: El hongo ataca las semillas en germinación, las raíces y las plántulas; así mismo puede afectar las ramas y vainas que estén en contacto con el suelo. La etapa más crítica de daño ocurre durante el desarrollo vegetativo del cultivo, siendo el estado de plántula el más susceptible al hongo.

Si el ataque ocurre durante la germinación se produce un estrangulamiento de las plántulas. Si el ataque se produce después de la emergencia, el síntoma más frecuente que se observa en las plántulas son lesiones hundidas de color café rojizo en el hipocótilo. Estas lesiones son de forma alargada y a veces circulares, cuyo borde se vuelve áspero y seco.

En las plántulas afectadas la infección puede seguir dentro de la médula, la cual toma una coloración “rojo-ladrillo”, éste daño generalmente causa el doblamiento de las plántulas y su muerte. A medida que avanza el desarrollo de las plántulas (a partir de las tres semanas después de la siembra), las plantas son más resistentes al ataque del hongo.

Epidemiología: La severidad del daño que pueda causar ésta enfermedad depende de la temperatura, de la humedad del suelo y de los exudados de la planta y sus raíces, los cuales estimulan el crecimiento del micelio.

La temperatura óptima del suelo para que se desarrollen las lesiones típicas en el hipocótilo de las plántulas es de 18°C, sin embargo con la prevalencia de temperaturas más altas el porcentaje de estas lesiones es menor. La multiplicación y reproducción del hongo se lleva a cabo por medio de esclerocios, micelios y basidiosporas.

El patógeno puede ser transportado a otras áreas de un suelo a través de las aguas de riego; así mismo los esclerocios y las esporas pueden ser diseminadas por el viento a otros sitios. El hongo puede prevalecer en el suelo en forma de esclerocios con los residuos de la cosecha de frejol. Las semillas infectadas tanto internas como externamente, es otro medio a través del cual la enfermedad puede ser diseminada a otros lugares.

Pudrición de raíces por Sclerotium

Sclerotium rolfsii Sacc (Ago., Agonomycetaceae)

Importancia: El daño causado por este patógeno es la pudrición de raíces, observada en las áreas cultivadas de frejol, en los Valles interandinos y llanos de Bolivia, atacando en todos los estadios de la planta. Esta enfermedad prospera y causa serias pérdidas durante periodos de altas temperaturas y de alta a moderada humedad seguida por periodos secos, observándose una mayor incidencia en los dos últimos años (2010 y 2011). (Figura 69).

Síntomas: El ataque en la germinación, emergencia y estado de plántula reduce la población de plantas. En estado de plántula o plantas adultas el ataque causa un marchitamiento completo. Al arrancar una planta afectada, se observa que el tallo es acuoso, completamente podrido, su color es gris o café claro

tiene crecimiento de micelio blanco en la superficie con la formación de esclerocios blancos o crema si están jóvenes o de color café si están maduros. (Figura 70).

Epidemiología: Esta enfermedad es más destructiva bajo condiciones de altas temperaturas y humedad, el cual favorece a la germinación y desarrollo óptimo del micelio. El inóculo está compuesto de esclerocios, micelio y basidiosporas. Los esclerocios son las estructuras principales de supervivencia. La germinación de esclerocios disminuye al ser mayor la profundidad del suelo a la que se encuentra debido a la reducción de la aireación.

La diseminación del patógeno ocurre por agua de riego contaminada, las partículas de suelos adheridos en los implementos agrícolas, a los animales a través de las semillas, etc.

Marchitamiento o amarillamiento por *Fusarium*
Fusarium oxysporum f.sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder (Mon., Moniliaceae)

Importancia: En Bolivia, esta enfermedad es causante de la pudrición de las raíces de la planta encontrándose en todas las zonas de producción, presentándose con mayor frecuencia donde se practica el monocultivo en la zona de los valles interandinos o cuando la

rotación se realiza con el cultivo de soja en la zona de los llanos, con mayor incidencia en zonas productoras de altas temperaturas (20 - 30°C) y períodos de sequía durante el ciclo de cultivo. El patógeno es transportado junto con la semilla.

Síntomas: El hongo ataca a las plantas generalmente durante las etapas fenológicas de la tercera hoja trifoliada y período de floración. Los síntomas del daño se inician con un amarillamiento de las hojas inferiores de la planta, lo cual progresa hacia la parte superior, produciendo un envejecimiento prematuro de las hojas. La infección se efectúa en las raíces e hipocótilo de las plantas, donde su sistema vascular se puede decolorar tomando los tejidos un color café-rojizo.

El hongo produce un taponamiento del sistema vascular, siendo ésta la razón del amarillamiento y envejecimiento de las hojas. Estas plantas afectadas generalmente se marchitan y posteriormente mueren. Las plantas que sobreviven llegan a producir muy pocas vainas.

Epidemiología: Este patógeno se caracteriza por la producción de abundante micelio, conidiospo-



Figura 69. Raíz de frejol con presencia de micelio blanquecino de *Sclerotium rolfsii*, zona del chaco boliviano, campaña verano 2013. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 70. Planta de frejol con síntomas de *Sclerotium rolfsii*, localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2012. Programa Frejol IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

ras ramificadas y tres tipos de esporas asexuales que son las microconidias, las macroconidias y las clamidosporas. Estas últimas se producen en forma abundante en los tejidos infectados de la planta y son las estructuras del hongo que sobreviven en el suelo por largos períodos.

El ataque del hongo generalmente se inicia cerca del extremo apical de la raíz aunque también puede penetrar a través de heridas que se producen en otras partes de la raíz o el tallo. El patógeno puede diseminarse por medio de residuos de cosecha que estén infectados, o bien suelo infectado que llegue a contaminar las semillas.

Pudrición seca de la raíz por *Fusarium*

Fusarium solani (Mart.) Appel and Wollenv. f. sp. phaseoli (Burk) Snyd and Hans. (Mon., Moniliaceae)

Importancia: Esta enfermedad produce daños en el sistema radical de la planta de frejol y consecuentemente las plantas dañadas por éste patógeno, generalmente no mueren, pero son tan afectadas en su vigor y desarrollo lo que puede causar reducciones de rendimiento. En Bolivia se encuentra presente en

todas las áreas de producción de frejol, con mayor incidencia en zonas donde predominan los cultivos de papa, tomate y soya.

Síntomas: Los síntomas iniciales de ésta enfermedad aparecen sobre el hipocótilo y la raíz primaria de las plantas, en la primera o segunda semana después de la emergencia (etapa fenológica de V1-V3). Estas lesiones aparecen como puntos o manchas alargadas de color rojizo.

Cuando la infección progresa, las lesiones se unen tomando una coloración café. Las raíces primarias y las laterales generalmente mueren, lo cual ocasiona un retraso marcado en el crecimiento de la planta, amarillamiento y caída de hojas.

Epidemiología: Este patógeno puede penetrar directamente los tejidos de la planta sana del frejol o a través de heridas que estén presentes.

El hongo puede ser diseminado a otros lugares como clamidosporas o conidios cuando los residuos de cosecha infectados son acarreados por el agua, el viento o implementos agrícolas. Los daños causa-



Figura 71. Planta de frejol con síntomas de fusarium *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, localidad de Chané Independencia, campaña invierno 2011.W Programa Frejol IIA El Vallecito 2012. (Choque V. & Padilla J.).

dos por ésta enfermedad se incrementan en terrenos compactados, en suelos de excesiva humedad y períodos de sequía. El hongo también puede sobrevivir indefinidamente como un organismo saprofita en la materia orgánica del suelo en forma de clamidosporas.

El patógeno también se puede incrementar en el suelo cuando se siembra en forma continua algún otro cultivo hospedero.

8.2.2.2. Enfermedades del follaje

Roya de frejol

Uromyces appendiculatus (Pers.) Unger (Ured., Pucciniaceae)

Importancia: En Bolivia, está ampliamente distribuida en todas las zonas de producción, el patógeno no se transmite por semilla. Se ha observado mayor incidencia en los Valles interandinos en la época de verano, donde las temperaturas se registran entre 17 a 30°C promedio, acompañado de periodos prolongados de 8 a 12 horas de alta humedad relativa, mayor del 85%, la roya del frejol comúnmente no se

desarrolla en zonas cálidas y con abundantes lluvias. (Figura 72).

Cuando son sembradas variedades susceptibles a este patógeno, la roya puede ser muy severa causando defoliaciones prematuras y pérdidas considerables del rendimiento. (Figura 73).

Síntomas: Se presenta como pústulas en ambos lados de la hoja, pero también puede ocurrir en las vainas y a veces en los pecíolos. Los síntomas iniciales aparecen en el haz o envés de la hoja, pero generalmente se observan primero en el envés como pequeñas manchas blancas, ligeramente levantadas en las cuales posteriormente se forman pústulas maduras de color café-rojizo, llamados uredos.

Las pústulas son los signos más típicos de la roya del frejol. Estas varían de tamaño y pueden estar rodeados de un halo clorótico o necrótico, según la variedad de frejol y las condiciones ambientales.

Epidemiología: El viento favorece a la diseminación de las uredosporas. También pueden ser diseminadas por el hombre, los animales y herramientas

agrícolas. El viento al diseminar las uredosporas, las transporta a tejidos no infectados, donde se inician nuevas pústulas. Si las condiciones climáticas son favorables a la roya, el inicio de nuevas pústulas se puede repetir varias veces durante la época en que el frejol está en el campo.

Al final del periodo del cultivo, el patógeno puede producir en las hojas otro tipo de esporas, llamadas teliosporas. Estas se encuentran en pústulas de color café oscuro a negro, conocidas como telio.

Mancha angular

Phaeoisariopsis griseola (Sacc.) Ferraris (Mon., Stilbaceae)

Importancia: En Bolivia y particularmente en Santa Cruz se presenta con más frecuencia en la zona de los Valles mesotérmicos. En la época de verano es mayor la incidencia cuando las temperaturas son bajas acompañadas con alta humedad relativa, en la zona de los Llanos, en la época de invierno la incidencia de la enfermedad es menor.

La enfermedad es de mucha importancia porque es transmitida por la semilla. (Figura 74).

Síntomas: Los síntomas más característicos se presentan en las

hojas bajas como manchas angulares delimitadas por las nervaduras; manchas que al unirse pueden llegar a cubrir la totalidad de la hoja causando su amarillamiento y posterior defoliación de la planta. En el tallo, ramas y pecíolos se observan manchas alargadas de color café rojizo y en las vainas las lesiones son de forma oval o circulares también con el centro café rojizo sin márgenes definidos.

Si la infección ocurre en las vainas jóvenes ocasiona deformación, provocando reducción de tamaño, y si llega a la semilla puede provocar arrugamiento y en frejoles de semilla de color blanco o claro provoca una decoloración amarillo pálido. (Figura 75-76).

Epidemiología: La temperatura ambiental óptima para el desarrollo del patógeno varía de 20 - 25°C, necesitándose además agua continua sobre las partes vegetativas o reproductivas de la planta o alta humedad por lo menos por 48 horas. Los periodos prolongados de lluvia favorecen la esporulación, y con la baja humedad ocurre la liberación y dispersión de las esporas generalmente por el viento. Las temperaturas menores de 15°C pueden reducir el desarrollo de la enfermedad, los periodos de alta y baja temperatura alternados favorecen la infección.



Figura 72. Hoja de frejol con pústulas de roya *Uromyces appendiculatus*, Samaipata localidad Vallecito (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

El hongo sobrevive en los residuos de cosecha o en el suelo por seis hasta 18 meses.

También en la semilla, ya sea externa o internamente, la siembra de altas densidades favorece la infección por el incremento de la humedad ambiental.

Antracnosis

Colletotrichum lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Scrib. (Mela., Melanconiaceae)

Importancia: En Bolivia la antracnosis es una de las enfermedades foliares que se presenta en algunas campañas agrícolas en la zona de los Valles mesotérmicos y llanos del departamento de Santa Cruz. (Figura 77).

Síntomas: Los primeros síntomas de la enfermedad se pueden observar en plántulas. En el envés de las hojas primarias, las nervaduras muestran lesiones de color café oscuro. Esta enfermedad puede afectar cualquier parte de la planta. En las vainas los síntomas aparecen como lesiones circulares de 1 a 10 mm de diámetro de color amarillo rojizo o café negruzco; estas manchas se hacen después hundidas y están rodeadas por un anillo negro con un borde café rojizo. (Figura 78).

El daño que se produce en las vainas es el más grave, pues disminuye la calidad de las vainas y granos cosechados.

En las vainas dañadas el hongo puede invadir las semillas en formación e infectar los cotiledones y la testa de la semilla. Estas semillas infectadas presentan lesiones rugosas pálidas y hundidas donde después se desarrollarán masas de esporas de color blanco o rosado. (Figura 79).

Epidemiología: Las condiciones ambientales que favorece la infección involucra un rango de temperatura entre 15 y 25°C y una humedad relativa mayor de 70%; así mismo, las lluvias frecuentes facilitan la diseminación de las conidias en el campo. La semilla y los residuos de cosecha infectados son las fuentes principales de inóculo para causar epidemias. El hongo puede sobrevivir como micelio dentro de la testa de la semilla y como esporas entre los dos cotiledones. En residuos de cosecha puede sobrevivir hasta por dos años.



Figura 73. Líneas de frejol; una tolerante y la otra susceptible a la roya *Uromyces appendiculatus*, Samaipata localidad Vallecito (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 74. Hoja de frejol (haz) con síntomas de mancha angular *Phaeoisariopsis griseola*, Samaipata localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 75. Hoja de frejol (envés), con síntomas de mancha angular *Phaeoisariopsis griseola*, Samaipata localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 76. Vainas de frejol con síntomas de mancha angular *Phaeoisariopsis griseola*, Samaipata localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 77. Hoja de frejol (envés) con síntomas de antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum*, localidad Cruce Mairana (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 78. Plantas de frejol con síntomas de antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum*, Mairana localidad Cruce Mairana (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 79. Vainas de frejol, con síntomas de antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum*, Mairana localidad Cruce Mairana (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Oidium

Erysiphe polygoni (Ery., Erysiphaceae)

Importancia: Enfermedad de amplia distribución en las zonas productoras de frejol especialmente cuando el ambiente es seco, es perjudicial cuando se presenta antes de la floración, sin embargo cuando los daños se presentan después de la floración en variedades susceptibles ocasiona la disminución del rendimiento. El patógeno también está presente en cultivos como soya, caupí y otros. (Figura 80).

Síntomas: En la parte superior de las hojas aparecen manchas, ligeramente oscuras que posteriormente se cubren de polvillo blanco superficial que son las conidias o esporas del hongo. Las hojas o incluso la planta entera pueden llegar a ser cubiertas. Sobreviene un amarillamiento y senescencia prematura. (Figura 81).

Las vainas son pequeñas, malformadas e incluso llegan a secarse. Se presenta cuando prevalecen condiciones ambientales de baja humedad relativa y temperatura alta. Las esporas son diseminadas por el viento y pueden infectar plantas en cualquier estado de desarrollo.

Mancha húmeda, añublo del halo

Pseudomonas syringae pv.
phaseolicola (Pseu.,
Pseudomonadaceae)

Figura 80. Hojas de frejol con síntomas de oidium *Erysiphe polygoni*, localidad Vallecito (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Importancia: *P. phaseolicola*, es una enfermedad causada por una bacteria, la que se encuentra distribuida en los valles interandinos de Bolivia, en los años 2003 - 2004, en la zona de producción de frejol voluble (trepador), se presentó el mayor ataque llegando a proponerse medidas cuarentenarias a la zona de los valles cruceños, también se reportó la presencia de este patógeno en la zona de Camargo, departamento de Chuquisaca. (Figura 82).

En la campaña agrícola de invierno 2011 y 2013, fue observada esta enfermedad en la zona de los llanos, específicamente en la zona de Chané Independencia (faja Bolívar en 2011 y varios campos en invierno 2013), en estas campañas fue observada en la variedad rojo oriental, es probable que su presencia se deba al ingreso de semilla infectada de la zona de los valles interandinos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija.

Síntomas: Los primeros síntomas aparecen en las hojas como pequeñas manchas húmedas con puntitos de color café, las cuales son rodeadas por un halo de color amarillo verdoso. (Figura 83)



Figura 81. Hojas bajas de frejol con síntomas de oidium *Erysiphe polygoni*, localidad Vallecito (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 82. Hojas de frejol trepador variedad Blanquiscal con síntomas de mancha húmeda *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, localidad Jagué (Valles Cruceños), campaña verano 2004. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



El tallo y las vainas pueden también ser infectadas cuando la enfermedad se presenta con alta intensidad, observándose también manchas húmedas aceitosas de color café rojizo.

En las vainas infectadas, las semillas pueden podrirse o se deforman y pierden su color.

Al progresar la enfermedad en el campo, las lesiones se hacen más grandes en las hojas, poniéndose de un color café al necrosarse el tejido, lo cual causa pérdidas de flores, disminuye la fructificación y consecuentemente se afecta el rendimiento.

Si el ataque ocurre al final de la etapa fenológica de llenado de vainas, el rendimiento no es afectado. (Figura 84).

Epidemiología: Esta bacteria vive en semillas y residuos vegetales que han sido infectados y que se encuentran cerca de la superficie del suelo.

El patógeno penetra en la planta a través de lesiones o de las estomas cuando prevalece una alta humedad relativa. Los síntomas típicos de la enfermedad aparecen más frecuentemente cuando las temperaturas oscilan entre 16 y 20°C. Este patógeno se disemina también entre las hojas y las plantas por salpicaduras de agua y por el viento. Asimismo, se transmite a través de la semilla.

Figura 83. Hojas de frejol trepador variedad Blanquiscal con síntomas de mancha húmeda *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, localidad Jagué (Valles Cruceños), campaña verano 2004. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Bacteriosis común

Xanthomonas axonopodis

(sin. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) (Pseu., pseudomonadaceae)

Importancia: En Bolivia se reporta ésta enfermedad en todas las zonas de producción de frejol (valles interandinos y llanos). (Figura 85).

Esta bacteria puede provocar una defoliación completa de la planta, y como se puede diseminar a través de semillas infectadas es un problema potencial para otras regiones donde no está presente el patógeno. Se reporta que esta bacteria ha podido sobrevivir en semillas de 3, 10 y 15 años manteniéndose viables y virulentas.

Síntomas: Esta enfermedad causa daños en tallos, vainas y semillas, pero lo más característico son las manchas de aspecto húmedo de forma irregular que se presentan en el envés de las hojas. Al aumentar de tamaño las manchas, se unen y le dan una apariencia de flacidez a la hoja; en algunos casos se forma una delgada capa de color amarillo alrededor de la lesión y posteriormente todo el tejido se pone negro causando la caída prematura de las hojas. (Figura 86).



Figura 84. Vainas de frejol arbustivo variedad Rojo Oriental con síntomas de mancha húmeda *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, localidad Chané Independencia, Faja Bolívar (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 85. Hojas de frejol con síntomas de bacteriosis común *Xanthomonas axonopodis*, localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2012. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Las plantas pueden marchitarse si las bacterias taponean los conductos vasculares.

En las vainas las lesiones son hundidas, de consistencia húmeda de color rojo-café. Cuando la bacteria se presenta durante la formación de vainas, ocasiona que la semilla se manche, se arrugue o se pudra.

Epidemiología: Los factores climáticos principales que favorecen la infección son las elevadas temperaturas (28°C) y la alta humedad relativa (60-80%). Esta humedad favorece la penetración de la bacteria en la planta a través de estomas y heridas.

El patógeno se disemina mediante la semilla infectada, por salpique de la lluvia, por el viento y por insectos como chicharrita (*Empoasca* sp.) y *Cerotoma* spp., los cuales transmiten la bacteria por medio de las heridas que le hacen a la planta al alimentarse.

La bacteria puede sobrevivir en los residuos de la cosecha anterior, ya sea sobre la superficie o a menos de 20 centímetros de profundidad. Aunque la bacteria no forma esporas para poder resistir las condiciones adversas, produce un polisacárido extracelular que la protege de condiciones extremas de sequía.

Otras enfermedades foliares observadas

En las últimas campañas agrícolas (2011 - 2013) en diferentes zonas

Figura 86. Plantas de frejol con síntomas de bacteriosis común *Xanthomonas axonopodis*, localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2012. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



agrícolas y campos de producción comercial de frejol, fueron observadas como posibles enfermedades emergentes, síntomas como el tizón de hoja causada posiblemente por *Ascochyta* sp. y la pudrición carbonosa en la raíz y tallo por *Macrophomina phaseolina*, este último observada en la campaña de verano 2013.

Para tener exactitud de los patógenos mencionados, se debe realizar mayor monitoreo en todas las zonas de producción y en diferentes campañas.

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

Grupo viral: Potyvirus. Virus del mosaico común (BCMV) se transmite por semilla y mecánicamente.

Importancia: El virus del mosaico común del frejol (BCMV), se presenta de manera esporádica en las zonas de producción de frejol, su presencia es acentuada cuando no se controlan los insectos vectores.

Síntomas: Los síntomas típicos de esta enfermedad lo constituyen el mosaico de colores verdes que se observan sobre las hojas de la planta de frejol.

Comúnmente se presentan franjas o manchas como ampollas de un color verde más oscuro, distribuidas irregularmente sobre la lámina foliar. Este síntoma también puede ir acompañado por una deformación de las hojas cuyos bordes se enroscan hacia el envés. Estas hojas en otros casos se pueden modificar, alargándose y poniéndose delgadas y puntiagudas. La acción de este virus también ocasiona un cierto enanismo en las plantas, donde las vainas se desarrollan pequeñas y curvadas. Todo esto indudablemente afecta el rendimiento del cultivo.

Epidemiología: La infección temprana de las plantas es la que causa mayores daños económicos al cultivo. En estrecha relación con lo anterior, la semilla infectada de frejol se puede considerar que es la principal fuente de inóculo para la diseminación del virus.

El virus se puede transmitir también al tocar plantas enfermas y después plantas sanas. Sin embargo, la mayor dispersión de la enfermedad dentro de un campo de cultivo ocurre si se presentan poblaciones de pulgones o áfidos, los cuales son vectores muy importantes de este virus. Algunas de las especies de estos insectos vectores son *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*. También existen plantas cultivadas y silvestres que son hospedantes del virus, las cuales constituyen otra fuente importante de infección.

Figura 87. Plantas y vainas de frejol con síntomas de complejo viral, localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Mosaico dorado (BGMV, Bean Dolden Mosaic Virus)

Grupo viral: Geminivirus (no se transmite por semillas).

Importancia: En Bolivia este virus se presenta en todas las zonas de producción de frejol, pero su presencia es notoria cuando se tiene altas poblaciones de insectos vectores acompañados de sequías; sin embargo, no se tiene estudios concretos de las pérdidas que causa este virus a nivel de Bolivia.

Síntomas: La enfermedad se inicia como pequeñas manchas amarillas cloróticas de forma irregular sobre las hojas, seguida por una decoloración de las nervaduras. Conforme pasa el tiempo, se manifiesta como un amarillamiento dorado brillante, con enanismo de las plantas y la consecuente reducción de vainas y del número de granos por vaina. En ataques severos causa una deformación de las hojas y de las vainas con un enrollamiento hacia abajo de los folíolos.

Además del frejol pueden afectar a *Phaseolus lunatus*, *P. coccineus*, *Desmodium occuleatum*,



Figura 88. Planta de frejol con síntomas de complejo viral, localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Malva parviflora, *Vigna radiata*, *V. unguiculata*, *Calpogonium muconoides* y *Sida* sp.

Vectores: El virus es transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci* y no se transmite transovariamente, ni existe multiplicación dentro del insecto. Los insectos adultos pueden adquirir y transmitir el virus en cinco minutos; aunque los períodos de adquisición e incubación son de tres horas cada uno, el período de retención puede ser hasta de 21 días.

La intensidad en la transmisión del virus aumenta conforme se incrementa el número de insectos. Las hembras de la mosquita blanca son vectores eficientes del virus.

Epidemiología: Este virus se encuentra en regiones con altitudes bajas e intermedias por debajo de los 2000 m. Los hospederos silvestres del virus, son los que juegan el papel más importante en la supervivencia del mismo. Las malezas hospederas junto con otros cultivos como tomate, tabaco y soya, ayudan a incrementar las poblaciones del vector *B. tabaci*.

8.2.3. Plantas consideradas malezas

Las malezas son plantas indeseables que crecen como organismos competidores junto con las plantas cultivadas, a las cuales afectan en su normal desarrollo. Son una de las principales causas de la disminución de rendimientos del frejol, al igual que en otros cultivos, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrimentos y dióxido de carbono; segregan sustancias alelopáticas; son hospederos de plagas y patógenos, dificultando su manejo y control, finalmente, interfieren la cosecha, sea ésta manual o mecanizada.

8.2.3.1. Origen de las malezas

En Bolivia y en particular en el departamento de Santa Cruz, la mayoría de las malezas agresivas son introducidas (foráneas), solo por citar un ejemplo, según Holm *et al.* (1977) y Schnee (1984), de Asia tropical y de la India en particular, proceden entre otras, la rogelia (*Rottboellia exaltata*); coquito (*Cyperus rotundus*); pata de gallina (*Eulice indica*).



Figura 89. Planta de frejol con síntomas de complejo viral, localidad Samaipata (Valles de Santa Cruz), campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 90. Planta de frejol con síntomas de complejo viral, instalaciones del IIA El Vallecito (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

De Europa provienen la pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*). Del área del Mediterráneo y Asia Menor procede la paja Johnson (*Sorghum halepense*).

De África, la bremura (*Cynodon dactylon*); la verdo-laga (*Portulaca oleracea* L.).

América tropical es el centro de origen de los bejucos (*Ipomoea* spp); leche leche (*Euphorbia heterophylla*).

8.2.3.2. Distribución de malezas

La distribución de las malezas responde a las interrelaciones de diferentes factores como suelo, clima (lluvias), sistema de siembra, rotación de cultivos, métodos de control y el uso de herbicidas, esto no solo en el frejol, sino también en otros cultivos.

En la distribución y transporte de malezas de una zona a otra intervienen diversos factores como por ejemplo poco conocimiento o descuido, mediante semilla de especies anuales y perennes, y partes vegetativas (bulbos, cormos, raíces, rizomas, estolones, tubérculos, etc.), que son los principales medios de propagación de las malezas perennes; el traslado de animales y la maquinaria constituye otro de los medios de diseminación. Finalmente, algunos factores ambientales como el agua, la fauna silvestre y el viento también contribuyen a la diseminación de las malezas.

En el presente libro citaremos a las principales malezas consideradas de difícil control, el orden puede ser discutido sanamente, además las malezas no son específicas del cultivo de frejol, ya que están presentes en todas las zonas productoras del departamento de Santa Cruz y Bolivia, invadiendo campos donde se producen diferentes cultivos. En el frejol, están presentes en los Valles interandinos (en la época de verano) y en la zona de los llanos (donde se cultiva en la época de invierno), en ambas épocas las malezas presentan características como la frecuencia, densidad, agresividad, daños causados y dificultad para su control o manejo, que dependen de las

condiciones climáticas (lluvias) que se presentan en cada zona de producción. A continuación se citan las malezas consideradas de difícil control.

8.2.3.3. Principales malezas que interfieren en frejol

Coquito *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae). Es una maleza perenne, altamente perjudicial, con rápida y prolífica producción de rizomas, tubérculos y cormos; estos últimos pueden permanecer latentes en el suelo. Su propagación es principalmente asexual, favorecida por el uso de medios mecánicos para su control, está distribuida en todas las zonas de producción de frejol, el control resulta difícil. (Figura 91).

Rogelia *Rottboellia exaltata* L.= *R. cochinchinensis* (Lour.) Clayton. (Poaceae). Es una maleza altamente perjudicial, ampliamente distribuida en el área de producción agrícola de Santa Cruz, de ciclo anual y propagación sexual, de rápido crecimiento y sumamente agresiva; es capaz de germinar y emerger de profundidades mayores que las especies cultivadas. (Figura 92).

Bejucos o camotillos *Ipomoea* ssp. L. (*Convolvulaceae*) Los bejucos son plantas anuales que por lo general, están presentes todo el año y en todas las zonas de producción. Su desarrollo es acelerado por tener tallos volubles que envuelven completamente el cultivo, pudiendo causar el acame total o parcial, perjudicando de ese modo la cosecha, tanto manual, semimecanizada como mecanizada. (Figura 93).

Maicillo *Sorghum halepense* L. Pers. (Poaceae) y *Sorghum sudanense* Piper. (Poaceae). Es una planta perenne altamente perjudicial. Sus numerosos rizomas le facilitan la propagación asexual; la principal forma de diseminación es a través de la preparación de suelos y del traslado de implementos y máquinas. Otras formas de diseminación es por medio de contaminación de granos de especies cultivadas y en

heces fecales de aves y del ganado vacuno, está ampliamente difundido en las zonas agrícolas de Santa Cruz.

Bremura *Cynodon dactylon* L. Pers. (Poaceae). Es una maleza muy agresiva, perenne, rastrera y estolonífera. Se propaga tanto de forma sexual como asexual, por medio de estolones y rizomas. Esta característica, unida a su rápido desarrollo y a la presencia de rizomas latentes en el suelo, la hace muy agresiva y de difícil control; el control por medios mecánicos la favorece por permitir su propagación y diseminación. (Figura 94).

Leche leche *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae). Es una maleza muy perjudicial, de ciclo anual y de propagación por semilla; es erecta, de rápido crecimiento, agresiva y tolerante a los herbicidas derivados de úrea, así como a la mayoría de los herbicidas que se usan en Bolivia, por lo cual cada día adquiere más importancia. (Figura 95).

Chupurujume *Parthenium hysterophorus* L. (Compositae). Maleza anual muy común en todo tipo de suelos de Santa Cruz, predominando en suelos poco fértiles y arenosos, se la encuentra como maleza en todos los cultivos.

Es una maleza hospedera de pulgones especialmente en la época

de invierno. El control es muy difícil especialmente cuando tiene un desarrollo avanzado. (Figuras 96-97).

Moco moco *Gomphrena* sp. Gomez. (Amaranthaceae). Planta anual herbácea erecta, frecuente en toda el área agrícola del departamento de Santa Cruz, con mayor incidencia en la zona de los Valles y Cordillera, el control es muy difícil con herbicidas cuando la planta tiene formada sus tres primeras hojas. (Figura 98-99).

Quinuilla *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae). Planta anual muy agresiva se desarrolla en todo tipo de suelos, presente en todas las zonas de producción del departamento de Santa Cruz, especialmente donde se practica el sistema de producción convencional, una planta tiene la capacidad de producir hasta 5.000 semillas. (Figura 100).

Santa Lucía *Commelina* spp. (Commelinaceae) Planta anual herbácea común en suelos arenosos a medianos ampliamente distribuida en las zonas de producción agrícola de Santa Cruz, sobrevive al sombreado para desarrollarse rápidamente, es diseminado por el uso de implementos agrícolas,



Figura 91. Plantas de frejol con infestación severa de coquito *Cyperus rotundus*, observado en la zona de los Llanos IIA El Vallecito, campaña invierno 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 92. Plántulas de frejol con infestación de rogelia *Rottboellia exaltata* L.= *R. cochinchinensis* (Lou), Vallecito llanos de Santa Cruz, campaña invierno 2013. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 93. Plantas de frejol con infestación de camotillo o bejuco

Ipomoea spp., localidad Cruce Mairana (Valles Cruceños), campaña verano 2012. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).





Figura 94. Plantas de frejol con infestación de bromura *Cynodon dactylon*, localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 95. Plántulas de frejol con infestación de leche leche *Euphorbia heterophylla*, IIA El Vallecito (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).





Figura 96. Plantas de frejol con infestación de chupurujume *Parthenium hysterophorus*, zona sur de Santa Cruz, campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 97. Plantas de frejol con infestación severa de chupurujume *Parthenium hysterophorus*, zona sur de Santa Cruz, campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 98. Cultivo de frejol con infestación de moco moco *Gomphrena* sp., localidad Valle Abajo (Valles Cruceños), campaña verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 99. Cultivo de frejol con infestación severa de moco moco *Gomphrena* sp., zona sur de Santa Cruz, campaña verano 2012. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

carpidas en suelos húmedos, dificulta la cosecha manual o mecánica, el control es muy difícil cuando tiene buen desarrollo. (Figura 101).

9. Cosecha de frejol

La cosecha es la última etapa dentro del proceso productivo, en esta etapa todas las inversiones y esfuerzos para alcanzar un buen rendimiento del cultivo ya fueron realizadas, faltando solamente retirar el producto del campo. En esta operación es necesario además de un cuidadoso planeamiento de la cosecha, un correcto conocimiento de las características del cultivo. Es bueno señalar que la cosecha comprende tres pasos, el primero es el arrancado de las plantas, el segundo es la trilla que es la operación de separar los granos de las vainas y el tercero es la limpieza de los granos trillados.

La cosecha de frejol en Bolivia dependiendo del área sembrada, variedad de frejol y sistema de producción se realiza de tres formas: la cosecha manual, la cosecha semimecanizada y la cosecha mecanizada.

9.1. Arrancado y trilla manual

La cosecha manual de frejol en Bolivia consiste en realizar inicialmente el arrancado manual de las

plantas, secado y posterior apilado de los montones o amontonado para realizar la trilla por medio de garroteo utilizando palos. Este proceso se ejecuta sobre una carpa tendida en el piso, pero en muchos casos se forman armazones de palos denominados como “chapapas”. (Figura 102).

Esta forma de realizar la cosecha de frejol se realiza en zonas donde la superficie sembrada no es mayor a una hectárea, como también en sistemas de producción en sistema “chaqueado” y en variedades que son muy susceptibles al daño mecánico como la variedad blanquiscal; en cualquiera de los casos una vez realizada la trilla, se procede al venteado para separar los granos del rastrojo.

9.2. Cosecha semimecanizada

La cosecha semimecanizada consiste en realizar inicialmente el arrancado manual de las plantas formando montones pequeños o dejar hileras para permitir el secado. En este sistema, para la trilla se utilizan medios mecánicos como tractores, camiones y en muchos casos se utilizan trilladoras estacionarias accionadas por la toma de fuerza del tractor agrícola o accionado por motores pequeños. (Figura 103).



Figura 100. Cultivo de frejol con infestación de quinuilla *Chenopodium album*, localidad Ayacucho (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2010. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 101. Cultivo de frejol con infestación de Santa Lucía *Commelina* spp., localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Esta forma de cosechar el frejol predomina en las principales zonas de producción de frejol en Bolivia, debido a varios factores que citamos a continuación:

- Las variedades sembradas en Bolivia no permiten realizar la cosecha mecanizada de frejol por tener la inserción de las primeras vainas muy cerca de la corona de la planta, esta morfología hace que las plantas tengan las vainas muy cerca del suelo y con una cosecha mecanizada se perdería un buen porcentaje de los granos.
- Otro de los factores es la dehiscencia de las vainas al momento de la trilla y el partido de los granos (separación de los cotiledones) que presenta la mayoría de las variedades sembradas en Bolivia, especialmente cuando el contenido de humedad en los granos es menor a 14%.
- Por último, por la forma y tamaño del grano de frejol, es decir variedades con semillas de tamaño grande y de forma arriñonada son más propensos al daño mecánico como son las variedades rojo oriental, rojo cativo y blanquiscal. En cambio las variedades que presentan semillas de tamaño mediano a pequeño y de forma redonda son menos susceptibles al daño mecánico.

Todos estos son los factores hacen que la cosecha de frejol en Bolivia y en el departamento de Santa Cruz en su mayoría sean cosechadas de forma semimecanizada. Las trilladoras estacionarias o trilladoras remolcadas utilizadas para la trilla de frejol, por lo general tienen la disposición del cilindro de trilla de flujo axial, con este tipo de cilindros, el daño mecánico causado al grano es menor en comparación con las trilladoras estacionarias convencionales que tienen la disposición del cilindro de trilla longitudinal.

Las revoluciones del cilindro de trilla de las trilladoras estacionarias cualquiera que sea la marca y modelo debe fluctuar entre 350 a 600 rpm, esta variación de las revoluciones está sujeta al contenido de humedad del grano y el tamaño y forma de grano. Es decir si las características de la variedad a cosechar tiene granos pequeños y el contenido de humedad esta alrededor del 15% o más, las revoluciones del cilindro de trilla pueden fluctuar alrededor de los 600 rpm, en cambio en variedades donde el tamaño de los granos es grande y el contenido de humedad del grano está aproximadamente a 14% las rotaciones del cilindro trilla debe fluctuar entre los 350 a 450 rpm, estas afirmaciones son producto de

investigaciones realizadas por el Programa Frejol del IIA El Vallecito en la campaña invierno 2004, citado por Choque V. 2006. En las zonas de producción de frejol en el departamento de Santa Cruz, existen una diversidad de marcas, modelos y tamaños de máquinas trilladoras remolcadas por tractores agrícolas que realizan el trillado de frejol en las campañas de invierno y verano. (Figura 104).

9.3. Cosecha mecanizada de frejol

La cosecha mecanizada de frejol en Bolivia se realiza en menor porcentaje específicamente en las zonas de mayor producción y es realizada de dos formas, una de ellas es utilizando cortadoras mecánicas enganchado en los tres puntos del tractor y posteriormente se efectúa la trilla con equipos también remolcados por un tractor agrícola y la otra forma es utilizando cosechadoras combinadas especialmente equipados con cilindros de flujo axial.

El uso de las cortadoras mecánicas está en prueba en las zonas de mayor de producción (invierno 2013), pero consiste en realizar el corte de las plantas en la etapa de madurez fisiológica, la máquina deja las plantas cortadas en hileras para el secado de las vainas y posteriormente ser trilladas con equipos (trilladoras) remolcados por un tractor agrícola.

El uso de cortadoras mecánicas fue observada en la campaña invierno 2013 en la zona de Chané Independencia.

Figura 102. Trilla manual del cultivo de frejol, localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



dencia, el equipo fue introducido por la asociación nacional de productores de frejol ASOPROF, la cortadora presenta buen desempeño para aquellas variedades que tienen mayor altura de planta (Carioca Perla, Negro Chané y Negro Bonito), por el contrario para las variedades que tienen menor altura como Rojo Oriental y Blanco Othebo se requiere mejor ajuste del equipo, además para el uso de este equipo los suelos deben estar bien nivelados. (Figura 105).

Otra forma de realizar la cosecha mecanizada es utilizando cosechadoras combinadas, estos equipos necesariamente deben estar equipados con cilindros de flujo axial, con equipos de estas características el daño mecánico en el grano es menor cuando se utilizan equipos con cilindros de disposición longitudinal. Según estudios realizados por PRONALAG (2007) datos no publicados, en la zona este del departamento de Santa Cruz en la cosecha mecanizada se tienen menores daños en variedades que presentan semillas de tamaño mediano a pequeño y mayores daños mecánicos en variedades que presentan semillas de tamaño grande, aunque muchos productores señalan que esta característica depende de la regulación de la rotación del cilindro de trilla y la humedad del grano.



Figura 103. Cultivo de frejol arrancado manual formando camellones, para la trilla mecanizada, localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña de invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 104. Trilla mecanizada de frejol con trilladoras remolcadas, localidad Chané Independencia, (Llanos de Santa Cruz), campaña de invierno 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Este criterio es compartido por el autor del presente libro, tomando en cuenta que el porcentaje de humedad del grano varía a lo largo del día debido a que la humedad relativa no es constante durante el día, este factor hace que en muchas zonas de producción de frejol la cosecha mecanizada o trilla de frejol se realice por la noche debido a que la humedad relativa durante la noche es mayor.

La cosecha mecanizada de frejol es practicado por los agricultores que tienen superficies mayores a 20 hectáreas o más, los agricultores de la zona de la Colonia Berlín (municipio de San Julián) y Chané Independencia tienen superficies de siembra mayores a 20 has, en estas dos zonas de producción de frejol en la campaña de invierno se inicia la cosecha mecanizada inicialmente con cosechadoras combinadas convencionales (cilindro longitudinal), en invierno 2011, la cosecha mecanizada se realizó en la mayoría de los casos con cosechadoras combinadas equipadas con cilindros de flujo axial, como se indicó anteriormente este tipo de equipos ejerce menor daño mecánico, además este tipo de equipos tiene mayor rango de regulación de la rotación del cilindro de trilla. (Figura 106 -107).

9.3.1. Regulación de las cosechadoras combinadas para la cosecha de frejol

De manera general para la regulación de las cosechadoras combinadas se deben tomar en cuenta factores como el cultivo, la humedad del grano a trillar y por último la separación que existe entre el cilindro de trilla y el cóncavo. (Figura 108 -109).

- La velocidad del cilindro es variable para cada cultivo. En general, cuando los granos son fácilmente separables la velocidad del cilindro es baja y a medida que se dificulta más la separación, la velocidad debe incrementarse. Según sugerencia de varios autores para el frejol se tiene un rango de velocidad que varía de 200 a 700 rpm.
- La humedad del grano varia durante el día, se debe comprender que esta humedad depende de la humedad relativa de la zona, en Santa Cruz, la mayor superficie de siembra es en la época de invierno, por lo que la cosecha se realiza en los meses de agosto-septiembre, en esta época la humedad relativa es baja.



Figura 105. Prueba de corte y formación de hileras de frejol para secado y posterior trilla, localidad Chané Independencia, (Llanos de Santa Cruz), campaña de invierno 2013. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 106. Cosecha mecanizada de frejol (variedad rojo oriental), localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña de invierno 2011, cortesía de BOLTAGRO 2011.



Figura 107. Cosecha mecanizada de frejol, (variedad perla oriental) localidad Chané Independencia (Llanos de Santa Cruz), campaña de invierno 2011, cortesía de BOLTAGRO 2011.

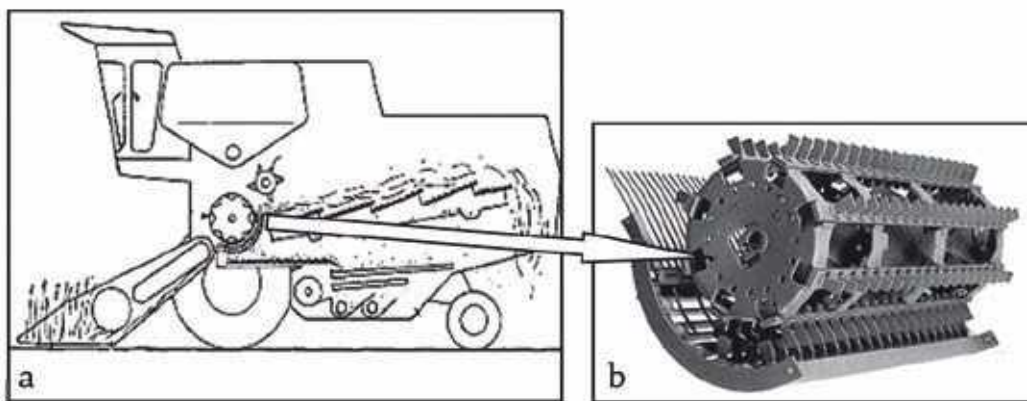


Figura 108. a Representación gráfica de la cosechadora combinada convencional y b cilindro de trilla convencional o longitudinal, utilizado en la cosecha de granos en las diferentes campañas agrícolas, ilustrado por Choque V. & Salgado T. 2012. Maquinaria Agrícola.

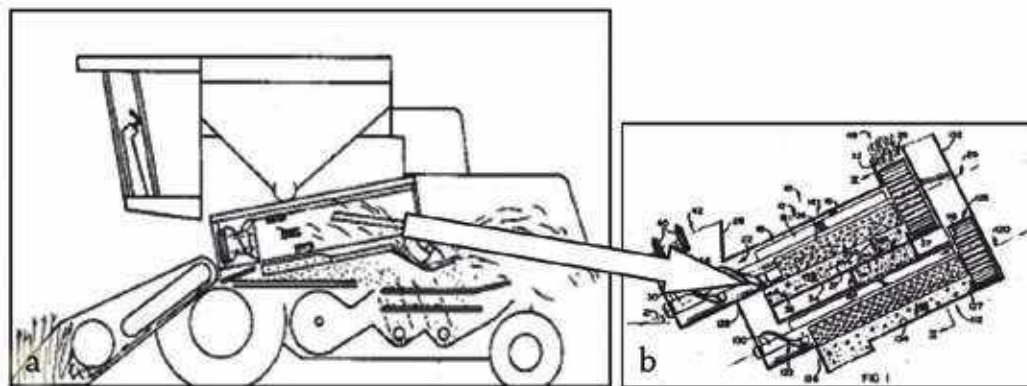


Figura 109. a Cosechadora combinada con cilindro de flujo axial y b cilindro de trilla de flujo axial, utilizado en la cosecha de semilla en las diferentes campañas agrícolas, ilustrado por Choque V. & Salgado T. 2012. Maquinaria Agrícola.

Por esta razón en muchos casos la trilla se realiza en horas de la noche para evitar el daño mecánico.

- La separación cilindro cóncavo depende de las características físicas del frejol y varía especialmente por el diámetro promedio del mismo, es decir para las variedades de frejol con semilla grande (Rojo Oriental) la separación cilindro cóncavo debe ser mayor comparado con las variedades de semilla de tamaño mediano y pequeño (Perla Oriental, Carioca Mairana, Negro Chané, Negro Sequía, Negro Bonito y Blanco Othebo) la separación cilindro cóncavo debe ser menor.

Por otro lado, para tener éxito en la cosecha mecanizada de frejol, es necesario que el operador de la cosechadora combinada tenga buen conocimiento especialmente en la regulación de la rotación del cilindro de trilla, para evitar daño mecánico en la semilla o grano de frejol.

En muchos casos el cultivo de frejol requiere el desecado con herbicidas de contacto (paraquat) antes de la cosecha mecanizada, esto se realiza cuando la maduración del cultivo no es uniforme y existe presencia de malezas, para tener granos o semillas con menor porcentaje de impurezas, aunque no es muy común debido a que en la época de invierno la maduración de frejol es uniforme y la presencia de malezas es menor comparado con la campaña de verano en la zona de producción de frejol.

10. Destino de la producción del frejol boliviano

En Bolivia se estima que se cultivan aproximadamente 58.000 ha de frejol al año del total de la producción se exporta aproximadamente el 90%. Los volúmenes exportados y principales destinos del frejol boliviano, según IBCE 2013 son reflejados en las figuras que se tienen a continuación. (Figura 110).

Los principales destinos de las exportaciones del frejol boliviano entre el 2005 y 2012, son Brasil, Colombia, España, Perú y Japón, aunque existen 26 países según el IBCE 2012, con volúmenes menores, lo que demuestra que existen diversos nichos de mercado para el frejol boliviano. (Figura 111).

No existen estudios específicos sobre el consumo de frejol en Bolivia, pero varias instituciones que trabajan con el cultivo de frejol coinciden en señalar que el mercado interno demanda aproximadamente el 10% de la producción de frejol con un consumo promedio aproximado en menos de 0,5 kg/persona/año, este consumo es mayor en las zona de los llanos de Bolivia, muy escaso en la parte de los valles y altiplano.

En las regiones productoras el consumo es mayor al promedio de consumo nacional, ROYECTO PIC FREJOL 2012.

11. Manejo integrado del cultivo de frejol (MICF)

El manejo integrado del cultivo de frejol (MICF) es una serie de técnicas y métodos para el manejo de especies consideradas plagas (insectos dañinos, patógenos que causan enfermedades y plantas consideradas malezas) orientado con una visión permisiva para que los enemigos naturales y los factores ambientales actúen, haciendo el uso racional de los plaguicidas.

El MICF sugiere el uso de plaguicidas solamente después de haber efectuado una observación detallada del comportamiento de las poblaciones de especies consideradas plaga y de los factores naturales que propician el incremento poblacional de las especies problema. El MICF toma en consideración todas las herramientas para reducir los problemas generados por las plagas, inclusive no realizar ninguna acción. El MICF incluye las prácticas culturales, la búsqueda de variedades tolerantes y/o resistentes, mejoramiento genético, el uso de agentes biológicos

como hongos y toxinas de bacterias, manipulación genética de los enemigos naturales, mensajeros químicos (tales como atrayentes hormonales) feromonas y el uso de plaguicidas como una última acción.

11.1. Métodos para supresión poblacional de enemigos naturales en MICF

Los métodos de control o manejo de las especies consideradas plaga en el cultivo de frejol son varios e involucran mucho de la ciencia aplicada y de la tecnología disponible. Estos métodos son clasificados en un orden que puede ser discutido muy sanamente, pero que en el presente libro describiremos los más prácticos, que son aplicados por los agricultores.

11.1.1. Métodos culturales o uso de prácticas agronómicas

Uso de semilla certificada, es considerado uno de los métodos más económicos, sabiendo que la mayor parte de las especies consideradas plagas, ingresan junto con la semilla, especialmente cuando son áreas nuevas para el cultivo y una vez establecido en el campo del agricultor (cualquiera sea la plaga) su manejo es más complejo y aumenta los costos de producción por unidad de área. Por ejemplo, la semilla de alta calidad en una siembra óptima permite tener una población adecuada, lo que dificulta el desarrollo normal de las malezas. (Figura 112).

Tratamiento de semillas, es una práctica que permite recubrir la semilla con agentes biológicos, físicos y químicos, que proveen a la semilla y a la plántula la protección contra el ataque de insectos y enfermedades transmisibles por semilla, como aquellas que infectan en la germinación y la emergencia del cultivo, provocando consecuencias en el establecimiento y la producción de los cultivos cuando no son controladas, también esta práctica permite el control de insectos en la fase inicial del cultivo. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Productos utilizados en el tratamiento de semillas de frejol, nombre comercial, nombre técnico y dosis del producto. Fuente: ANAPO, 2012 LOS AGROQUÍMICOS y SEMILLAS ¿Cuánto cuestan?

Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis
Escudo	Thiram 5% + Amicarbazol 5%	400cc a 300 cc/100 kg de semilla
Tactik	Thiram 50%	200g/100kg de semilla
Tactik + Ultimate	Thiram 50% + Carbendazim 50%	200g + 200cc/100 kg de semilla
Maxim XI	Fludioxonil 25G/L + Metalaxil 10G/L	100 cc/ 100 kg semilla
Cruiser	Thiametoxan 350 G/L	100 cc/ 100 kg semilla
Acronis	Piraclostrobin + Metil Tiophanato	150 g/ 100 kg de semilla

Nota: En la lista no están incluidos todos los productos, además la permanencia de los productos en el mercado es muy dinámica.

El costo de esta práctica es muy reducido comparado con una aplicación foliar ya sea de insecticida o fungicida.

Inoculación de la semilla, existen inoculantes específicos para el cultivo de frejol a base de bacterias específicas como el *Rhizobium* sp., la inoculación se realiza con el objetivo de introducir cepas de bacterias para que en simbiosis con las raíces del frejol permita la fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo, de esta forma tener un buen aprovechamiento de este elemento por el cultivo. (Cuadro 12 y Figura 113).

Uso de variedades tolerantes y/o resistentes,

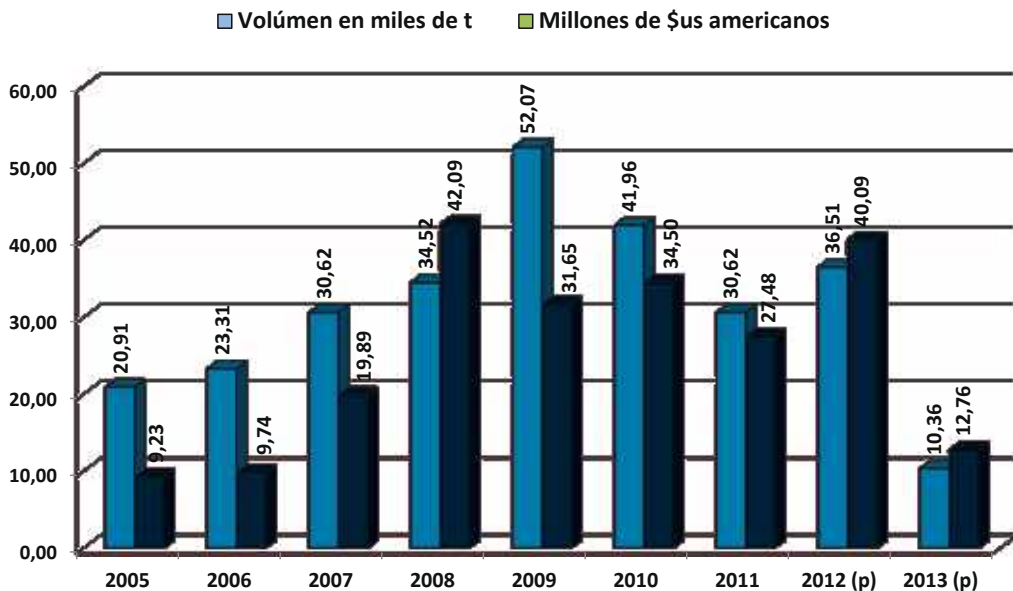


Figura 110. Cantidad de frejol exportado en miles de toneladas y valor de las exportaciones de frejol expresadas en millones de dólares americanos periodo 2005 – 2012, según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), 2013. El año 2013(p) comprende de enero - agosto.

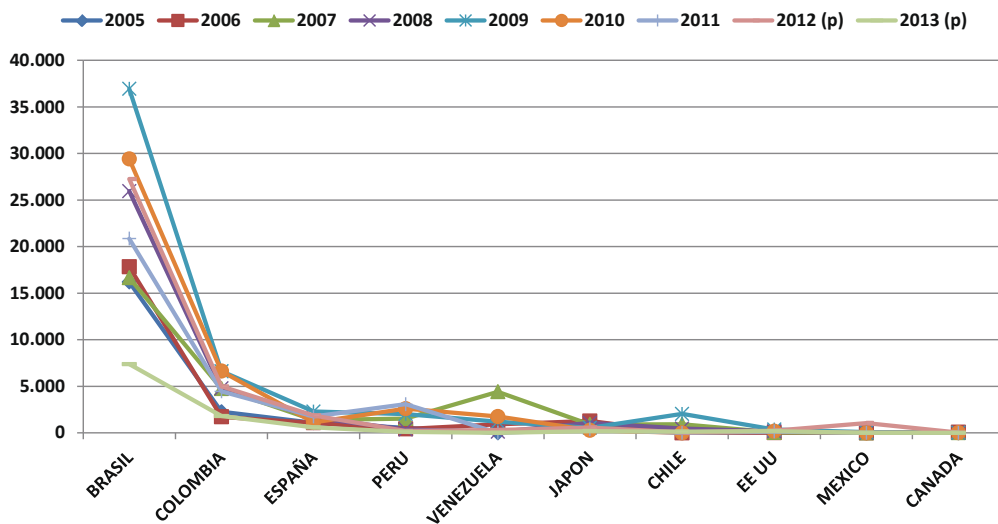


Figura 111. Principales destinos y volúmenes de las exportaciones del frejol boliviano expresado en t, periodo 2005 – 2013 (p), según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), 2013. El año 2013(p) comprende de enero - agosto. (P= datos parciales)



Figura 112. Semilla de frejol certificada de la categoría básica para su multiplicación en otras categorías por semilleros autorizados. Programa Frejol, El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Cuadro 12. Inoculantes sugeridos y utilizados en el cultivo de frejol, nombres comerciales, bacteria simbiótica y dosis de los productos. CIAT, 2012 & INDUSTRIAS LUCANO, 2008.

Nombre comercial	Cepa de la bacteria	Especie de la bacteria	Dosis por 100 kg de semilla
Fertimax turba para frejol	SEMIA 2667	Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli	Aplicar en mezcla de las dos cepas 200 g de SEMIA 2667 + 200 g de la cepa SEMIA 4077
	SEMIA 4077	Rhizobium tropici	
N2 Inoculante para frejol	CIAT 632	Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli	500 g

en frejol existen variedades comerciales que difieren en tamaño, forma y color de grano, por ejemplo la variedad Blanco Othebo es susceptible a la roya del frejol (*Uromyces appendiculatus*), en cambio las variedades Rojo Oriental, Negro Chané y Negro Sequía son tolerantes a las principales enfermedades.

Además se debe comprender que las variedades

tienen reacciones diferentes cuando se realizan las siembras en las dos épocas, por ejemplo en la zona de los Valles en primavera y verano la presión de la roya de frejol es más severo y no así en la zona de los llanos en la época de invierno.

Ante esta situación las variedades tolerantes y susceptibles manifiestan reacciones diferentes, por lo que es muy importante conocer los principales patógenos y la tolerancia que presentan las variedades, además se tener muy en cuenta las épocas y fechas de siembra. (Figura 114).

Rotación de cultivos, es una práctica que permite reducir la población de especies consideradas plagas, por ejemplo, como el frejol se siembra en invierno en la zona de los llanos se sugiere rotar con gramíneas como el maíz y arroz que son cultivos de verano en la zona de los llanos de Santa Cruz y en los valles con hortalizas y otros cultivos como el maíz, papa, entre los principales. Esta práctica de rotaciones permite reducir poblaciones de malezas, insectos y el inóculo de los principales patógenos que causan enfermedades en el cultivo de frejol.

Época de siembra, la época de siembra de frejol



Figura 113. Semilla de frejol tratado con inoculante, campaña invierno 2012. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 114. Líneas de frejol con tolerancia y susceptible a roya de frejol *Uromyces appendiculatus*, observado en la zona de los Valles, campaña de verano 2011. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



en los llanos de Santa Cruz está cada vez más adelantada. Es decir en la década del 90 las recomendaciones para la siembra de frejol en invierno fue para los meses de mayo-junio para la zona de mayor producción de frejol (Colonia Berlín, Chané Independencia, San Julián y otros), después del año 2000 las recomendaciones de las fechas de siembra para las mismas zonas son los meses de abril-mayo. Adelantar la época de siembra permite aprovechar mejor la humedad almacenada de la campaña de verano y tener buen desarrollo de la planta, además se evita tener la presencia de las enfermedades de fin de ciclo como es el oidio (*Erysiphe polygoni*). En la zona de los Valles mesotérmicos de Santa Cruz, la siembra se realiza en los meses de octubre-noviembre en zonas donde se cuenta con riego, esta práctica permite que la roya de frejol, no se manifieste muy agresiva, en cambio en las siembras realizadas en los meses de diciembre-enero la roya de frejol, la mancha angular y antracnosis (*Isariopsis griseola* y *Colletotrichum lindemuthianum*) se presentan con mayor agresividad en las variedades que tienen semilla de tamaño mediano y pequeño.

Limpieza del cultivo, en frejol y en otros cultivos es muy importante la erradicación de malezas. La presencia de malezas en muchos casos sirve de refugio para muchos insectos plaga, fuente de inóculo de los patógenos que causan enfermedades, la competencia directa con el cultivo y la dificultad para realizar labores posteriores y principalmente el arrancado y la trilla. Además de dificultar la cosecha mecanizada el grano o semilla tiene mayor porcentaje de impurezas y el aspecto visual es desagradable lo que reduce el precio del producto. Por otra parte cuando se tiene el cultivo con malezas en el arrancado, los trabajadores no realizan una labor adecuada y se incrementa el precio por unidad de superficie. (Figura 115).

Fertilización, en la actualidad la producción agrícola requiere un nuevo enfoque, comprender por ejemplo lo que se extrae del suelo como son los nutrientes conjuntamente con los granos que se cosechan de-

ben ser repuestos al mismo suelo. Muchos productores solo extraen y no la reponen, este proceso de extracción se conoce como “minería de suelo” y para una correcta fertilización o reposición de los nutrientes se debe realizar considerando por lo menos tres factores fundamentales, la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo que se conoce a través del análisis del suelo, cantidad de nutrientes que se extrae al cosechar los cultivos y de la factibilidad económica de cada cultivo.

También es conocido que plantas con una buena fertilización adicional o natural presentan buen desarrollo permitiendo de esta manera tolerar mejor el ataque de especies consideradas plaga.

Preparación de suelos, considerado por muchos autores como “un mal necesario”, esta afirmación se sustenta, porque al realizar la preparación de suelos en forma convencional se distribuye los medios de propagación de las plantas consideradas malezas (por ejemplo coquito *Cyperus rotundus*), mueve “el banco” de las semillas que se encuentran a profundidades mayores, el uso exagerado degrada el recurso suelo (destrucción de la estructura del suelo); y es considerado necesario porque al realizar la preparación de suelos se incorpora y destruye los restos del cultivo anterior, en ocasiones se deja al descubierto insectos dañinos que se encuentran en el suelo, provocando que muchos de ellos sirvan de alimento a las aves y otros animales, de esta manera se reduce la población de especies consideradas plaga, mejora ocasionalmente la porosidad del suelo, incorpora, mezcla y acelera la descomposición de los restos de los vegetales principalmente de la vegetación espontánea y de las especies consideradas malezas etc.

Debe tenerse en cuenta que la exagerada preparación (dependiendo del tipo de suelo acompañada de lluvias después de la siembra) provoca el encostramiento. (Figura 116 - 117).

Métodos físicos



Figura 115. Cultivo de frejol libre de malezas en etapa de maduración. Campo de producción comercial de frejol en la zona de los Valles, verano 2011. (Choque V. & Padilla J.).



Figura 116. Cultivo de frejol con problemas de encostramiento, producto de la lluvia después de la siembra, campaña de verano 2006, zona de los Valles cruceños. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).

Figura 117. Plántulas de frejol con daño físico producto del encostramiento, provocado por lluvia después de la siembra, campaña de verano 2006, zona de los Valles cruceños. Programa Frejol, IIA El Vallecito. (Choque V. & Padilla J.).



Uso de trampas, es uno de los métodos más simples usados para el manejo de la mosca blanca *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*, en la zona de los Valles de Santa Cruz, que consiste en colocar plásticos de color amarillo con pegamento.

En diferentes partes del lote sembrado con frejol u otros cultivos, los insectos adultos de estas especies son atraídos por el color y terminan pegándose en el plástico, es una forma de trampa que reduce la población de estos insectos.

11.1.2. Métodos químicos para el manejo de especies consideradas plagas

Este método consiste en el uso de productos químicos, los más comunes son el uso de herbicidas, insecticidas, fungicidas y los menos comunes, son los atrayentes, repelentes, esterilizantes inhibidores

de crecimiento y modificadores de comportamiento, en el presente libro solo mencionamos el uso de los productos químicos más comunes (herbicidas, insecticidas y fungicidas).

11.1.2.1. Control químico de insectos

La estrategia química es considerada como la última alternativa de acción rápida cuando la especie considerada plaga causa daños económicos. Los insecticidas utilizados son diversos, en el mercado hay productos de acción sistémica, de inhalación, de contacto e ingestión, existen diversas empresas que comercializan los agroquímicos con nombres comerciales diferentes, pero que en muchos casos poseen los mismos ingredientes activos. (Cuadro 13).

Sugerencias útiles para la aplicación de insectos

Cuadro 13. Insecticidas utilizados en el cultivo de frejol, nombres comerciales, nombres técnicos y dosis de los productos.
Fuente: ANAPO, 2012, LOS AGROQUIMICOS y SEMILLAS ¿Cuánto cuestan?.

Plagas (insectos)	Nombre común	Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis l/ha
Gusanos cortadores	Gusano tierrero y	Vortex	Imidacloprid 70% Wp	0,06 - 0,1
	Gusano militar	Prime		
Vaquitas	Diabrotica y Cerotoma son los más comunes	Fentox	Fenvalerato 6,25 % + Foxim 18,75%	0,8
		Emperador	Cipermetrina 25%	0,2
		Colax	Clorpirifos 48%	0,8
		Karate Zeon 250	Lambdacyhalotrina 250 G/L	40 - 50 cc/ha
		Engeo	Lambdacyhalotrina 106 G/L + Thiametoxan 141 G/L	250 cc/ha
		Emir	Endosulfan 35%	0,8
		Red Devil	Methomyl 90%	0,2
		Dicalas	Triclorfon 80%	0,5 - 1,0
Gusanos defoliadores	Falso medidor y otros defoliadores que se presentan en el cultivo de frejol	Red Devil	Methomyl 90%	0,2
		Karate Zeon 250	Lambdacyhalotrina 250 G/L	40 - 50 cc/ha
		Engeo	Lambdacyhalotrina 106 G/L + Thiametoxan 141 G/L	250 cc/ha
		Fentox	Fenvalerato 6,25 % + Foxim 18,75%	0,8
		Colax	Clorpirifos 48%	0,8
		Dicalas	Triclorfon 80%	1
		Cascade	Flufenoxuron 100 G/L	40 - 50 cc/ha
		Nomolt	Teflubenzuron 150 G/L	125 - 150 cc/ha
Perforador de vainas	Maruca	Colax	Clorpirifos 48%	0,8
	Heliothis sp	Marfuz	Metamidophos 60%	0,8
Chicharritas	Empoasca/cigarrita	Vortex	Imidacloprid 70%	0,06
		Karate Zeon 250	Lambdacyhalotrina 250 G/L	40 - 50 cc/ha
		Engeo	Lambdacyhalotrina 106 G/L + Thiametoxan 141 G/L)	250 cc/ha
		Fentox	Fenvalerato 6,25 % + Foxim 18,75%	0,8
		Inmunit	Teflubenzuron 150 G/L + Alfacipermetrina 75 G/L	200 - 250 cc/ha
		Perfektion	Dimetoato 400 G/L	600 - 800 cc/ha
Minadores de hoja	Minador de hoja	Dicalas	Triclorfon 80%	0,8
		Vertigo	Diflubenzuron 25%	0,2
		Vortex	Imidacloprid 70%	0,06

Continuación Cuadro 13

Plagas (insectos)	Nombre común	Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis l/ha
Chupadores	Aphis spp (pulgones)	Percal	Pirimicarb 50%	0,2
		Emir	Endosulfan 35%	0,8 - 1,0
		Marfuz	Metamidophos 60%	0,8 - 1,0
		Fentox	Fenvalerato 6,25 % + Foxim 18,75%	0,8 - 1,0
		Perfektion	Dimetoato 400 G/L	600 - 800 cc/ha
Mosca blanca	Bemisia tabaci	Ferax	Carbosulfan 20%	0,8 - 1,0
		Fentox	Fenvalerato 6,25 % + Foxim 18,75%	0,8 - 1,0
		Engeo	Lambdacyhalotrina 106 G/L + Thiametoxan 141 G/L)	250 cc/ha
		Vortex	Imidacloprid 70%	0,060 - 0,10
		Marfuz	Metamidophos 60%	0,5 - 1,0
		Emri	Endosulfan 35%	0,8 - 1,0
Ácaros	Todos los ácaros	Vertimec	Abamectin 84 G/L	250 cc/ha
		Cascade	Flufenoxuron 100 G/L	40 - 50 cc/ha

Nota: En la lista no están señalados todos los productos, además la permanencia de los productos en el mercado es muy dinámica.

ticidas en frejol

- Escoger un buen producto y evitar el uso del mismo ingrediente activo para un mismo insecto.
- Aplicar las dosis recomendadas.
- Aplicar en estado larval o en ninfas (en los primeros estadios).
- Utilizar agua limpia.
- Escoger horarios de aplicación considerando las condiciones climáticas y hábitos del insecto plaga.
- Utilizar mochilas en buen estado.
- Utilizar boquillas adecuadas y en buen estado.

11.1.2.2. Control químico de malezas

El control químico de malezas en el cultivo de frejol, es considerado un método muy eficaz, porque ha permitido liberar a los agricultores del enorme es-

fuerzo que significa tener limpios los campos para evitar la interferencia ejercida por la presencia de las malezas sobre el cultivo. Existen productos que es posible usar antes de la emergencia del cultivo (PRE), pre siembra incorporado (PPI) y productos que se usan después de la emergencia del cultivo (POST), además de productos de acción sistémica y de contacto.

Para tener éxito con este método deben ser considerados los factores que afectan la eficiencia de control de malezas, como por ejemplo propiedades físico-químico de los herbicidas, características de las malezas (hoja ancha y angosta), estado de desarrollo de las malezas y factores relacionados con el ambiente y con las tecnologías o máquinas usadas en la aplicación de los herbicidas.

El término de manejo integrado de malezas (MIM) es la unión de dos factores, la integración y el manejo. La integración es el uso de varios métodos de control disponibles, sean culturales, mecánicos, biológicos

y químicos. Esta integración se refiere al conocimiento de la fisiología del cultivo y de la biología de las malezas a tratar o controlar. El manejo está relacionado con la toma de decisiones, que depende mucho del monitoreo. (Cuadro 14).

Este concepto nos lleva a una visión de convivencia, en el sentido que la presencia de malezas es permitida hasta un límite donde no interfiere el desarrollo del cultivo, es importante tener en cuenta que el MIM debe ser adoptado para cada zona de producción, campaña agrícola e incluso para una determinada propiedad por lo que no existe una receta general.

Herbicidas usados para el control de malezas en frejol

Cuadro 14. Herbicidas más utilizados en el cultivo de frejol, nombres comerciales, nombres técnicos y dosis de los productos. Fuente: ANAPO, 2012. LOS AGROQUIMICOS y SEMILLAS ¿Cuánto cuestan?.

Nombre comercial	Nombre técnico	Malezas que controla	Dosis en l/ha	Observaciones
Daclor	Acetoclor 90%	Hoja ancha y gramíneas	Suelo pesado 1l, suelo franco 0,8 suelo liviano 0,5	Pre-siembra
Grazon	Bentazon 56%	Hoja ancha	0,8 - 1,2	post-siembra
Masonic	Acifluorfen Sodico 24%	Hoja ancha	0,8 - 1,0	post-siembra
Perlex	Fomesafen 25%	Hoja ancha	0,8 - 1,2	post-siembra
Pusher	Clethodim 24%	Gramíneas	0,4	post-siembra
Konteo	Fenoxaprop - p - etil 6,9%	Gramíneas	0,7 - 1,0	post-siembra
Fibra	Fomesafen 250g/l	Hoja ancha	0,8 – 1,0 l/ha	post-siembra
Flex	Fomesafen 250 g/l	Hoja ancha	0,8 - 1,0 l/ha	post-siembra
Fusilade	Fluazifop-p-butyl 250 g/l	Gramíneas	0,4 - 0,5 l/ha	post-siembra
Sweeper	Imazamox 700 g/kg	Hoja ancha y ciperáceas	40 - 50 g/ha	post-siembra
Basagran	Benatlon 600 g/l	Hoja ancha y ciperáceas	1 - 1,5 l/ha	post-siembra

Nota: En la lista no están señalados todos los productos, además la permanencia de los productos en el mercado es muy dinámica.

Sugerencias útiles para la aplicación de herbicidas en frejol

- Aplicar herbicidas cuando hay humedad en el suelo.
- Aplicar herbicidas cuando la velocidad de los vientos sea menor a los 10 km por hora.
- Aplicar herbicidas cuando las malezas estén en pleno desarrollo.
- Utilizar boquillas adecuadas y en buen estado.
- Utilizar agua limpia.
- Aplicar las dosis recomendadas.
- Utilizar mochilas en buen estado.
- Aplicar herbicidas en horas con poco sol.

11.1.2.3. Control químico de enfermedades

En el control químico de enfermedades dentro del manejo integrado de las enfermedades (MIE), el uso de los fungicidas y bactericidas foliares no resultan económicos para todos los cultivos. Dan la mejor tasa de costo/beneficio cuando se usan sobre todo en cultivos altamente rentables, manejados bajo condiciones donde las enfermedades fungosas foliares son un factor limitante.

En el control químico de las enfermedades en frejol, las aplicaciones deben iniciarse antes de la infección o antes que los síntomas de la enfermedad estén ampliamente difundidos, especialmente cuando se usan fungicidas de contacto o protectores. En las dos zonas de producción (valles y llanos), las principales enfermedades fungosas foliares son muy sencillas de identificar según la etapa de desarrollo del cultivo en que aparecen.

La mayoría de las enfermedades fungosas no infectan las plantas de frejol hasta la etapa de la prefloración.

La frecuencia de las aplicaciones depende de la severidad de la enfermedad, las lluvias, y el tipo de fungicida. Los fungicidas tipo protectores pueden ser derretidos o lavados del follaje por las lluvias, pero los sistemáticos una vez ingresados a la planta son absorbidos y no presentan esta dificultad, por lo tanto los fungicidas de contacto deben ser aplicados con más frecuencia dependiendo de la severidad de las enfermedades.

La cobertura uniforme y completa del follaje del cultivo es muy importante para la aplicación de los fungicidas, especialmente para los protectores. La mayor cobertura se obtiene con volumen bajo por unidad de superficie y gotas pequeñas, especialmente para fungicidas protectores.

Fungicidas utilizados para el control de enfermedades en frejol

Cuadro 15. Fungicidas más utilizados en el cultivo de frejol, nombres comerciales, nombres técnicos y dosis de los productos. Fuente: ANAPO, 2012. LOS AGROQUIMICOS y SEMILLAS ¿Cuánto cuestan?

Nombre comercial	Patógenos que controla	Nombre técnico	Dosis en l/ha
Ultimate	Roya, Antracnosis y Mancha angular	Carbendazim 50%	0,5 - 1,0
Titan	Roya y Antracnosis	Tebuconazole 25%	0.2-0.5
Propicio	Roya, Oidium y Antracnosis	Propiconazole 25%	0.5
Priori xtra	Roya, Antracnosis y Mancha angular	Azoxystrobin 200 G/L + Cyproconazole 80 G/L)	0,3
Amistar top	Roya, Antracnosis y Mancha angular	Azoxystrobin 208 G/L + Difenconazole 130 G/L	250 cc/ha
Taspa	Roya, Antracnosis y Mancha angular	Propiconazole 250 G/L + Difenconazole 250 G/L)	150 cc/ha
Cobretane	Roya y Mancha angular	Oxicloruro De Cobre + Mancozeb	2 kg/ha
Dhitane* 80nt	Roya, Mancha angular y Antracnosis	Mancozeb 800 G/Kg	1,5 - 2 kg/ha
Opera	Roya y Mancha angular	Epoxiconazole 50 G/L (F500) + Pyraclostrobin 133 G/L	0,5 l/ha

Nota: En la lista no están señalados todos los productos, además la permanencia de los productos en el mercado es muy dinámico.

12. Bibliografía

AGRIPAC. 2012. Agroquímicos para el cultivo de frejol. Lista de productos. Santa Cruz Bolivia.

AGROINDUSTRIAS LUCANO S.R.L. 2008. Inoculante FERTIMAX Turba para Frejol, Características del Producto, Microbiología Aplicada. Santa Cruz Bolivia.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE OLEAGINOSA Y TRIGO (ANAPOT) 2010. Los agroquímicos ¿Cuánto cuestan?. Lista de productos agropecuarios publicación anual. Santa Cruz Bolivia.

CAZÓN F. M. I. 1992, Diagnóstico de microorganismos parásitos de la raíz del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), en 21 comunidades de la provincia Florida y alternativa de control químico. Tesis de grado. UAGRM Santa Cruz Bolivia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) 1994. Problemas de Producción del Frijol en los trópicos. Publicación CIAT N° 230. Cali Colombia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) 1997. Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico. Publicación. CIAT N° 241. Bogotá Colombia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT) 2010. Bean Disease And Pest Identification And Management, handbooks for small-scale seed producers. Cali Colombia.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA TROPICAL (CIAT Santa Cruz) 2012. Programa de Rizo biología, inoculantes para frejol.

CHOQUE V. y SALGADO T. 2012. Maquinaria Agrícola. UAGRM F.C.A. Carreras de Ing. Agrícola y Agronómica. Primera edición, Santa Cruz Bolivia. http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/cigarrinha-verde_248.html.

<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/aa-insectos/caleothrips-phaseoli-01.htm>

http://www.agrolink.com.br/agricultura/problemas/busca/acaro-branco_25.html.

<http://culturaagraria.blogspot.com/2012/03/arana-roja-tetranychus-urticae.html>.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF) 2012. Informe Anual INIAF semillas Santa Cruz. www.iniaf.gob.bo

INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR (IBCE). 2013. Estadística de las exportaciones de frejol boliviano, volumen, destino y valor monetario. Santa Cruz Bolivia.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA) 2010. Plagas de Frijol en Centro América. Guía de Identificación y manejo integrado. Proyecto Red de Innovación Agrícola. Managua Nicaragua, 2010. www.redsicta.org

MORALES J. 2000. El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causados por geminivirus transmitidos por la mosca blanca en la América Latina. Impreso en CIAT Colombia.

PEÑA E. 2009. Características principales de los suelos en las principales zonas productivas de Santa Cruz, Base de datos del PIEN Suelos (CIAT y ANAPO, 2005 - 2007),

PRONALAG 2005, 2009, 2010 y 2011. Programa de Leguminosas Alimenticias de Grano, Informes Técnicos de Evaluación de las Líneas de Frejol. Campañas de verano e invierno. Programa Frejol del IIA El Vallecito. Santa Cruz Bolivia.

PRONALAG y MEDA 2002. Informe técnico de resultados de parcelas demostrativas establecidas en la localidad de Tinguipaya. Trabajo conjunto entre PRONALAG y MEDA. Potosí 2002.

ORTUBÉ J. 1999. Informes y Boletines Técnicos de las Variedades de Frejol, Programa Frejol, IIA El Vallecito. UAGRM.

ORTUBÉ J. 2004. Informes y Boletines Técnicos de las Variedades de Frejol, Programa Frejol, IIA El Vallecito. UAGRM.

RIVADENEIRA C. 2006. Reporte de Identificación del Acaro Blanco, Identificación del ácaro blanco *Polygotarsonemus latus*, localidad Jaguá (zona de los Valles de Santa Cruz).

RUIZ N. Y PACHICO D. 1999. Impacto de la Adopción de Frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Santa Cruz Bolivia. CIAT Colombia COSUDE.

UNTERLADSTAETTER R. 2008. Malezas en el Oriente Boliviano. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz Bolivia.

UNTERLADSTAETTER R. 1998. Guía para el Manejo, identificación y control de malezas. F.C.A. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz Bolivia.

VARGAS M. 2005. Introducción a la Entomología General y Agrícola. UAGRM IIA El Vallecito. Editorial LEWY LIBROS. Santa Cruz Bolivia.



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
AGRÍCOLAS “El Vallecito”**

EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS “El Vallecito”, fue creado en el año 1977 para cumplir funciones asignadas por la U.A.G.R.M. que son las de enseñanza, investigación y transferencia de tecnología.

Está ubicado al norte de la ciudad de Santa Cruz, km 7½, cuenta con una estación experimental en los predios de Facultad de Ciencias Agrícolas.

En su infraestructura tiene terrenos para ensayos experimentales, planta de beneficiamiento de semilla, clínica de diagnóstico de insectos plaga y patógenos que causan enfermedades en plantas, laboratorio de biotecnología y otros.

El instituto al presente, está en un proceso de transición, pasando de un enfoque de investigación tradicional, a un enfoque de investigación participativa, como es la inclusión de los agricultores en las evaluaciones de futuras variedades.



9 789995 429423