

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
AREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA: INGENIERIA AGROFORESTAL



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCTIVIDAD
DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN EL
MUNICIPIO COBIJA-PANDO**

Tesis de grado para optar al grado de Ingeniero Agroforestal

Presentado por: Univ. Adeilson Aguilera Alejandro

Asesor: Ing. Griceldo Carpio Tancara

COBIJA – PANDO – BOLIVIA
2016

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presidente	Dr. Benjamín Oliveira Carrillo	_____
Tribunal 1	Ing. David Gómez Roca	_____
Tribunal 2	Ing. Mary Jesús Añez Campos	_____
Tribunal 3	Ing. Ronny Silver Balcazar Sosa	_____
Asesor	Ing. Griceldo Carpio Tancara	_____

Cobija, 30 de septiembre de 2016

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres: Juana Alejandro Ortiz y Alfonso Aguilera Alvares, quienes han sido el impulso para continuar y llegar a culminar esta etapa de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- Dios por haberme dado vida, salud, y guía por guardarme de todo peligro en el transcurso de esta investigación y en el camino de toda mi vida.
- Mis padres: Juana Alejandro Ortiz y Alfonso Aguilera Alvares por haberme educado, enseñado e inculcado el estudio desde niño, sin su ayuda no habría podido llegar a este momento tan importante de mi vida.
- Mis hermanos: Ailton y Adelson Aguilera Alejandro, esposa Katerine Roca Suarez por su apoyo moral y material durante mis estudios y en la fase de elaboración del trabajo de tesis.
- Mi asesor Ing. Griceldo Carpio Tancara, por sus acertadas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación
- Los miembros del tribunal, Ingenieros: David Gómez R., Mary Jesús Añez C y Rony Silver Balcazar S., por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- Los docentes de la carrera de Ingeniería Agroforestal, por haber impartido sus conocimientos con paciencia durante el proceso de enseñanza.
- Mis compañeros de la universidad: por las muchas experiencias vividas durante los años que hemos compartido juntos.
- Mi Amigo: Elieser Roca Torrez por su valioso apoyo y consejo incondicional durante toda la etapa del trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE GRAFICOS	viii
LISTA DE FOTOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Hipótesis	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Generalidades	3
2.1.1. Importancia	3
2.1.2. Origen y distribución	4
2.1.3. Clasificación taxonómica	4
2.1.4. Descripción botánica	4
2.2. Ecología de la planta	6
2.2.1. Temperatura y luz	6
2.2.2. Precipitación	7
2.2.3. Suelos	7
2.3. Tipos de frijol	8
2.3.1. Variedades	8
2.3.2. Hábitos de crecimiento	10
2.4. Manejo del cultivo	10

2.4.1. Época de Siembra	10
2.4.2. Densidades de siembra	11
2.4.3. Fertilización	12
2.4.4. Control de malezas	14
2.4.4. Manejo Integrado de plagas (MIP)	15
2.4.5. Principales enfermedades y su control	16
2.4.6. Plagas comunes y su control	19
2.5. Cosecha	22
2.5.1. Período de Cosecha	22
2.5.2. La trilla o desgrane.	23
2.6. Rendimiento	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ubicación	25
3.2. Materiales	25
3.3. Procedimiento experimental	26
3.4. Toma de Datos	29
3.5. Diseño Experimental	30
3.6. Modelo estadístico	30
3.7. Análisis de Datos	31
4. RESULTADOS	32
4.1. Condiciones climáticas	32
4.2. Condiciones edáficas	34
4.3. Características agronómicas	35
4.3.1. Días a la emergencia y floración y cosecha	35
4.4. Características morfológicas	35
4.4.1. Altura de planta	35
4.5. Componentes del rendimiento	38
4.5.1. Número de vainas por planta	38
4.5.2. Número de granos por vaina	40
4.5.3. Peso de 100 granos	42
4.5.4. Rendimiento	44

4.6. Incidencia de plagas, enfermedades	47
4.3.1. Insectos	47
4.3.2. Enfermedades	47
5. DISCUSIÓN	49
5.1. Condiciones climáticas	49
5.2. Condiciones edáficas	49
5.3. Efecto de la fertilización en las características morfológicas	50
5.4. Efecto de la fertilización en los componentes del rendimiento	51
5.5. Incidencia de Insectos	52
5.6. Enfermedades	52
6. CONCLUSIONES	53
7. RECOMENDACIONES	54
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Exigencias minerales del frijol	14
2.	Promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial	32
3.	Características del suelo del área experimental	34
4.	Número de días desde la siembra	35
5.	Altura de planta (cm) por unidad experimental	35
6.	Resumen de altura de planta por variedades y fertilización	36
7.	Análisis de Varianza para Altura de Planta	37
8.	Resultados de la prueba de Duncan para altura de planta	37
9.	Número de vainas por planta	38
10.	Resumen del número de vainas por planta	38
11.	Análisis de Varianza para número de vainas por planta	39
12.	Número de granos por vaina	40
13.	Resumen de número de granos por vaina	40
14.	Análisis de Varianza para número de granos por vaina	41
15.	Peso de 100 granos	42
16.	Resumen del peso de 100 granos	42
17.	Análisis de Varianza para peso de 100 granos	43
18.	Resultados de la prueba de Duncan para peso de 100 granos	43
19.	Rendimiento en kg/ha	44
20.	Resumen del rendimiento en kg/ha	45
21.	Análisis de Varianza para rendimiento	45
22.	Resultados de la prueba de Duncan para Rendimiento (kg/ha)	46

LISTA DE GRÁFICOS

N° Título	Pág.
1. Promedios de Temperatura, durante el estudio	33
2. Precipitación pluvial, registrada durante el estudio	33
3. Altura de planta (cm)	37
4. Número de vainas por planta	39
5. Número de granos por vaina	42
6. Peso de 100 granos (g)	44
7. Rendimiento (kg/ha)	46

LISTA DE FOTOS

N° Título	Pág.
1. Identificación del experimento	25
2. Semilla de las variedades en estudio	26
3. Preparación del terreno	27
4. Siembra	27
5. Fertilización	28
6. Aplicación de insecticida	28
7. Incidencia de Petita verde <i>Diabrotica speciosa</i>	47
8. Pudrición de las raíces <i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn.	48

RESUMEN

La presente investigación titulada “efecto de la fertilización química en la productividad de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en el municipio Cobija-Pando” realizada entre los meses de abril (12) y julio (18) del año 2016, tuvo los siguientes objetivos específicos: a) describir las condiciones agroecológicas del área de estudio, b) determinar el efecto de la fertilización en el comportamiento agronómico y productividad y, c) evaluar la incidencia de plagas y enfermedades.

La investigación se realizó en la propiedad privada del tesista, ubicado en la comunidad Mejillones, municipio del mismo nombre, provincia Nicolás Suárez del departamento Pando. Las coordenadas geográficas son: Longitud oeste: 87°56'15”, Latitud sur: 05°32'19”. Los tratamientos fueron tres variedades de frijol: Negro sen, Fortaleza y Roshiña (testigo) mientras que los subtratamientos fueron sin y con fertilizante (N-P-K 20-20-15). Las variables de respuesta fueron: altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento. El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con arreglo combinatorio, con tres tratamientos y dos sub-tratamientos.

Los principales resultados indican que: La variedad Fortaleza no tuvo adaptabilidad a la región. La fertilización tuvo efectos positivos en algunas de las características tales como altura de planta, peso de 100 granos y rendimiento. El efecto de la fertilización en los rendimientos indica que la variedad Roshiña registró 839,8 kg/ha sin fertilización y 879,2 kg/ha con fertilización, mientras que la variedad introducida Negro sen paso de 736,4 kg/ha sin fertilización a 879,5 kg/ha. Se observó la incidencia de los insectos: Petita verde *Diabrotica speciosa*, que produjo perforaciones en todas las hojas y fueron controlados con la aplicación de Cipermetrina. También se presentaron *Empoasca kraemeri*, Minador de la hoja *Liriomyza ssp* y Gusano tierrero *Agrotis ipsilon*. Las enfermedades fueron: Pudrición de raíces, *Rhizoctonia solani* Kuhn y Marchitamiento o amarillamiento *Fusarium oxysporum*, con incidencias menor al 2% por lo que no fue necesario efectuar control.

Palabras claves: Fertilización química, variedades *Phaseolus vulgaris* L.

ABSTRACT

This research entitled "effect of chemical fertilizers on productivity of three varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in the municipality Cobija-Pando" conducted between the months of April (12) and July (18) 2016, he had the following specific objectives: a) to describe the ecological conditions of the study area, b) determine the effect of fertilization on the agronomic performance and productivity and, c) evaluate the incidence of pests and diseases.

The research was conducted on private property investigator located in Mejillones, municipality of the same name province Pando Nicolas Suarez community department. The geographical coordinates are: West Longitude: 87°56'15 "South Latitude: 05°32'19". The treatments were three bean varieties: Black sen, Fortaleza and Roshña (control) while subtratamientos were without and with fertilizer (N-P-K 20-20-15). The response variables were: plant height, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and performance. The experimental design was the randomized block combinational under, with three treatments and two sub-treatments.

The main results indicate that: Stronghold variety had no adaptability to the region. Fertilization had positive effects on some characteristics such as plant height, weight of 100 grains and performance. The effect of fertilization on yields indicates that the variety Roshña recorded 839.8 kg / ha without fertilization and 879.2 kg / ha with fertilization, while the Black variety introduced step sen 736.4 kg / ha without fertilization 879.5 kg / ha, the incidence of insects observed: Petita green *Diabrotica speciosa*, which produced holes in all the sheets and were controlled with the application of cypermethrin. *Empoasca kraemeri*, leafminer *Liriomyza ssp* and Worm Tierrero *Agrotis ípsilon* were also presented. The diseases were: root rot, *Rhizoctonia solani* Kuhn and *Fusarium oxysporum* wilting or yellowing, with incidences less than 2% so it was not necessary control.

Keywords: chemical fertilization, varieties *Phaseolus vulgaris* L.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol *Phaseolus vulgaris* L, es una planta originaria de América Latina, perteneciente a la familia de leguminosas de la cual, tanto las vainas, como sus semillas, conocidas comúnmente como Frijol, son comestibles y cultivadas en diversos países trópicos y sub-trópicos.

Para la mayoría de la población de los trópicos el frijol común constituye un componente esencial de la canasta familiar y de la dieta diaria por ser considerado una fuente económica de proteínas (alrededor de un 22%). Es considerado como la fuente más barata de proteínas y calorías, además de los ingresos que genera para los productores de este cultivo (Escoto 2004).

La mayoría de agricultores utiliza variedades criollas susceptibles a plagas y enfermedades existentes en la zona donde se cultiva frijol. Esto repercute desfavorablemente en el bajo rendimiento como promedio nacional de frijol, muy por debajo de los rendimientos reportados cuando se usan variedades mejoradas en condiciones favorables de manejo (Escalante *et al.* 2001).

Los principales problemas para la producción de frijol en la región amazónica de Bolivia están relacionados con la alta incidencia de enfermedades y plagas, que se agravan por el uso generalizado de semilla de variedades regionales susceptibles, lo que causa de la pérdida de competitividad y baja rentabilidad.

De acuerdo con esta problemática las tendencias actuales sugieren el empleo de estrategias de producción como el manejo integrado de plagas, el manejo integrado de cultivos, la producción limpia, la producción ecológica. Una de las prácticas recomendadas en suelos de baja fertilidad es la utilización de fertilizantes orgánicos y/o químicos.

1.1. Justificación

En el departamento Pando, el frijol es uno de los cinco cultivos agrícolas conjuntamente con el arroz, maíz, yuca y plátano; constituye parte esencial de la dieta familiar principalmente de las familias del área rural, el cultivo se practica en los meses secos en forma rotatoria después de la cosecha de

arroz y maíz. Los rendimientos obtenidos son relativamente bajos (500 a 700 kg/ha) debido principalmente a la baja fertilidad de los suelos, situación que requiere de investigaciones a mejorar la disponibilidad de nutrientes para su contribución al incremento de la productividad.

1.2. Planteamiento del problema

Por lo mencionado anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la fertilización química en el rendimiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el municipio Cobija, departamento Pando?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización química en el rendimiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el municipio Cobija, departamento Pando.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Describir las condiciones agroecológicas del área de estudio, durante el periodo de la investigación.
- Determinar el efecto de la fertilización en el comportamiento agronómico y productividad de las tres variedades de frijol.
- Evaluar la incidencia de plagas y enfermedades durante el periodo de estudio.

1.4. Hipótesis:

Ha: La fertilización química incrementa significativamente la productividad de las variedades de frijol sometidos a estudio.

Ho: La fertilización química no incrementa la productividad de las variedades de frijol sometidos a estudio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades

2.1.1. Importancia

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100% (Ulloa *et al*, 2011).

En relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción que energía en este tipo de alimentos, a pesar de que durante su cocinado, una parte de la mismo queda indisponible dado que se transforma en el denominado almidón resistente a la digestión.

Dentro de los macronutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5 a 6.2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglicéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los mono y poliinsaturados.

El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina.

Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Ulloa, 2011).

2.1.2. Origen y distribución

Los primeros botánicos consideraban que el frijol era oriundo del Asia (China), y De Candolle, en el año 1883, lo calificó como de origen desconocido o incierto. Hoy en día se sabe que procede de México y de la zona central de Suramérica. Se considera que los mexicanos fueron los primeros en iniciar con la domesticación del cultivo hace unos 5,000 años a.C. Actualmente en el norte de Argentina se encuentran algunas formas silvestres, espontáneas, posiblemente antecesoras del frijol común (*Phaseolus aborigineus* B.) (IICA CR 1989).

2.1.3. Clasificación taxonómica

Según Cronquist (1981) la clasificación taxonómica del frijol es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres comunes: judía, poroto, frejol, etc.

2.1.4. Descripción botánica

El frijol, tiene hábitos de crecimiento variado, dentro de los que se puede mencionar el de crecimiento determinado (enano) o arbustivo (por lo general, permanecen erectas como arbolitos), que generalmente se le

conoce como frijol de suelo y el crecimiento indeterminado o voluble, éstas generalmente están postradas o son rastreras si no tienen un apoyo vertical para treparse fácilmente por medio de sus zarcillos se enrolla a un soporte que en Guatemala también se le conoce como frijol de vara o de enredaderas, a las variedades que se desarrollan de esta manera (IICA CR, 1989).

En el primer caso las flores se encuentran en una inflorescencia terminal del tallo principal, característica que determina o finaliza el desarrollo de la planta. En el segundo caso la floración es axilar y, por consiguiente, el crecimiento del tallo continúa en forma indeterminada, éste último puede sub-dividirse en tres formas: el indeterminado arbustivo, indeterminado postrado e indeterminado trepador (IICA CR, 1989).

El sistema radical del frijol consta de una raíz principal y muchas ramificaciones laterales dándole la forma de un cono; como en todas las leguminosas, el frijol hace simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, formando nodulaciones de tamaños muy variados. Estas nodulaciones reciben de la planta hidratos de carbono, pero tienen la propiedad de fijar el nitrógeno del aire del suelo, el cual es cedido en una buena proporción a la planta (IICA CR, 1989). La fijación de nitrógeno por el cultivo de frijol es variables desde 3,4 mg/planta (sin inoculante) hasta 26,7 mg/planta (con inoculante) (Ballesteros y Lozano 2004)

Los tallos son delgados, débiles y angulosos y de sección cuadrangular; son órganos que parcialmente almacenan pequeñas cantidades de alimentos fotosintetizados los cuales más tarde son cedidos a las vainas (frutos) y luego cuando los tallos son viejos se ahuecan (IICA CR, 1989).

Las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, dos laterales y uno terminal, de forma y tamaño variables. Las hojas pueden variar su estructura ligeramente de acuerdo con el medio ambiente donde crecen (IICA CR, 1989).

La vaina es lineal más o menos comprimida, típica legumbre, cuya placenta se abre (dehiscente) en la madurez, en la parte ventral. Las vainas pueden ser de varios colores, formas y características (IICA CR, 1989).

Los granos son de formas muy diversas, sin embargo se mencionan los tipos más importantes esféricas, redondas, arriñonadas, cilíndricas, y otras. Los colores pueden también variar mucho y además presentar matices con diferentes diseños. Los granos están constituidos por dos cotiledones, formados de tejido parenquimatoso con alto contenido de almidón y proteínas (IICA CR, 1989).

2.2. Ecología de la planta

El frijol, se puede sembrar en todos los climas, desde los 50 hasta los 2,300 metros sobre el nivel del mar por lo que es denominado un cultivo cosmopolita (ICTA, 1992).

2.2.1. Temperatura y luz

Para Arias *et al.* (2007), la planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27°C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5°C o 40°C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles.

El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de la planta. El frijol es una especie de días cortos, los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días. Los factores climáticos como la temperatura y la luminosidad no son fáciles de modificar, pero es posible manejarlos; se puede recurrir a prácticas culturales, como la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Arias *et al.* 2007).

Para cada genotipo, hay un óptimo de fotoperiodo y temperatura dónde ese genotipo florecerá después del posible intervalo de tiempo más pequeño de la emergencia. Desviaciones en la temperatura o en el fotoperiodo causan retrasos en la floración. La mayoría de los frijoles comunes se desarrollan en un estrecho rango de temperaturas de 17.5 - 25°C; en los trópicos ecuatoriales, ellos se encuentran a altitudes mayores (sobre 1000 m). Las temperaturas que están por debajo o sobre el óptimo, reducen el rendimiento a través de la mortalidad de la planta (a las temperaturas altas), reduce la fotosíntesis y disminuye la cantidad de flores para producir las vainas maduras (50-70% de flores abiertas) (CABI, 1989).

2.2.2. Precipitación:

Según Arias et al (2007), el agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo en la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura. Se estima que más del 60% de los cultivos de frijol en el tercer mundo sufren por falta de agua.

Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias. Estudios realizados para medir el consumo de agua del frijol a lo largo de las etapas de desarrollo han permitido determinar que el mayor consumo se da en las etapas de floración y formación de las vainas (Arias *et al.* 2007).

Una lluvia bien distribuida moderada se requiere (300-400 mm por ciclo de cultivo) pero el tiempo seco durante la cosecha es esencial. Sequedad o anegamiento son perjudiciales (CABI, 1989).

2.2.3. Suelos:

El frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el frijol son muy variables. Ello muestra que el frijol tiene la habilidad de adaptarse a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía. Por lo general, se siembra en zonas de montaña y también en los valles interandinos (Arias *et al.* 2007).

La planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados. El pH óptimo para sembrar frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5, dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5. El frijol es susceptible a los suelos salinos (Escoto, 2004).

2.3. Tipos de frijol

2.3.1. Variedades

Según Vallecito Santa Cruz (2013), actualmente se cuenta con una gran riqueza en cuanto a materiales genéticos de frijol. Esta especie, por ser originaria de Centro y Suramérica, presenta una gran diversidad en cuanto a sus características y comportamiento como reacción a las condiciones ambientales y de manejo. De acuerdo con el origen, ciertos tipos de frijol se han ido adaptando a las condiciones de cada lugar. Por ejemplo, los frijoles de hábito IV (volubles) se han adaptado a las condiciones del clima frío. Así mismo, dependiendo de los hábitos de consumo, determinadas regiones se han especializado en la producción con variedades cuyo grano pertenece a determinada clase comercial. Es el caso del frijol tipo: cargamanto, el bola roja, o el mortiño. Caso contrario sucede con otros

tipos de frijol como la clase calima, que se producen y se consumen en varias regiones de Bolivia.

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

Variedades mejoradas

En Bolivia se trabaja en mejoramiento genético de frijol desde hace más de 20 años y son muchas las variedades mejoradas que se han obtenido y entregado a los agricultores. Para el caso del departamento de Santa Cruz, se pueden mencionar variedades como Diacol nima, Diacol catío, Diacol calima, todas ellas de hábito arbustivo y con grano de color rojo moteado de crema (tipo calima), que se han sembrado en las condiciones de clima medio a cálido (800 – 1.800 msnm) (Vallecito Santa Cruz, 2013)

El tamaño de este tipo de frijol es mediano, entre 40 y 50 g/100 semillas, y su precio es inferior al de los frijoles de tamaño grande como los tipos cargamanto, y es muy apetecido en los principales mercados de frijol. Al igual que las variedades de cargamanto, las de tipo calima son susceptibles a enfermedades.

Variedades de grano negro

Negro Chane: variedad arbustiva de guía corta, erecta con una altura de 55 a 70 cm y resistente al volcamiento. Florece a los cuarenta y un días; en la maduración las vainas toman color morado que es característica de esta variedad y el ciclo de cultivo es de ochenta y tres a ochenta y cinco días, su rendimiento en Santa Cruz de la Sierra Bolivia es de 1150 a 1200 kg/ha (Vallecito Santa Cruz 2013).

Variedades de grano rojo

Rojo Oriental: es una variedad con hábito de crecimiento indeterminado postrado también llamado semi-guía, la altura es de 30 a 45 cm. La precocidad y las vainas de color rojo, cuando maduran, son características de esta variedad. El rendimiento de esta variedad en Santa Cruz de la Sierra Bolivia es de 1260 a 1350 kg/ha (Vallecito Santa Cruz 2013)

Roshiña: variedad típico de la amazonía brasileña, de hábito de crecimiento determinado, trepador o de guía, inicia su floración a los sesenta y siete días y madura cuando la vaina toma color café. Su ciclo de vida es de ochenta días y su grano es jaspeado Su rendimiento en condiciones de cultivo tradicional es de 600 a 800 kg/ha (Simmons et al, 1995).

2.3.2. Hábitos de crecimiento

Según Moreno (2002), los principales caracteres morfológicos y agronómicos que ayudan a definir el hábito de crecimiento del frijol son:

- El desarrollo de la parte terminal del tallo, el cual permite calificarlo como determinado o indeterminado.
- El número de nudos.
- La longitud de los entrenudos y en consecuencia, la altura de la planta.
- La aptitud para trepar.
- El grado y el tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía, el cuales definido como la parte del tallo y/o ramas que sobresalen por encima del follaje del cultivo (PROFRIJOL, 2000).

2.4. Manejo del cultivo

2.4.1. Época de Siembra

Según Marcano (2004), la época de siembra más adecuada para frijol es aquella en que además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen

desarrollo del cultivo, permite que la cosecha coincida con el periodo de baja o ninguna precipitación, para evitar daños en el grano por exceso de lluvia. En forma general en el país se tienen tres Épocas de siembra:

Siembras de Primavera o Primera: Con estas siembra se da inicio al año agrícola del frijol, la cual varía entre zonas, pero la mayoría de productores siembran en el periodo comprendido entre el 15 de mayo y el 15 de Junio, de tal manera que la etapa de madurez de la planta coincide con la Época seca de julio-agosto (canícula).

Siembras de Postrera o Segunda: Estas siembras representan entre el 70-60% del área total sembrada Por año agrícola en el país y se realizan en los meses de septiembre y octubre. En este periodo se siembra frijol de acuerdo con las características climatologías de las diferentes regiones del país. Es en esta siembra donde se obtiene mejor calidad de semilla y grano debido a que el frijol se cosecha en tiempo seco y soleado, facilitando las labores de post-cosecha que se inician con el arranque, aporreo, secado del grano y almacenamiento

Siembras de Apante: Estas siembras se realizan entre los meses de diciembre y enero.

En Bolivia, específicamente en los departamentos Santa Cruz en sistema intensivo y Pando en sistema tradicional, el frijol de cultivo en época seca, es decir en los meses de marzo a agosto (Vallecito Santa Cruz 2013).

2.4.2. Densidades de siembra

De acuerdo a López (2009), los sistemas de cultivo que acostumbran los productores del país son:

Sistema de Siembra en Monocultivos: La siembra de frijol en sistema de monocultivo se realiza a mano o con maquina sembradora, enterrando la semilla a una profundidad de 2 a 4 centímetros: se recomienda que antes de sembrar se debe estar seguro que el suelo tenga suficiente humedad para garantizar una germinación uniforme. Para las siembras de primavera

en monocultivo se deben distribuir 11 semillas por metro lineal en surcos separados a 50 centímetros, utilizando 56 kg/ha con ello se puede alcanzar una población igual o mayor a 220,000 plantas por hectárea. Para el ciclo de postrera se debe procurar alcanzar a la madurez fisiológica de la planta, una población ideal de 275.000 plantas/ha, lo que equivale a sembrar 11 semillas/metros lineal en surcos separados a 40 centímetros, utilizando 70 kg/ha de semilla.

Sistema de Siembra en Relevo: Bajo este sistema es recomendable alcanzar la madurez fisiología de la planta de frijol con una población ideal de 200,000 planta/Ha. lo que equivale a sembrar de 3 a 4 semillas/postura separadas a 40 cm en cuadro entre surco de maíz.

2.4.3. Fertilización

a) Nitrógeno, fósforo y potasio

El cultivo de frijol requiere una aplicación de macronutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio.

En cuanto al nitrógeno, normalmente tiene un mayor efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo que cualquier otro nutriente. Pero está claro que su uso excesivo puede ser un derroche económico y dar lugar a problemas. Por tanto, a la hora de realizar la fertilización nitrogenada hay que tener cuenta tres aspectos fundamentales:

- 1.- Los requerimientos de nitrógeno por el cultivo.
- 2.- La cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar al cultivo.
- 3.- Los costes de los fertilizantes y el valor esperado de la cosecha.

El nitrógeno disponible en el suelo es la cantidad de nitrógeno (kg/ha de N) en el suelo que se encuentra disponible para la asimilación por el cultivo desde el establecimiento hasta el final de la fase de crecimiento, teniendo en cuenta las pérdidas que se pueden dar (Ancin, 2011).

En lo que respecta al fósforo y potasio, el cultivo, en este caso el frijol, también los necesita.

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación.

Pero hay que tener particular cuidado para evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un coste importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos, lo que puede causar la contaminación de las aguas superficiales (Arcín 2011).

En cuanto al potasio, su mayor importancia está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acúmulo de sustancias de reserva, regulador del estatus hídrico de los cultivos,...

b) Otros elementos

El frijol es reconocido como particularmente sensible al exceso de boro y cloruro sódico. En un contenido superior a los 15,5 kg de bórax por hectárea, se producen, experimentalmente, lesiones sobre la plantación (Fourel, 1970).

Además, según Kohashi (1996), se atribuye al frijol el ser sensible a la carencia de varios oligoelementos:

- Cobre: afecta sobre todo a la formación de los frutos.
- Molibdeno: principalmente en suelo ácido.
- Manganeso: la carencia aparece en suelos calcáreos en razón del antagonismo manganeso/calcio.
- Zinc: se le considera muy sensible a la carencia de zinc.

Sin embargo se tiene a al frijol como poco sensible a la falta de magnesio en el suelo.

c) Requerimientos de nutrientes del fríjol

El fríjol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. La información que se muestra en la siguiente tabla da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el fríjol, obtenida a partir de trabajos realizados en el trópico con fríjoles de hábito de crecimiento I (determinado arbustivo). Es de esperar que, para el caso de fríjol de hábito IV (voluble), cuya producción en tallos y vainas es más alta, la demanda por nutrientes sea mayor. Surge entonces la necesidad de adelantar estudios locales sobre absorción de nutrimentos del fríjol que se relacionen con las condiciones del cultivo en cada lugar, y así llegar a tener la recomendación más ajustada para cada caso en particular (Arias *et al.* 2007).

Tabla 1. Exigencias minerales del fríjol

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

Fuente: Arias *et al.* (2007)

d) Dosis de fertilización

En general, el frijol responde a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, y raramente al potasio. El alto precio de los fertilizantes y su influencia en el incremento del rendimiento de esta leguminosa, indican la importancia de hacer un uso racional de esos insumos (Ramírez 1984).

Con el uso de fertilizantes, el frijol desarrolla mejor y se obtienen mayores rendimientos. Es conveniente que la aplicación de fertilizante, se efectúe antes o al momento de la siembra, ya que si lo hace después disminuye su eficiencia. Para condiciones de humedad residual se sugiere aplicar por

hectárea, 30 kilos de nitrógeno más 30 kilos de fósforo. En humedad con riego, aplique 40 kilos de nitrógeno más 40 de fósforo (Escoto, 2011).

e) Método de aplicación de los fertilizantes

La fertilización se efectúa en la siembra y en el fondo del surco, También es posible aplicar el fertilizante al voleo, antes de sembrar o incorporado con rastra, pero tiene la desventaja de que si se efectúa una mala incorporación, hay pérdidas por evaporación y además, se requiere triplicar la dosis de nitrógeno y fósforo para que tengan el mismo efecto (Arias *et al*, 2007).

2.4.4. Control de malezas

De acuerdo a Galván *et al* (2004), el daño que causan las malezas en el cultivo de frijol es significativo pues además de competir por luz, nutrientes y agua, ocasionan otros problemas, como hospederos de plagas y enfermedades, interfieren las labores de cosecha y afectar la producción y calidad del grano. Existen varios métodos para el control de malezas: la selección del método a aplicar en un caso específico depende de factores tales agroecosistema en que crece el cultivo, la topografía del área, la composición, de la población de las malezas, la variedad de frijol utilizada, los costos y otros.

Control cultural: Este método consiste en la aplicación de prácticas que favorecen al cultivo y crean ambientes inadecuados para las malezas. Su éxito se fundamenta en establecer un cultivo vigoroso que compita efectivamente con las malezas. Es de carácter preventivo.

Dentro de las prácticas utilizadas para realizar el control se recomienda las siguientes: rotación de cultivos densidad de siembras adecuada distancia entre surcos, deshierbas manual (dos limpieas con azadón; la primera a los 15 días después de la siembra y en la segunda 10 días.

Después de la primera limpia: deshierba mecánica (cultivador) uso de leguminosas de coberturas y fertilización.

Control Químico: El uso de herbicidas en el cultivo de frijol es bastante limitado en comparación con el cultivo del maíz, arroz, etc., esto se debe a diversos factores especialmente al tipo de explotaciones que en su mayoría son de minifundio.

El control químico es un medio más en el manejo de las malezas y es un complemento de las prácticas culturales. Se le considera como el último eslabón del manejo integral de las malezas y su empleo debe estar sujeto al costo comparado con los beneficios que aporta.

2.4.4. Manejo Integrado de plagas (MIP)

El manejo integrado de plagas es, en realidad, una filosofía del control de plagas que no está orientada hacia la plaga, sino hacia el agroecosistema en su conjunto. Su objetivo principal es mantener un sistema saludable en el que todas las partes funcionen y en el que las plagas puedan ser toleradas hasta cierto grado (Héctor, 1981). Por ello es necesario entender que el control efectivo a largo plazo es muy complejo y requiere la comprensión de los diversos componentes de un agroecosistema determinado, tanto bióticos (cultivo, plagas, sus enemigos naturales, flora y fauna del suelo), como abióticos (características del suelo, clima, etc.). También se requiere entender la interacción de los componentes del sistema del MIP.

El frijol es susceptible al ataque de un gran número de organismos nocivos, pero este número está reducido si consideramos que no todos causan daños al cultivo. Por esta razón el MIP está dirigido a las plagas clave de un cultivo, las cuales aparecen con regularidad, por lo general, en cada temporada, y si no se les controla causan pérdidas de importancia. Los enemigos naturales, el clima y otros factores de control natural rara vez los mantienen por debajo de los niveles de daño (Hector, 1981). Sin embargo, se debe prestar atención también a las plagas secundarias, potenciales y migratorias por la influencia que ejercen muchos factores en el cambio de su comportamiento en el agroecosistema.

2.4.5. Principales enfermedades y su control

Según el CIAT-SC (2008), debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables, son comunes y muy limitantes, entre otras enfermedades, la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*), mancha anillada (*Phoma exigua* var. *Diversispora*), mancha angular (*Paeosiaripsis griseola*), pudriciones radicales (*Fusarium solani* forma *Phaseoli*, *Pytium* sp., *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*) y virus del mosaico común del frijol.

a) Antracnosis

Causada por el hongo *Colletotrychum lindemuthianum*, enfermedad que ataca en todo el mundo las variedades susceptibles establecidas en localidades con temperaturas moderadas a frías, y con alta humedad relativa ambiental. La enfermedad puede causar pérdidas hasta del 100% cuando se siembra semilla severamente afectada, bajo condiciones favorables para su desarrollo (CIAT-SC, 2008). Los síntomas producidos por la infección ocasionada por la antracnosis pueden aparecer en cualquier parte de la planta, según el momento de la infección y la fuente de inóculo. La semilla infectada y los residuos de cosecha son las fuentes primarias de inóculo que originan las epidemias locales. Los primeros síntomas pueden aparecer en las hojas cotiledonales como lesiones pequeñas de color café oscuro o negro. Las lesiones inicialmente se pueden desarrollar en los pecíolos y en el envés de las hojas, así como en las venas, en forma de manchas pequeñas y angulares, de color rojo ladrillo o púrpura, las cuales posteriormente se vuelven café oscuras o negras. Las infecciones en las vainas se manifiestan en forma de lesiones, de un color entre encarnado y amarillo rojizo, y dan origen a chancros deprimidos, delimitados por un anillo negro, el cual está rodeado a su vez por un borde café rojizo (CIAT-SC 2008).

En el caso de infección severa, las plantas jóvenes se pueden marchitar y secar. El hongo puede invadir las vainas y semillas en formación (CIAT-SC 2008).

b) Mancha anillada

La alta humedad y las temperaturas a moderadas favorecen la infección por la mancha anillada (*Phoma exigua* Var. *Diversispora*). Inicialmente los síntomas aparecen en las hojas, donde se observan lesiones, de color café a negro que, más tarde, pueden contener pequeños picnidios negros. Las lesiones también se pueden presentar en el pedúnculo, el pecíolo, las vainas y el tallo. El hongo puede sobrevivir en la semilla (CIAT-SC, 2008).

Entre las medidas de control se recomienda la rotación de cultivos, el mayor espaciamiento entre las plantas, la siembra de semilla limpia, el tratamiento químico de la semilla, la destrucción oportuna de residuos de cosecha y las aplicaciones foliares de fungicidas con base en azufre, fentin hidróxido de estaño y propineb, entre otros (CIAT, Col 1987).

c) Mancha angular

La mancha foliar angular del fríjol es causada por el hongo *Pheoisariopsis griseola* Sacc., que se encuentra en regiones tropicales y subtropicales. Las pérdidas en rendimiento causadas por esta enfermedad pueden ser bastante. El patógeno infecta el tejido de la hoja penetrando a través de los estomas y puede ser transmitido a través de la semilla. Este organismo sobrevive entre 140 y 500 días principalmente en residuos de cosecha infectados y en el suelo. También puede ser diseminado por medio de los residuos de cosecha, las salpicaduras producidas por el agua y las partículas de polvo que son arrastradas por el viento, y a partir de las lesiones en esporulación también por la acción del viento (CIAT-SC, 2008).

Los síntomas de infección son más comunes en las hojas. Las lesiones pueden aparecer en las hojas primarias. Inicialmente las lesiones son de color gris o café, pueden estar rodeadas por un halo clorótico y tener

márgenes indefinidos; luego se vuelven necróticas y toman la forma angular típica. Posteriormente pueden aumentar de tamaño, unirse y causar necrosis parcial y amarillamiento de las hojas, y una defoliación prematura. Las lesiones también llegan a aparecer en las vainas en forma de manchas ovaladas o circulares, cuyo centro de color café rojizo está rodeado de un borde más oscuro. En los tallos, ramas y pecíolos de la planta se pueden presentar lesiones alargadas de color café. El patógeno puede sobrevivir en la semilla (CIAT-SC, 2008).

d) Pudrición radical por *Fusarium*

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

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

susceptible. El hongo no es portado internamente por la semilla (CIAT-SC, 2008).

2.4.6. Plagas comunes y su control

2.4.6.1. Insectos comedores de hojas

a) Crisomélidos

Muchas especies de crisomélidos atacan el frijol. Los más comunes son los géneros *Diabrotica*, *Neobrotica* y *Cerotoma*. La especie *Diabrotica balteata* es la más abundante (CIAT Col, 1987). Los adultos son cucarrones pequeños de diversos colores que causan perforaciones en las hojas y pueden atacar también flores y vainas. La mayor parte del daño ocurre durante el estado de plántula, cuando el insecto consume un porcentaje relativamente alto del follaje. Las larvas también pueden ocasionar daño en las raíces del frijol y en los nódulos radicales que contienen *Rhizobium*.

Estos insectos también son vectores del virus del mosaico rugoso (CIAT, 1980). Boonckamp (citado por CIAT Col, 1987) concluyó que la alimentación de los crisomélidos adultos tiene poco efecto en los rendimientos del frijol, excepto cuando el ataque tiene lugar durante las dos primeras semanas después de la siembra y, en menor grado, durante la floración.

A menudo se observan redúvidos (chinchas) actuando como predadores de crisomélidos adultos en el campo (CIAT Col, 1987). Cuando las poblaciones de estas plagas llegan a niveles económicos que justifiquen su control, los adultos se pueden controlar con insecticidas categorías III y IV como el carbaril.

2.4.6.2. Insectos chupadores

a) Lorito verde

El insecto en estado de ninfa y adulto causa daño al alimentarse del tejido del floema, aunque es posible que también intervenga una toxina.

El daño se manifiesta en forma de encrespamiento y clorosis foliar, crecimiento raquíptico, gran disminución del rendimiento o pérdida completa del cultivo. El ataque es más severo en épocas secas y cálidas y la situación se agrava cuando la humedad del suelo es insuficiente (CIAT Col, 1987).

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

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

Si la infestación es alta, los síntomas del daño son visibles y los recuentos indican que las poblaciones han alcanzado los umbrales de acción; se justifica entonces recurrir al control químico con productos a base de malathion (categoría III) (Bueno y Cardona, 2009).

b) Mosca blanca

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

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

c) Trips

Thrips palmi en estado adulto es de color amarillo pálido, mide alrededor de un milímetro de longitud y presenta alas con bordes flecosos. Es de hábito gregario, se presenta normalmente en el envés de las hojas aunque también se puede hallar en las flores (Chang, citado por Flores, 2008). Su crecimiento es favorecido por las altas temperaturas, cuando la humedad relativa es baja, aunque se han verificado infestaciones severas en zonas con altas precipitaciones pluviales en cultivos dependientes del control químico (Aquilar, 2003).

2.4.6.3. Insectos que atacan las vainas

a) Barrenador de la vaina *Epinotia aporema*

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

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

El umbral de acción es de 15-20% de brotes dañados o 10-15% de vainas perforadas. Si el daño es poco y está limitado a los brotes

terminales, se puede hacer un control preventivo aplicando *Baccillus thuringiensis*. Si se encuentra el umbral de acción, se debe recurrir al control químico con insecticidas como carbaril (Sevin) o diflubenzuron (Dimilin) (Bueno y Cardona, 2004).

2.5. Cosecha

En la madurez fisiológica, la semilla alcanza su óptima calidad, mayor poder germinativo y más elevado vigor de crecimiento, pero el contenido de humedad es alto, por consiguiente no es la mejor época para efectuar la cosecha. Si las plantas permanecen demasiado tiempo en el campo ocurren pérdidas por dehiscencia de las vainas, ataque de hongos y/o insectos, lo que disminuye su calidad (Escoto, 2011)

2.5.1. Período de Cosecha

Para obtener una semilla de alta calidad, esta se debe cosechar cuando las vainas de la parte inferior de la planta están secas pero sin manchas de hongos y las de la parte superior estén maduras. La humedad de la vaina es superior a la de la semilla al comienzo del día y disminuye al final del mismo.

La cosecha se inicia con el arranque de las plantas para acelerar el secado. Las plantas se dejan secar en el campo, si las condiciones ambientales son apropiadas con una época seca, si hay lluvias las plantas deben ser llevadas a una galera o secador (Escoto, 2011).

2.5.2. La trilla o desgrane.

Esta práctica es conveniente realizarla a manera de que se le cause a la semilla el menor daño posible. Una de las formas más recomendables es agrupar las plantas sobre manteados o lonas y golpearlas con palos.

Si la trilla se hace con un contenido de humedad muy elevado (20% ó más) ocurre aplastamiento y daños internos en la semilla, si se efectúa cuando el contenido de humedad es muy bajo (14%) se obtendrán grandes cantidades de semilla partida, fisurada, con cotiledones desprendidos y embriones partidos.

La semilla de fríjol, por la posición del eje embrionario, testa delgada y por la unión frágil entre el embrión y los cotiledones es muy sensible a los daños mecánicos causados por el desgrane, tales como: Granos partidos, testa rajada o fisurada, cotiledones desprendidos y embriones separados (Escoto, 2011).

2.6. Rendimiento

El Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT SC, 2008), afirma que gracias a la gran adaptabilidad que posee el fréjol a todo tipo de suelo ha constituido, sin lugar a duda, que esta leguminosa haya trascendido de tal manera en la planta, tanto así que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (Food and Agriculture Organization, por sus siglas en inglés), lo cataloga en el octavo lugar entre las leguminosas sembradas en el planeta y por ende una de las de mayor consumo, no sólo por su rico sabor, sino por el grado de nutrientes proteicos y calóricos con los que aporta en la dieta diaria humana y a bajo costo si lo comparamos con la fuente de origen animal.

En Bolivia el fréjol tiene una buena adaptación pero se produce en sectores con temperaturas promedios de 20 a 28 °C y entre 100 a 1600 m.s.n.m., con un mínimo de 400 a 600 mm de lluvia, repartidos durante el desarrollo de la planta, acentuándose la necesidad de agua que el promedio de formación de granos necesita hasta iniciar su maduración. Los datos estadísticos señalan promedios de 541 kg/ha de grano seco y 1.474 kg/ha en vaina verde. Es importante desagregar los rendimientos de arbustivos y volubles, puesto que en parcelas comerciales de arbustivos el promedio están en 1.000 kg/ha y en volubles 300 kg/ha, en grano seco (Voysesst, 2010).

Viana (2008) menciona que, en el ensayo de rendimiento de cinco materiales de fréjol arbustivo, se debe considerar los elementos nutritivos presentes en el follaje; los rendimientos más altos en el presente estudio lo obtuvieron los cultivares FIB -C-004, segundo INIAP - 473 Y AFR-591, en su orden, con 1.526, 1.407 y 1.237 kg/ha, de tipo rojo y rojo moteado, superando a los testigos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la propiedad privada del tesista, ubicado en la comunidad Mejillones, a 6,5 km de la ciudad de Cobija, cuya jurisdicción es la siguiente:

Municipio : Cobija
Provincia : Nicolás Suárez
Departamento : Pando

Las coordenadas geográficas son:

Longitud oeste : 87°56'15"
Latitud sur : 05°32'19"



Foto 1. Identificación del experimento

3.2. Materiales

a) Material vegetal:

Se utilizaron semillas de frejol provenientes del centro de investigación “El Vallecito” dependiente de la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, y son las siguientes variedades:

A = Negro Sen

B = Fortaleza

C = Roshña (Testigo)



Foto 2. Semilla de las variedades en estudio

b) Insumos:

Fertilizante: N-P-K en la formulación 20-20-15

c) Equipos y herramientas de campo:

Mochila asperzora, Picota, azadón, rastrillo, boca de lobo carretilla, pala, machete, hacha, brocha, balde, cinta métrica, calibrador.

d) Material de escritorio: libreta de campo, cámara fotográfica digital, tinta para impresora, papel bond, etc.

3.3. Procedimiento experimental

a) Preparación del terreno:

La preparación del área experimental empezó con la limpieza o carpida de la vegetación existente en el área experimental, esta actividad se realizó empleando herramientas manuales como hacha, machete y azadón.

Posteriormente se hizo la remoción del terreno empleando herramientas como picotas, azadón y la nivelación del área experimental con la ayuda del rastrillo.



Foto 3. Preparación del terreno

b) Trazado del experimento:

Las parcelas se delimitaron con estacas de madera en los vértices y con pita de plástico. Posteriormente se procedió a la identificación de cada parcela con etiquetas plastificadas, de acuerdo al tratamiento que le correspondió a cada una.

c) Siembra:

La siembra se efectuó manualmente en surcos distanciados a 50 cm y en cada surco se depositaron dos semillas por golpe a 25 cm entre plantas.



Foto 4. Siembra

d) Fertilización

Los fertilizantes fueron incorporados en banda en 10 cm a cada lado de los surcos, un día después de la siembra, la cantidad aplicada fue de 200 gramos por unidad experimental (10 m²), equivalente a 200 kg/ha.



Foto 5. Fertilización

e) Control de malezas:

El control de malezas se realizó de forma manual, utilizando azadones, para eliminar las plantas diferentes al cultivo del frijol.

f) Control de plagas y enfermedades:

El control de plagas se realizó aplicando el insecticida cipermetrina en una dosis de 2 ml/4 litros de agua.



Foto 6. Aplicación de insecticida

g) Cosecha:

Se realizó en el área útil de cada unidad experimental en forma manual, recolectando las vainas, posteriormente se colocarán en sobres etiquetados donde se procedió al secado, cuando las plantas presentaron un secamiento uniforme, se realizó a pesar, utilizando balanzas de precisión, anotando el peso correspondiente de cada parcela.

3.4. Toma de Datos

a) Datos meteorológicos:

Durante el periodo de investigación se registraron los datos mensuales correspondientes a temperatura, precipitación pluvial. Esta información fue obtenida de fuentes secundarias como es la página web del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENHAMI) dependiente de AASANA.

b) Características del Suelo:

Para determinar las principales características edáficas del área de estudio se realizó un muestreo del suelo de varios puntos del área experimental, mediante el método aleatorio, las muestras fueron obtenidas desde la superficie hasta los 30 cm de profundidad y mediante cuarteo se obtuvo una muestra de aproximadamente un kilogramo para su análisis en el laboratorio de suelos del Área de Ciencias Biológicas y Naturales de la UAP.

c) Número de vainas por planta

Se contaron el número de vainas de diez plantas obtenidas al azar de la parcela útil área de cada unidad experimental.

d) Número de semillas por vaina

Se contaron el número de granos de diez vainas obtenidas al azar de la parcela útil de cada unidad experimental.

e) Peso de 100 semillas

De las semillas cosechadas en la parcela útil se tomaran 100 semillas secas con una humedad aproximada del 13% se pesaron con una balanza de presión

f) Rendimiento de grano por parcela y por hectárea.

Todos los granos (con humedad del 13%) cosechados de la parcela útil de cada unidad experimental fueron pesados en una balanza de precisión. Posteriormente estos datos fueron expresados en kg/ha mediante regla de tres simple.

3.5. Diseño Experimental

El diseño experimental empleado fue “Bloques completos al azar” con arreglo combinatorio y las siguientes características:

Tratamientos	:	3 (Variedades de frijol)
Sub tratamientos	:	2 (Sin y con fertilizante)
Repeticiones	:	4
Unidades experimentales	:	24
Tamaño de la Unid. Exp.	:	10 m ² (2 m x 5 m)
N° de surcos por Unid. Exp.	:	4
Distancia entre surcos	:	50cm
N° de plantas por surco	:	20
Distancia entre plantas	:	25cm
Área a evaluar por Unid. Exp	:	4 m ² (1 m x 4 m)
Área efectiva del experim.	:	240 m ² (10 m ² x 24)
Área total del experimento	:	475 m ² (25 mx 19 m)
Croquis de campo	:	Anexo N° 1
Croquis de la Unid. Exp.	:	Anexo N° 2

3.6. Modelo estadístico

El modelo lineal adoptado es la siguiente:

$$Y = \mu + B_i + T_j + R_k + T_j \cdot R_k + \varepsilon$$

Donde:

Y = Cualquier valor obtenido en una unidad experimental

μ = Promedio general

B_i = Efecto del i -ésimo bloque o repetición

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento o variedad de frijol

R_k = Efecto de la k -ésimo sub tratamiento o fertilización

$T_j \cdot R_k$ = Efecto de la interacción fertilización por variedad de frijol

ε = Error experimental

3.7. Análisis de Datos

Análisis de Varianza: A las variables como altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 grano y rendimiento, se les efectuaron el análisis de varianza y la correspondiente comparación de medias mediante la prueba de Duncan, para los casos que presentaron diferencias estadística significativa.

Ambos análisis se efectuaron empleando el paquete estadístico SPSS versión 18 en español.

4. RESULTADOS

4.1. Condiciones climáticas

Los datos correspondientes a las temperaturas registradas durante el periodo de investigación (12 de abril a 18 de julio de 2016), se detalla en el Cuadro N° 2, en el mismo se observa que la temperatura promedio fue de 25,6°C, la mínima media de 20,2°C y la máxima media de 31,1°C.

Cuadro N° 2

Promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial

Meses	Temperaturas			Precipitación
	Mínima	Promedio	Máxima	
Abril*	22,7	27,2	31,7	39,1
Mayo	20,6	25,2	29,9	60,7
Junio	18,6	24,1	29,6	6,2
Julio**	18,9	25,9	33,0	24,9
TOTAL				130,9
PROMEDIO	20,2	25,6	31,1	1,35

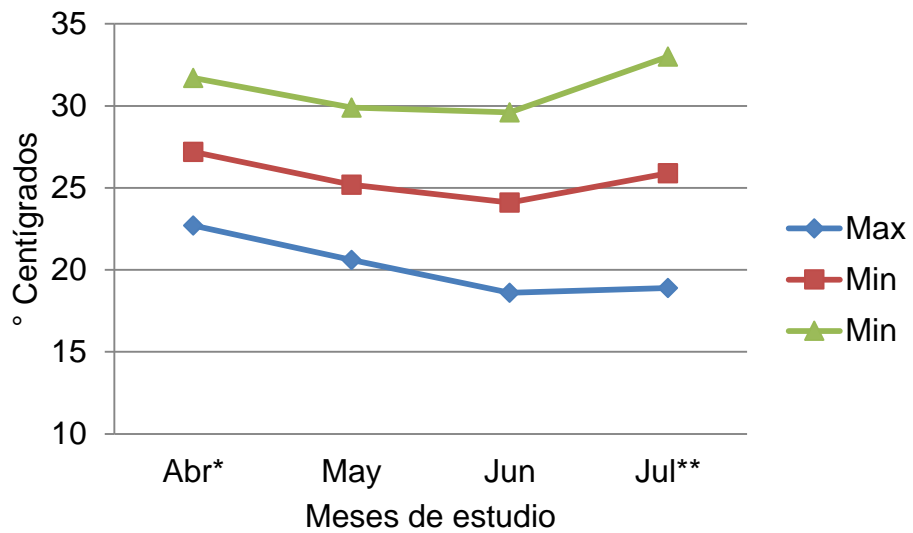
* 12 al 30 de abril ** 1 a 18 julio de 2016

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (Fecha: 10/08/2016)

El Gráfico N° 1, permite observar que el mes de abril 2016 se registró la mayor temperatura, mientras que el mes de junio del mismo año se registró la temperatura más baja.

Gráfico N° 1

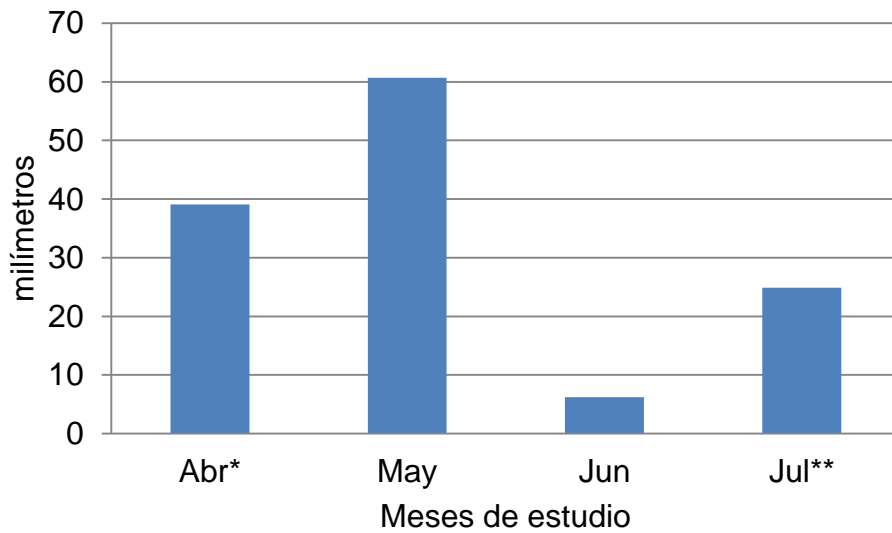
Promedios de Temperatura, durante el estudio



Los datos correspondientes a la precipitación pluvial que se detalla en el Cuadro N° 2 y Gráfico N° 3, indican que durante el periodo de estudio, se registró una precipitación total de 130,9 mm, equivalente a 1,35 mm/día.

Gráfico N° 1

Precipitación pluvial, registrada durante el estudio



En el gráfico N° 2 se observa que el mes de junio se registró la menor precipitación con 0,21 mm/día, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de abril con 2,2 mm/día, esto debido a las características propias de la época de lluvias que se registra en la región.

4.2. Condiciones edáficas

Los resultados del análisis de suelo se muestran en el Anexo N° 3 y el resumen en el Cuadro N° 3, en el mismo se puede observar que el pH (potencial de hidrogeniones) es ácido, con un contenido medio en materia orgánica y contenido nitrógeno total, muy bajo en fósforo y bajo de potasio; bajo en magnesio, calcio y sodio. En resumen de baja fertilidad por el contenido alto de aluminio intercambiable.

Cuadro N° 3

Características del suelo del área experimental

Variables	Unidad	Valor	Interpretación
pH (1:5 agua destilada)		5,28	Ácido
M.O.	%	1,67	Medio
N Total	mg/kg	864,8	Medio
P	ppm	0,051	Muy bajo
K	me/100g	0,10	Bajo
Al	me/100g	3,35	Alto
Ca	meq/100g	0,97	Bajo
Mg	meq/100g	0,04	Muy bajo
Na	mg/kg	0,08	Muy bajo
Textura	%	67,5 Ar	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio de suelos del ACBN-UAP

4.3. Características agronómicas

4.3.1. Días a la emergencia y floración y cosecha

Cuadro N° 4

Número de días desde la siembra

Variedades	Emergencia	Floración	Cosecha
Negro Sen	4	39	81
Fortaleza	-	-	-
Roshiña	5	46	97

Fuente: Elaboración propia

Una de las variedades introducidas (Fortaleza) no presentó emergencia de las plantas, situación que es analizado en el acápite correspondiente a discusión. De las otras dos variedades que emergieron la variedad introducida (Negro Sen) resultó ser más precoz en todas las etapas, mientras que la variedad local (Roshiña) resulta ser más tardía, con 18 días de diferencia hasta la cosecha.

4.4. Características morfológicas

4.4.1. Altura de planta

La altura de planta promedio fue de 36,8 cm y varió desde 36,0 hasta 44,6.

Cuadro N° 5

Altura de planta (cm) por unidad experimental

Variedad	Fertilizante	Repeticiones				Promedio
		I	II	III	IV	
Negro Sen	Sin	32,9	39,3	35,1	38,9	36,6
	Con	34,5	36,7	37,9	35,0	36,0
Roshiña	Sin	37,2	41,9	35,7	34,0	37,2
	Con	40,2	45,7	47,5	45,0	44,6
Promedio		36,2	40,9	39,1	38,2	38,6

Fuente: Elaboración propia.

El resumen por variedades indica que la variedad local Roshiña obtuvo la mayor altura de planta mientras que la menor se observó en la variedad introducida Negro Sen. Comparando el efecto de la fertilización se observa que existe una ligera diferencia entre el mayor observado con fertilizante respecto las no fertilizadas.

Cuadro N° 6

Resumen de altura de planta por variedades y fertilización

Variedades	Fertilización		Promedio
	Sin	Con	
Negro Sen	36,6	36,0	36,3
Roshiña	37,2	44,6	40,9
Promedio	36,9	40,3	38,6

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para altura de planta a nivel del 5% de probabilidad de error indica diferencias estadísticas no significativas entre repeticiones y, significativa entre variedades fertilización e interacción, por lo que los promedios de variedades fueron sometidos a la prueba de Dúncan.

Cuadro N° 7

Análisis de Varianza para Altura de Planta

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Ft	Sign.
Repeticiones	45,572	3	15,191	2,53	3,86	n.s.
Variedades	85,101	1	85,101	14,18	5,12	*
Fertilización	47,266	1	47,266	7,88	5,12	*
Interacción	62,806	1	62,806	10,47	5,12	*
Error	54,006	9	6,001			
Total	294,749	15				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 8

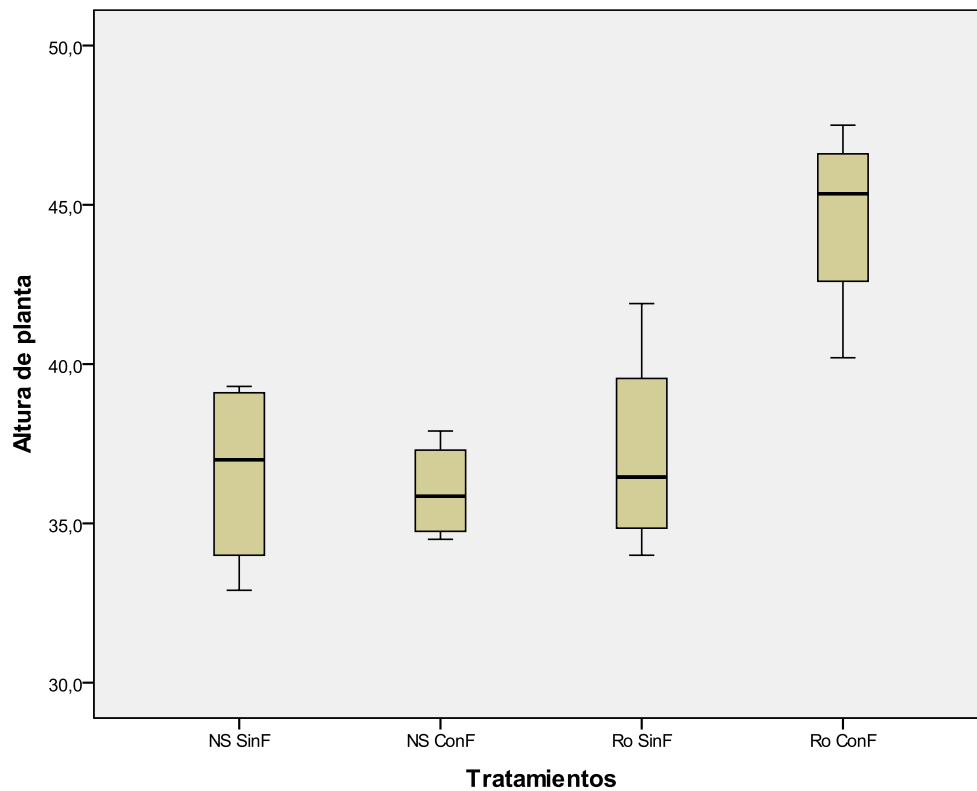
Resultados de la prueba de Duncan para altura de planta

Variedades de frijol	Subconjuntos	
Roshiña con fertilizante	44,6	
Roshiña sin fertilizante		37,2
Negro Sen sin fertilizante		36,6
Negro Sen con fertilizante		36,0

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican que la fertilización tuvo efecto significativo sobre la variedad local Roshiña y no así sobre la variedad introducida Negro Sen.

Gráfico N° 3. Altura de planta (cm)



4.5. Componentes del rendimiento

4.5.1. Número de vainas por planta

El número de vainas por planta promedio fue de 13,1 y varió desde 11,3 hasta 15,0.

Cuadro N° 9
Número de vainas por planta

Variedad	Fertilizante	Repeticiones				Promedio
		I	II	III	IV	
Negro Sen	Sin	10,8	13,8	9,2	11,3	11,3
	Con	8,3	15,2	19,6	16,8	15,0
Roshiña	Sin	4,9	17,6	16,8	10,7	12,5
	Con	11,7	12,2	15,3	15,8	13,8
Promedio		8,9	14,7	15,2	13,7	13,1

Fuente: Elaboración propia.

El resumen por variedades indica que el número de vainas fueron iguales en ambas variedades. Comparando el efecto de la fertilización se observa que existe una ligera diferencia entre el mayor observado con fertilización respecto las no fertilizadas.

Cuadro N° 10
Resumen del número de vainas por planta

Variedades	Fertilización		Promedio
	Sin	Con	
Negro Sen	11,3	15,0	13,1
Roshiña	12,5	13,8	13,1
Promedio	11,9	14,4	13,1

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para número de vainas por planta a nivel del 5% de probabilidad de error indica diferencias estadísticas no significativas entre repeticiones, variedades, fertilización e interacción, por lo que no hubo necesidad de comparar los promedios.

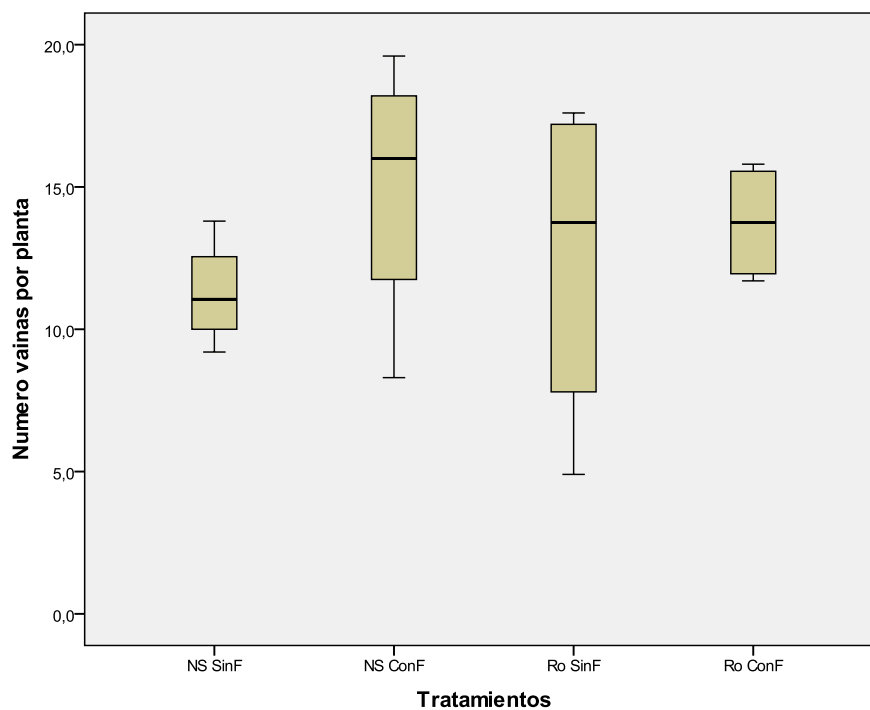
Cuadro N° 11

Análisis de Varianza para número de vainas por planta

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Ft	Sign.
Repeticiones	99,25	3	33,08	2,98	3,86	n.s.
Variedades	0,00	1	0,00	0,00	5,12	n.s.
Fertilización	24,61	1	24,61	2,22	5,12	n.s.
Interacción	5,95	1	5,95	0,54	5,12	n.s.
Error	99,89	9	11,10			
Total	229,70	15				

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4. Número de vainas por planta



4.5.2. Número de granos por vaina

El número de granos por vaina fue de 4,5 cm y varió desde 4,2 hasta 4,7.

Cuadro N° 12
Número de granos por vaina

Variedad	Fertilizante	Repeticiones				Promedio
		I	II	III	IV	
Negro Sen	Sin	3,9	4,3	4,9	4,8	4,5
	Con	4,6	3,6	4,4	4,3	4,2
Roshiña	Sin	4,0	4,7	5,3	4,3	4,6
	Con	4,4	3,8	5,3	5,4	4,7
Promedio		4,2	4,1	5,0	4,7	4,5

Fuente: Elaboración propia.

El resumen por variedades indica que el número de granos por vaina fue mayor en la variedad local Roshiña. Comparando el efecto de la fertilización se observa que ésta no tuvo efecto, toda vez que ambos presentan el mismo promedio.

Cuadro N° 13
Resumen de número de granos por vaina

Variedades	Fertilización		Promedio
	Sin	Con	
Negro Sen	4,5	4,2	4,4
Roshiña	4,6	4,7	4,7
Promedio	4,5	4,5	4,5

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para número de granos por vainas a nivel del 5% de probabilidad de error indica diferencias estadísticas no significativas entre repeticiones, variedades, fertilización e interacción, por lo que no hubo necesidad de comparar los promedios.

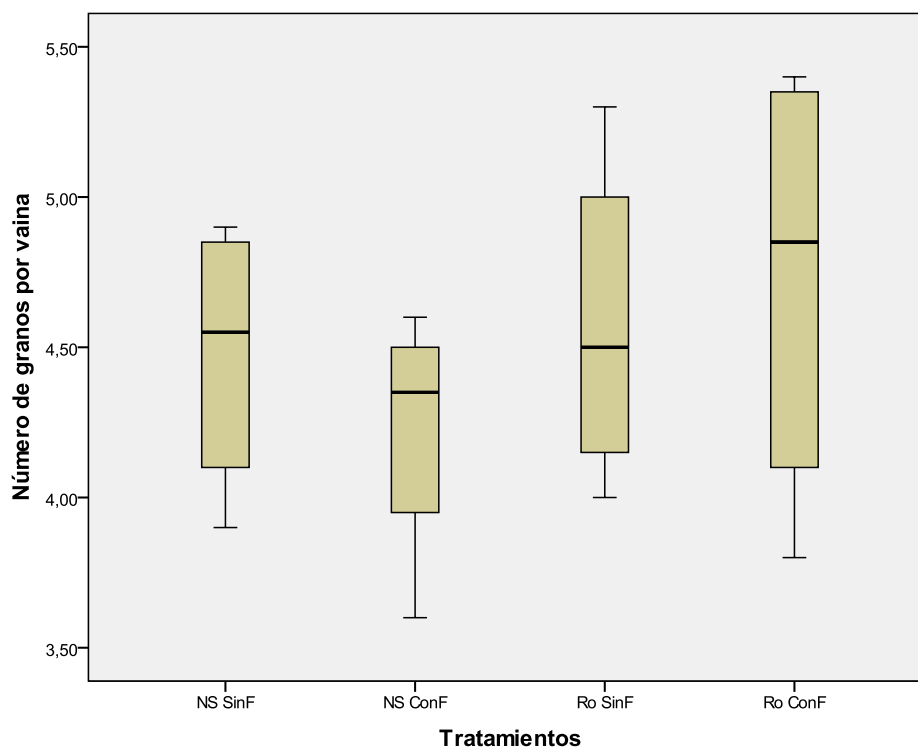
Cuadro N° 14

Análisis de Varianza para número de granos por vaina

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Ft	Sign.
Repeticiones	2,005	3	0,668	3,16	3,86	n.s.
Variedades	0,360	1	0,360	1,70	5,12	n.s.
Fertilización	0,010	1	0,010	0,05	5,12	n.s.
Interacción	0,160	1	0,160	0,76	5,12	n.s.
Error	1,905	9	0,212			
Total	4,440	15				

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Número de granos por vaina



4.5.3. Peso de 100 granos

El peso de 100 granos fue de 24,12 gramos y varió desde 21,72 hasta 26,22 gramos.

Cuadro N° 15
Peso de 100 granos

Variedad	Fertilizante	Repeticiones				Promedio
		I	II	III	IV	
Negro Sen	Sin	22,91	24,9	25,5	26,6	24,98
	Con	26,24	26,26	26,4	25,98	26,22
Roshiña	Sin	23,34	20,69	21,02	21,83	21,72
	Con	22,96	23,12	23,92	24,32	23,58
Promedio		23,86	23,74	24,21	24,68	24,12

Fuente: Elaboración propia.

El resumen por variedades indica que el número de granos por vaina fue mayor en la variedad introducida Negro Sen. Comparando el efecto de la fertilización se observa que la fertilización dio lugar a mayor peso de grano, respecto a los que no tuvieron fertilización.

Cuadro N° 16
Resumen del peso de 100 granos

Variedades	Fertilización		Promedio
	Sin	Con	
Negro Sen	24,98	26,22	25,60
Roshiña	21,72	23,58	22,65
Promedio	23,35	24,90	24,12

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para peso de 100 granos a nivel del 5% de probabilidad de error indica diferencias estadísticas no significativas entre repeticiones e interacción y significativa entre variedades y fertilización, por los promedios fueron sometidos a la prueba de Duncan a la misma probabilidad de error.

Cuadro N° 17

Análisis de Varianza para peso de 100 granos

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Ft	Sign.
Repeticiones	2,13	3	0,71	0,60	3,86	n.s.
Variedades	34,78	1	34,78	29,55	5,12	*
Fertilización	9,63	1	9,63	8,18	5,12	*
Interacción	0,38	1	0,38	0,32	5,12	n.s.
Error	10,59	9	1,18			
Total	57,51	15				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 18

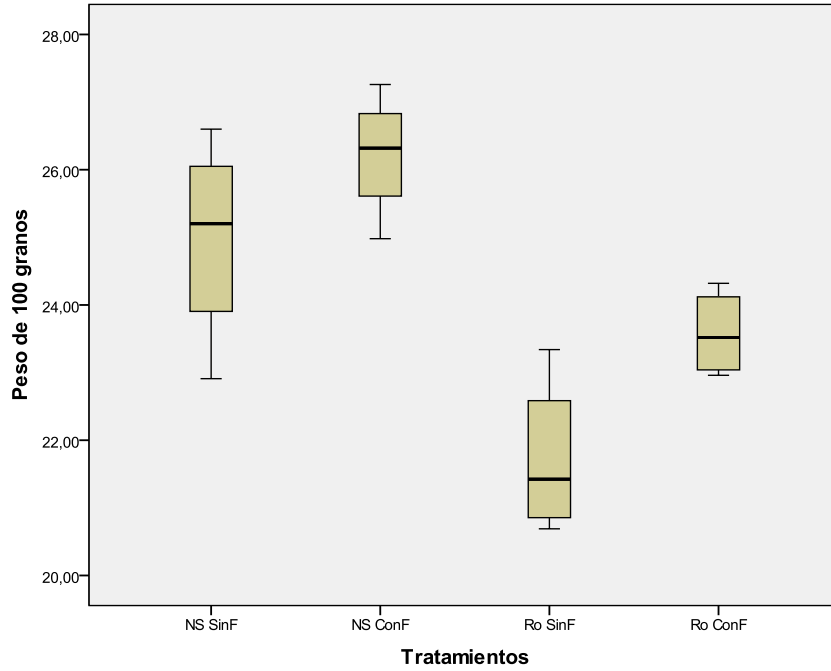
Resultados de la prueba de Duncan para peso de 100 granos

Variedades de frijol	Subconjuntos	
Negro Sen con fertilizante	26.2	
Negro Sen sin fertilizante	25.0	
Roshiña con fertilizante		23,6
Roshiña sin fertilizante		21,7

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican que la fertilización no tuvo efecto significativo y la diferencia se debe a las características propias de cada variedad.

Gráfico 6. Peso de 100 granos (g)



4.5.4. Rendimiento

El rendimiento promedio fue de 808.3 kg/ha y varió desde 736,4 hasta 879,2 kg/ha.

Cuadro N° 19
Rendimiento en kg/ha

Variedad	Fertilizante	Repeticiones				Promedio
		I	II	III	IV	
Negro Sen	Sin	754,0	686,1	734,3	771,1	736,4
	Con	797,3	762,1	766,5	785,1	777,8
Roshiña	Sin	802,3	819,1	853,9	883,9	839,8
	Con	879,8	853,1	938,3	845,5	879,2
Promedio		808,3	780,1	823,2	821,4	808,3

Fuente: Elaboración propia.

El resumen por variedades indica que el número de granos por vaina fue mayor en la variedad introducida Negro Sen. Comparando el efecto de la

fertilización se observa que la fertilización dio lugar a mayor peso de grano, respecto a los que no tuvieron fertilización.

Cuadro N° 20
Resumen del rendimiento en kg/ha

Variedades	Fertilización		Promedio
	Sin	Con	
Negro Sen	736,4	777,8	757,1
Roshiña	839,8	879,2	859,5
Promedio	788,1	828,5	808,3

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para el rendimiento a nivel del 5% de probabilidad de error indica diferencias estadísticas no significativas entre repeticiones e interacción y significativa entre variedades y fertilización, por los promedios fueron sometidos a la prueba de Duncan a la misma probabilidad de error.

Cuadro N° 21
Análisis de Varianza para rendimiento

Fuentes de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Ft	Sign.
Repeticiones	4754,2	3	1584,7	1,52	3,86	n.s.
Variedades	41943,0	1	41943,0	40,25	5,12	*
Fertilización	6518,5	1	6518,5	6,25	5,12	*
Interacción	4,0	1	4,0	0,01	5,12	n.s.
Error	9379,7	9	1042,2			
Total	62599,4	15				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 22

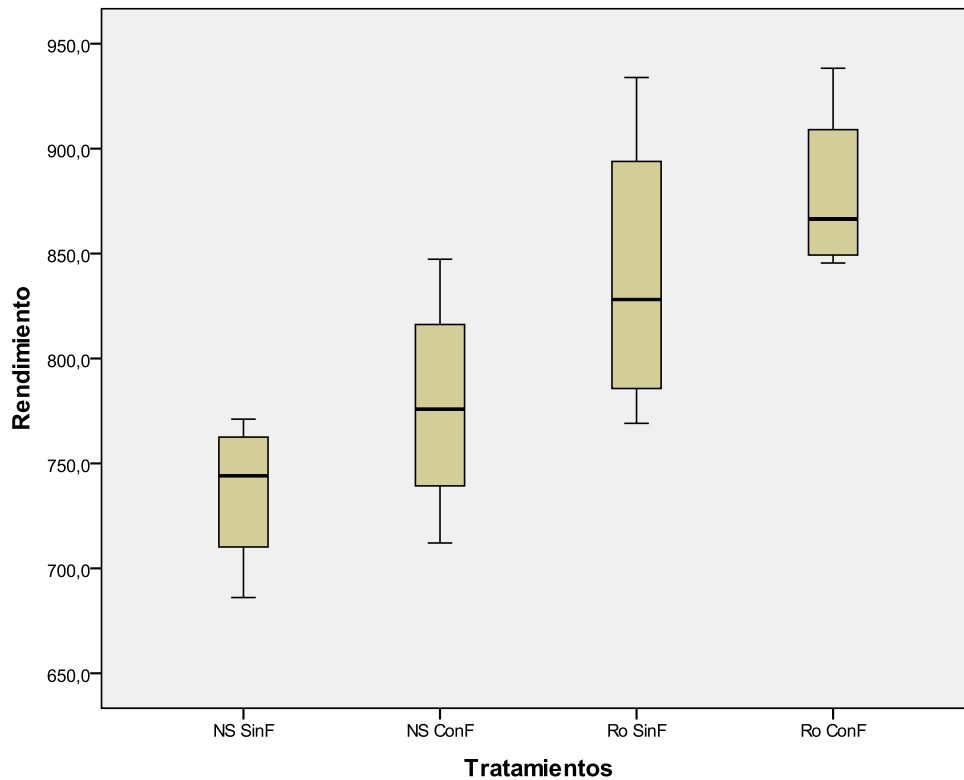
Resultados de la prueba de Duncan para Rendimiento (kg/ha)

Variedades de frijol	Subconjuntos	
Roshiña con fertilizante	879,2	
Roshiña sin fertilizante	839,8	
Negro Sen sin fertilizante		777,8
Negro Sen con fertilizante		736,4

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican que la fertilización tuvo efectos significativos en ambas variedades, sin embargo, la diferencia es más notoria entre variedades.

Gráfico N° 7. Rendimiento (kg/ha)



4.6. Incidencia de plagas, enfermedades

4.3.1. Insectos

Durante el periodo de investigación se observó la incidencia de insectos conocidos como Petita verde *Diabrotica speciosa* (orden *Coleóptera* y familia *Chrysomelidae*), esta plaga se produjo múltiples perforaciones en las hojas de la totalidad de las plantas (100%) y se presentó durante el periodo de prefloración y formación de vainas.

También se presentaron otras plagas de insectos como: *Empoasca kraemeri* del orden Hemíptera, familia Cicadellidae; Minador de la hoja *Liriomyza ssp* del orden Díptera, familia Agromyzidae) y Gusano tierrero *Agrotis ípsilon* del orden Lepidóptera, familia Noctuidae, estas tuvieron una incidencia del 5%.

Para el control se empleó el insecticida cipermetrina en una dosis de 2% lo que equivale 80 ml disuelto en 4 litros de agua para toda el área experimental.



Foto 9. Incidencia de Petita verde *Diabrotica speciosa*

4.3.2. Enfermedades

En el experimento se registró la enfermedad conocida como Pudrición de raíces, causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kuhn y el Marchitamiento o amarillamiento causado por *Fusarium oxysporum*, la incidencia fue menor al 5%, por lo que no hubo necesidad de aplicar agroquímicos, sin embargo a

sugerencia de los miembros del tribunal estos fueron arrancados del cultivo para evitar la infestación a las plantas sanas.



Foto 10. Pudrición de las raíces *Rhizoctonia solani* Kuhn.

5. DISCUSIÓN

5.1. Condiciones climáticas

Durante el periodo de investigación temperatura promedio fue de 25,6°C, la mínima media de 20,2°C y la máxima media de 31,1°C. Al respecto, *Arias et al.* (2007), afirma que la planta de frijol crece bien en temperaturas promedio entre 15 y 27° C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5° C o 40° C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles. Por su parte CABI (1989), sostiene que la mayoría de los frijoles comunes se desarrollan en un estrecho rango de temperaturas de 17.5 - 25°C. Las temperaturas que están por debajo o sobre el óptimo, reducen el rendimiento a través de la mortalidad de la planta (a las temperaturas altas), reduce la fotosíntesis y disminuye la cantidad de flores para producir las vainas maduras (50-70% de flores abiertas). En consecuencia la temperatura del área y durante el periodo de estudio, fue favorable al desarrollo del cultivo.

Los datos correspondientes a la precipitación pluvial indican que durante el periodo de estudio, se registró un total de 130,9 mm, equivalente a 1,35 mm/día. Al respecto *Arias et al* (2007), afirma que el agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta. Está demostrado que el frijol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Una lluvia bien distribuida moderada se requiere (300-400 mm por ciclo de cultivo) pero el tiempo seco durante la cosecha es esencial. Sequedad o anegamiento son perjudiciales (CABI, 1989). En consecuencia, la precipitación registrada durante el periodo de investigación fue muy inferior a lo requerido por el cultivo, lo que ha influido en el bajo rendimiento de las dos variedades de frijol.

5.2. Condiciones edáficas

Los resultados del análisis de suelo indican que el pH (potencial de hidrogeniones) es ácido, con un contenido medio en materia orgánica y nitrógeno total, muy bajo contenido de fósforo y bajo en potasio y bajo en

magnesio, calcio y sodio. En resumen de baja fertilidad y agravado por el contenido alto de aluminio intercambiable. Al respecto, Arias et al. (2007), afirma que el frijol requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana y ondulada, con buen drenaje. Las condiciones físicas y químicas de los suelos donde se cultiva el frijol son muy variables. Por su parte Escoto (2004), afirma que la planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados. El pH óptimo para sembrar frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5, dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5. El frijol es susceptible a los suelos salinos. En consecuencia el suelo del área de estudio caracterizado por la baja fertilidad, pH ácido y salino influyeron también en la baja productividad de las dos variedades de frijol.

El alto contenido en aluminio intercambiable, fue el factor determinante para que las semillas de la variedad Fortaleza no tengan emergencia, y la variedad Negro Sen obtenga un bajo desarrollo, toda vez que en regiones como Santa Cruz de la Sierra, donde estas variedades tienen un normal desarrollo y rendimientos comparativamente elevados (CIAT, 2008) el suelo presenta un bajo contenido de este elemento o en caso necesario es corregido mediante la aplicación de cal dolomítica.

5.3. Efecto de la fertilización en las características morfológicas

Los resultados obtenidos en la presente investigación, indican que la fertilización tuvo efecto significativo sobre la altura de la planta en la variedad local Roshiña y no así sobre la variedad introducida Negro Sen. Al respecto el Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (2000), afirma que el nitrógeno disponible en el suelo debe tener las condiciones favorables para la asimilación por el cultivo desde el establecimiento hasta el final de la fase de

crecimiento, teniendo en cuenta que condiciones adversas dan lugar dificultades en el desarrollo del cultivo y en última instancia produciendo pérdidas económicas.

5.4. Efecto de la fertilización en los componentes del rendimiento

Los resultados obtenidos indican que la fertilización permitió obtener mayor número de vainas por planta en las dos variedades (11,3 a 15,0), estas diferencias no fueron estadísticamente diferentes. En la variable: número de granos por vaina que varió de 4,2 a 4,7 tampoco se observaron diferencias significativas. El peso de 100 semillas que varió de 21,72 a 26,22 gramos, presentó diferencias significativas entre las dos variedades, así como la aplicación del fertilizante respecto al testigo; finalmente, el rendimiento que varió de 736,4 a 879,2 kg/ha registró diferencias significativas con mayores valores en la variedad local Roshiña respecto a la introducida Negro Sen, la aplicación de fertilizante también produjo un incremento en el rendimiento de ambas variedades.

Al respecto, Arias *et al* (2007) sostiene que el frijol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. Es de esperar que, para el caso de frijol de hábito IV (voluble), cuya producción en tallos y vainas es más alta, la demanda por nutrientes sea mayor. Surge entonces la necesidad de adelantar estudios locales sobre absorción de nutrimentos del frijol que se relacionen con las condiciones del cultivo en cada lugar, y así llegar a tener la recomendación más ajustada para cada caso en particular.

Por su, Guía Técnica... (s.f.) indica que, con el uso de fertilizantes, el frijol desarrolla mejor y se obtienen mayores rendimientos. Es conveniente que la aplicación de fertilizante, se efectúe antes o al momento de la siembra, ya que si lo hace después disminuye su eficiencia. Para condiciones de humedad residual se sugiere aplicar por hectárea, 30 kilos de nitrógeno más 30 kilos de fósforo.

Considerando que el suelo del área experimental presenta baja fertilidad, la adición del fertilizante N-P-K con formulación 20-20-15, viene a suplir estas deficiencias reflejándose en un incremento en el rendimiento.

5.5. Incidencia de Insectos

En la presente investigación se observó la incidencia de Petita verde *Diabrotica speciosa*, que produjo múltiples perforaciones en las hojas de la totalidad de las plantas (100%) y se presentó durante el periodo de prefloración y formación de vainas. También se presentaron *Empoasca kraemeri*, Minador de la hoja *Liriomyza ssp* y Gusano tierrero *Agrotis ipsilon* con una incidencia aproximadamente 5%.

Al respecto, la bibliografía menciona a varias plagas de insectos, sin embargo, considerando que por tratarse de experimento se practicaron control de malezas que son posibles hospederos, solo se registraron dos de ellos, otro factor que influyó para esta situación fue que en el área de influencia existe pocos cultivos de esta misma especie.

5.6. Enfermedades

En el experimento se registró la Pudrición de raíces, causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kuhn y el Marchitamiento o amarillamiento causado por *Fusarium oxysporum*, la incidencia fue menor al 2%, por lo que no hubo necesidad de aplicar agroquímicos, sin embargo a sugerencia de los miembros del tribunal estos fueron arrancados del cultivo para evitar la infestación a las plantas sanas.

Al respecto CIAT-SC (2008), hace referencias a enfermedades como: la antracnosis (*Colletotrychum lindemuthianum*), mancha anillada (*Phoma exigua* var. *Diversispora*), mancha angular (*Paeosiaripsis griseola*), pudriciones radicales (*Fusarium solani* forma *Phaseoli*, *Pytium sp.*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* forma *Phaseoli*) y virus del mosaico común del frijol. Asimismo señala que el control de estas enfermedades se debe efectuar cuando la incidencia está por encima del umbral, equivalente a un 10% en cultivos agrícolas.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, el análisis de los mismos y contrastadas con la bibliografía consultada, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- Las condiciones agroecológicas del área de estudio, caracterizadas por una temperatura media de 25,6°C, mínima media de 20,2°C y máxima media de 31,1°C fueron favorables para el desarrollo del cultivo, mientras que la baja precipitación (130,9 mm), fue insuficiente, lo que repercutió en los bajos rendimientos. Las condiciones del suelo con un pH (5,28) ácido, contenidos medios en nitrógeno y materia orgánica, muy bajo en fósforo y bajo en potasio, es decir de baja fertilidad, también contribuyeron a que los rendimientos sean relativamente bajos.
- La aplicación del fertilizante N-P-K (20-20-15) tuvo efectos significativos en la altura de planta y peso de 100 granos, mientras que en las otras características como número de vainas por planta y número de granos por vaina, el efecto no fue significativa.
- Se observó efecto significativo de la fertilización sobre el rendimiento, con un incremento de 40,1 kg/ha, sin embargo la mayor diferencia se observa entre las dos variedades, toda vez que la variedad local Roshña con 859,5 kg/ha, fue estadísticamente superior a la variedad introducida Negro Sen con 757,1 kg/ha.
- En el experimento se observó la incidencia de los insectos: Petita verde *Diabrotica speciosa*, que produjo perforaciones en la totalidad de las hojas y tuvieron que ser controlados con la aplicación de Cipermetrina al 2%. También se presentaron *Empoasca kraemeri*, Minador de la hoja *Liriomyza ssp* y Gusano tierrero *Agrotis ípsilon* con una incidencia aproximadamente de 5%. Finalmente las enfermedades que se registraron fueron: Pudrición de raíces, *Rhizoctonia solani* Kuhn y Marchitamiento o amarillamiento *Fusarium oxysporum*, con incidencias menor al 2% por lo que no fue necesario efectuar control químico.

7. RECOMENDACIONES

A partir de lo todo lo expuesto anteriormente, para posteriores estudios, es posible efectuar las siguientes recomendaciones:

- Considerando que durante el periodo de estudio la precipitación pluvial fue insuficiente para el cultivo e influyó en la baja productividad de las tres variedades de frijol, se sugiere realizar nuevas investigaciones en diferentes épocas, preferiblemente con mayor precipitación pluvial.
- Por otra parte, considerando que las precipitaciones pluviales registradas en los meses anteriores fue mayor, se recomienda cultivar esta especie, por lo menos con una anticipación de 15 a 30 días, respecto a la fecha en que se realizó la siembra en la presente investigación.
- Considerando que el suelo del área experimental tenía baja fertilidad y alto contenido de aluminio intercambiables que dificultó la absorción de nutrientes por las plantas, se recomienda realizar nuevas investigaciones en suelos con mayor fertilidad y/o correcciones del contenido de aluminio.
- Hasta mientras no se realicen nuevas investigaciones, se sugiere emplear el fertilizante N-P-K, en la formulación 20-20-15 en la variedad local Roshiña.
- Asimismo se recomienda realizar nuevas investigaciones con la variedad Negro Sen, toda vez que demostró tener una adaptabilidad a las condiciones agroecológicas del área de estudio, sin embargo su rendimiento fue inferior a la variedad local.

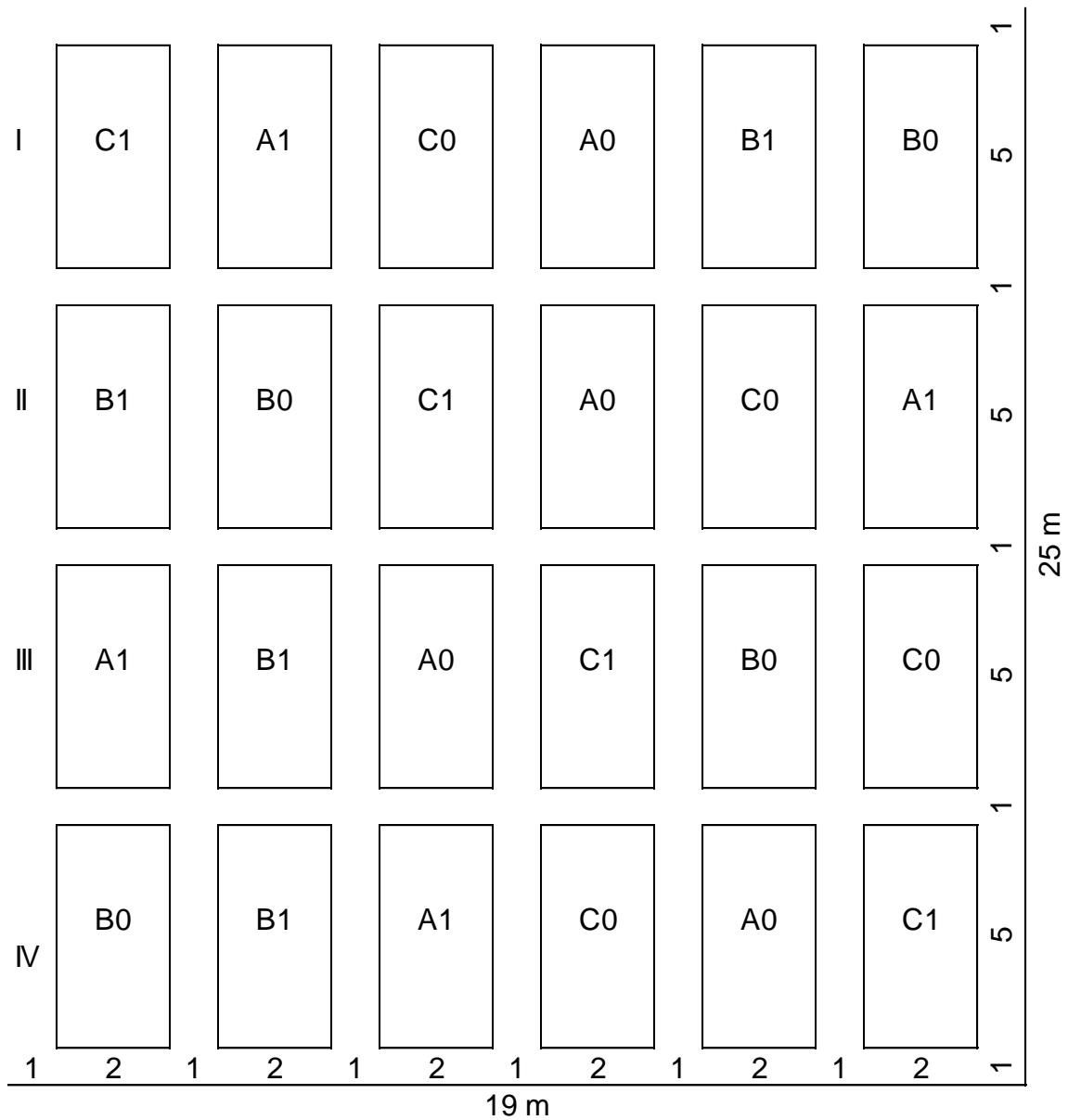
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. 2003. Informe de coyuntura: frijol, El Salvador. El Salvador, Ministerio de Agricultura.
- Ancín, R. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Alubia) en el distrito de San Juan de Castro virreina Perú.
- Arias J.H., Rengifo, T. y Jaramillo M. 2007. Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frejol Voluble. Colombia.
- Ballesteros, M. I. y Lozano A. 2004. Evaluación de la fijación de Nitrógeno por cepas de Rizobium que nodulan frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Santa Fe de Bogotá. Colombia.
- Bueno, G y Cardona M. A. 2009. Incremento de la productividad y rentabilidad del frijol mediante investigación participativa en el municipio de El Rosario, Olancho. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 61 p.
- CABI (Commonwealth Agriculture Bureau International, UK). 1998. Crop protection compendium. UK. 1 CD.
- CIAT SC. 2008. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades del Frijol. Centro de Investigación Agrícola Tropical. Santa Cruz. Bolivia.
- CIAT, Colombia. 1987. Sistemas estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart Van Schoonhoven y Marcial A. Pastor Corrales comp. Colombia. p.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, US,
- Escalante, JA; Escalante, LE; Rodríguez, GM. 2001. Producción de frijol en dos épocas de siembra en Iguala, Guerrero. México.
- Escoto Gudiel, ND. 2011. El cultivo del frijol. Honduras, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Consultado 14 abr 2005.

- Flores A. L. 2008, Evaluación de cuatro niveles de aplicación de biofertilizante, en el cultivo del frejol (*Phaseolus vulgaris*) en el CINTA del A.C.B.N. – UAP, localidad gran Chaco del municipio de provenir”, Tesis de Grado. Carrera Ingeniería Agroforestal. Universidad Amazónica de Pando.
- Fourel, A. 1970. La judía verde: economía, producción, comercialización. INVUFLEC (Institut National de Vulgarisation pour les Fruits, Legumes et Champignons). Ed. Acribia D. L. París.
- Galván, TM; Kohashi, SJ; García, EA; Jiménez, P; Martínez V, E; Ruiz P, L. 2000. Déficit hídrico en planta, acumulación de biomasa y área foliar en tres etapas vegetativas en frijol común (en línea). México.
- Héctor F, O. 1981. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia, CIAT. 50 p.
- IICA, CR. 1989. Compendio de agronomía tropical. Costa Rica. Tomo 2, p. 2-20. (Investigación y Desarrollo 12).
- Kohashi, S. J. 1996. Aspectos de la morfología y fisiología *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- López, EA. 2009. Diseño y análisis de experimentos: fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala, Facultad de Agronomía. 170 p.
- Marcano, JE. 2004. Factores limitantes y ley del mínimo. República Dominicana, Educación Ambiental en la República Dominicana.
- Moreno, TH. 2002. Teorías actuales del envejecimiento. Revista ARS Médica 8(8).
- Ramírez, B. 1984. Determinación de la mejor dosis de biol en el cultivo de (*Musa sapientum*) banano, como alternativa a la fertilización foliar química. Escuela Superior politécnica del litoral. Centro de investigación científica y tecnológica. Cuba.
- Reyes Castañeda, P. 1986. Diseño de Experimentos Aplicados a Ciencias Agrícolas. Editorial Trillas. México.

- Ríos, M. E. 2002. Producción, nodulación y micorrización de frijol, bajo los sistemas de tapado y espequeado con fertilización. In: Los Sistemas de Siembra con Cobertura. Ed. H. D. Thurston. Costa Rica. p. 179-187.
- Ulloa, J.A., Ulloa, P.R., Ramirez, J.C. y Ulloa, B. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit.
- Vallecito Santa Cruz. 2013. Recomendaciones técnicas para el cultivo del frejol en el departamento Santa Cruz, Facultad de Agronomía, Universidad Gabriel René Moreno.
- Viana, A. 2008. Flujo de germoplasma e impacto del PROFRIJOL en Latinoamérica período 1987-1996. Profrijol. Bogotá. 48 p.
- Voysest, O. 2010. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999. Cali, Colombia. CIAT. 195 p.

**ANEXO N° 1
CROQUIS DE CAMPO**



REFERENCIAS

- A0 = Negro Sen
- A1 = Negro Sen con fertilizante
- B0 = Fortaleza
- B1 = Fortaleza con fertilizante
- C0 = Roshiña (Testigo)
- C1 = Roshiña (Testigo) con fertilizante

ANEXO N° 2
CROQUIS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

