

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA Y  
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA PRODUCCION DE VAINITA  
(*Phaseolus vulgaris*) EN LA COMUNIDAD VILAQUE PUYA PUYA  
DE LA PROVINCIA MUÑECAS.**

Presentado por:

**Julio Huaraya Cabrera**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2013**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA Y  
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA PRODUCCION DE VAINITA  
(*Phaseolus vulgaris*) EN LA COMUNIDAD VILAQUE PUYA PUYA  
DE LA PROVINCIA MUÑECAS**

Tesis de grado presentado como requisito  
parcial para optar el título de Ingeniero  
Agrónomo

Julio Huaraya Cabrera

**ASESORES:**

Ing. M.Sc. Hugo Bosque Sánchez \_\_\_\_\_

Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas \_\_\_\_\_

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Ing. M.Sc. Freddy Porco Chiri \_\_\_\_\_

Ing. René Calatayud Valdez \_\_\_\_\_

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador** \_\_\_\_\_

## **Dedicatoria**

Con Admiración y respeto a mis queridos padres:

Julio Huaraya R. y Paulina Cabrera C. por el esfuerzo, sacrificio y confianza depositada en mí.

A mi esposa Edyth, a mis hijos Julián, Missael, a mi Hermano, y a mis Hermanas, por el constante apoyo recibido en todo momento.

Y a la memoria de mis abuelos:  
Francisco Huaraya M. y Francisca Rojas,  
este fue un sueño anhelado para ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mis agradecimientos:

- A la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a las autoridades de la Facultad de Agronomía, así como al personal Docente y Administrativo que permitieron mi formación académica.
- A mis asesores; al Ing. Juan José Vicente, por su valiosa orientación y como la facilitación de los sistemas para el análisis estadístico tanto como la revisión y asesoramiento del presente trabajo. Al Ing. Hugo Bosque S. por el permanente apoyo brindado.
- A los Ingenieros Rene Calatayud V. y Freddy Porco Ch. miembros del tribunal Revisor, por sus observaciones y sugerencias para terminar el presente trabajo.
- En especial a mis padres y mi familia por el apoyo brindado durante mis estudios y durante el proceso del trabajo de Campo del presente estudio.

**Muchas Gracias**

## INDICE DE MATERIAS

Capitulo		Pagina
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
<b>2</b>	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>3</b>
2.1	Importancia del cultivo	3
2.1.1	Origen	3
2.1.2	Características nutricionales	4
2.1.3	Rendimientos, producción a nivel nacional e importancia en Bolivia	4
2.1.4	Taxonomía del Cultivo	5
2.1.5	Características Botánicas	6
	Raíz	6
	Tallo	6
	Hoja	6
	Flor	6
	Fruto	7
2.1.6	Hábitos de Crecimiento	7
2.1.7	Características distintivas del cultivo.	7
2.2	Condiciones ecológicas	8
2.2.1	Factores Climáticos	8
2.3	Factores edafológicos	9
2.3.1	Suelo	9
2.3.2	Fertilización en <i>Phaseolus vulgaris</i>	10
2.3.3	Mecanismos de absorción radicular	13

<b>Capitulo</b>		<b>Pagina</b>
2.4	Factores Biológicos	13
2.4.1	Control de Malezas	13
2.4.2	Enfermedades	14
2.5	Prácticas culturales	15
2.5.1	Preparación de suelos	15
2.5.2	Siembra	16
2.5.3	Densidades de siembra	16
2.5.4	Cosecha	16
2.6	Densidades	17
2.7	Rendimiento	19
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>21</b>
3.1	Localización	21
3.1.1	Ubicación	21
3.1.2	Situación geográfica	21
3.1.3	Fisiografía de la zona y Topografía	23
3.1.4	Características Climáticas	23
3.1.5	Suelos	23
3.2	Materiales	23
3.2.1	Material Experimental	23
3.2.2	Material de campo	24
3.2.3	Insumos	24
	Fungicida	24
	Insecticida	24
3.2.4	Material de gabinete y apoyo	25
3.3	Metodología	25
3.3.1	Preparación del terreno	25
3.3.2	Muestreo y Análisis físico químico del suelo	25
3.3.3	Demarcación de parcelas Experimentales	25

<b>Capitulo</b>	<b>Pagina</b>	
3.3.4	Siembra	26
3.3.5	Densidades de siembra	26
3.3.6	Fertilización	26
3.3.7	Labores Culturales	27
3.3.7.1	Aporque y control de malezas	27
3.3.7.2	Riego	27
3.3.7.3	Control Fitosanitario	27
3.3.7.4	Cosecha	28
3.3.7.5	Post cosecha	28
3.4	Diseño experimental	28
	<i>Modelo estadístico</i>	28
	<i>Factores de estudio</i>	29
	<i>Tratamientos</i>	29
	<i>Dimensión y descripción del campo experimental</i>	30
3.5	Variables de respuesta	30
3.5.1	Días a la emergencia del cultivo	30
3.5.2	Días a la floración	31
3.5.3	Altura de planta	31
3.5.4	Días a la cosecha	31
3.5.5	Numero de vainas por planta	31
3.5.6	Longitud de la vaina por planta	31
3.5.7	Peso de vaina verde por planta	32
3.5.8	Rendimiento en vaina verde	32
3.6	Análisis Económico	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>33</b>
4.1	Aspectos Climáticos en la zona de estudio	33
4.1.1	Precipitación	33

<b>Capitulo</b>		<b>Pagina</b>
4.1.2	Temperatura	34
4.1.3	Suelos	35
4.2	Variables de respuesta	36
4.2.1	Días a la Emergencia de la planta	36
4.2.2	Días a la floración	38
4.2.2.1	Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable días a la floración.	39
4.2.3	Altura de planta	42
4.2.3.1	Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable altura de planta	43
4.2.4	Días a la cosecha	45
4.2.5	Número de vainas por planta	46
4.2.6	Longitud de la vaina por planta	48
4.2.7	Peso de vaina verde por planta	50
4.2.7.1	Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable número de vainas verdes por planta	54
4.2.8	Rendimiento en vaina verde	56
4.2.8.1	Análisis de la interacción nitrógeno por densidad en el rendimiento de vaina verde	59
4.3	Análisis Económico	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°</b>		<b>Página</b>
1	Mapa de ubicación del Ensayo: país Bolivia, Departamento de La Paz, Provincia Muñecas, Comunidad Vilaque Puyapuya	22
2	Semilla de vainita listo para la siembra	24
3	Precipitación en la región de Sorata (SENAMHI, 2009)	33
4	Temperatura en la región de Sorata (SENAMI, 2009)	34
5	Días de emergencia para el factor nivel de fertilizante	38
6	Días a la floración en la interacción del nivel nitrógeno y densidad de siembra	41
7	Altura de planta en la interacción del nivel nitrógeno y Densidad de siembra	44
8	Numero de vainas por planta para el factor nivel de fertilizante	48
9	Longitud de vainas por planta para el factor nivel de fertilizante	50
10	Peso de vainas verdes por planta para el factor nivel de fertilizante	53
11	Peso de vainas verdes por planta para el factor densidades de siembra	54
12	Número de vainas verdes por planta en la interacción del nivel nitrógeno y densidad de siembra	55
13	Factor nivel de nitrógeno en la variable rendimiento de vaina verde	58
14	Peso de vainas verdes por planta para el factor densidades de siembra	59
15	Rendimiento de vaina verde en la interacción del nivel de nitrógeno y densidad de siembra	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Sistemas de siembra en frijol, distancias entre surcos y cantidades de semillas	17
2	Análisis químico del suelo	35
3	Análisis de varianza para la variable días de emergencia	36
4	Promedio de días de emergencia (Duncan 5%)	37
5	Análisis de varianza para la variable días a la floración	39
6	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, en días a la floración.	40
7	Análisis de varianza para la variable altura de planta	42
8	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, variable altura de planta	43
9	Análisis de varianza para la variable días a la cosecha	45
10	Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta	46
11	Promedio número de vainas por planta (Duncan 5%)	47
12	Análisis de varianza para la variable longitud de vaina por planta	48
13	Promedio longitud de vainas por planta (Duncan 5%)	49
14	Análisis de varianza para la variable de vaina verde por planta	51
15	Promedio de peso de vaina verde por planta (Duncan 5%)	52
16	Promedio de peso de vaina verde por planta	53
17	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, numero de vainas verdes por planta	55
18	Análisis de varianza para la variable rendimiento de Vaina verde (kg/ha) de la vainita.	56
19	Comparación de medias del factor nivel de nitrógeno en la variable rendimiento de vaina verde	57
20	Promedio de rendimiento peso de vaina verde (Duncan 5%)	58

<b>Cuadro N°</b>		<b>Página</b>
21	Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, rendimiento de vaina verde	60
22	Relación Beneficio/Costo en la producción de vaina verde	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo N°

- 1 Análisis químico de suelos
- 2 Datos de Precipitación
- 3 Croquis de la Parcela
- 4 Costos de Producción de Vainita
- 5 Vistas parciales del proceso del ensayo
- 6 Tablas de Análisis de Varianza para las variables de respuesta
- 7 Programa SAS, para el diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, con cuatro bloques.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro niveles de fertilización y tres densidades de siembra en la producción de vainita (*Phaseolus vulgaris*) en la Provincia Muñecas, se desarrolló el presente estudio en la comunidad de Vilaque Puya Puya del Municipio de Chuma, para tal efecto se eligieron los siguientes factores; *Factor A*: Nivel de Fertilización nitrogenada en kg/ha (0, 40, 80, 120) y *Factor B*: Densidades de siembra (Distancias entre surcos); 30, 40 y 50 cm. Se empleó el diseño de bloques completos aleatorios con arreglo en parcelas divididas, con el Factor Fertilización en parcela mayor y el factor Densidades como parcela menor. Las variables de respuesta fueron; Días a la emergencia, Porcentaje de emergencia, Días a la floración, Altura de planta, Días a la cosecha, Número de vainas por planta, Longitud de la vaina por planta, Peso de vaina verde por planta, Rendimiento en vaina verde. Para el Análisis Económico se realizó el análisis de la Relación Beneficio/Costo, considerando costos fijos y variables en la producción de vainita verde. Se obtuvieron efectos significativos en el factor fertilización sobre los días a la emergencia, donde la aplicación de nitrógeno produjo emergencia de 11 a 12 días, respecto a 14 días de emergencia del testigo. En Densidad y la interacción DensidadxNitrógeno, no se obtuvieron efectos significativos. En días a la floración, se obtuvo significancia de la interacción DensidadxNitrógeno, siendo el nivel de 120 kgN/ha y la densidad de 40 cm entre surcos, la de menor duración a la floración (51 días aproximadamente). En altura de planta no se detectaron efectos significativos de la densidad y fertilización nitrogenada, pero se halló significación para el efecto combinado de ambos factores, donde el mayor promedio de altura de planta se da con el tratamiento de 120 kgN/ha con la de 30 cm. No se ha evidenciado efectos significativos en los días a la cosecha en ninguno de los factores y su interacción. En cuanto al número de vainas por planta y la longitud de vainas, se obtuvo diferencia estadística para el factor Nitrogeno; la aplicación con 120 kg/ha de nitrógeno produce en promedio de 28,3 vainas/planta y 13,8 cm en longitud de vaina. En el peso de vaina verde por planta y rendimiento de semilla, se han obtenido efectos significativos en los factores Densidad, Nitrógeno y su interacción, en cuanto a la interacción el mayor peso de vaina verde y el mayor rendimiento se dio con la dosis de 120 kgN/ha y rendimientos promedio de densidades de 30 cm ( 21106,6 Kg/ha) y 40 cm (19879,7 Kg/ha). Finalmente en el análisis económico la

combinación Nitrógeno 120 kg/ha y 30 cm entre surcos ( $a_3b_1$ ), es el que tiene mayor Relación Beneficio/Costo (15,57).

## I. INTRODUCCION

La población boliviana presenta una elevada tasa de desnutrición debido principalmente al escaso consumo de proteínas en su dieta.

Algunas leguminosas como la vainita por su bajo costo, en relación a las proteínas de origen animal, constituyen una fuente potencial importante para la dieta alimenticia.

En nuestro medio si bien el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) de variedades con procedencia americana, tiene demanda en sectores urbanos, su consumo en las regiones rurales es menos frecuente.

Por otra parte su cultivo ofrece otras ventajas como ser la conservación de suelos por la fijación de nitrógeno atmosférico por la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* además que aumenta el contenido de proteína de la planta, la incorporación de materia verde luego de la cosecha como rastrojo al suelo que mejora la fertilidad y la estructura del suelo.

Otra ventaja es que el cultivo de vainita, por el ciclo de producción en verde, puede constituir una alternativa que podría insertarse en el sistema de producción.

La región de los valles interandinos de Chuma, por su geografía ofrece diferentes nichos ecológicos para la producción de diferentes cultivos como ser; tubérculos, cereales, leguminosas, frutales, además de realizar un manejo de cultivos tanto espacial como temporal, donde el cultivo de vainita con los antecedentes mencionados puede llegar a constituirse una alternativa para la seguridad alimentaria y producción.

## **1.1. Objetivos.**

### **1.1.1. Objetivo general:**

- Evaluar el efecto de cuatro niveles de fertilización y tres densidades de siembra para la producción de vainita (***Phaseolus vulgaris***) en la Provincia Muñecas.

### **1.1.2. Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto de los niveles de fertilización nitrogenada en el rendimiento de las vainas del cultivo de vainita.
- Determinar el rendimiento de vainas verdes por efecto de densidades de siembra en el cultivo de vainita.
- Evaluar los costos parciales de producción del cultivo de vainita.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Importancia del cultivo

Maroto (1995), indica que la importancia actual de la vainita, cuyo cultivo se considera netamente hortícola, se recolectan en una fase anterior a la granazón total de sus semillas y en estado de vainas tiernas se lo consume, una gran parte del consumo de vainitas también se hace como grano seco. En América, el cultivo es típico de pequeños productores y una fuente de subsistencia como fuente de proteína vegetal.

De Paz Gómez (2002), menciona que el frejol ejotero es cultivado para su consumo en verde y es uno de los más importantes vegetales entre 22, ocupando el séptimo lugar y cosechado muy tempranamente para que no presente fibra (5 a 10 cm de largo de vaina).

Según Meneses *et al.* (1996) mencionado por Ortubé *et al.*, indica que la planta del frijol es anual, herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, aunque es una especie termófila, que no soporta las heladas. Se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tienen un alto contenido de proteínas, alrededor de un 22% en base seca. Las semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas. También puede consumirse la vaina entera inmadura y las hojas (Debouck e Hidalgo 1985). En Bolivia el frijol se consume principalmente como grano seco; también se consume en verde como vaina tierna.

#### 2.1.1. Origen

Casseres (1980), menciona que el frijol es de origen americano y las formas mejoradas surgieron en Europa y luego en América.

Según Maroto, (1995), indica que es una planta americana oriunda de los Genocentros VII y VIII de Vavilov, es decir México-América Central y Perú-Ecuador-Bolivia, respectivamente, puesto de manifiesto, tanto por diversos hallazgos

arqueológicos como por evidencias botánicas e históricas. Los indicios más antiguos de cultivo datan del año 5000 a.C. La introducción en España y posteriormente su difusión al resto de Europa tiene lugar en las expediciones de comienzos del siglo XVI.

El frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) fue cultivado y originado por los indios del Norte y Sur América y fue introducido a Europa por los colonizadores (De Paz Gómez, 2002).

### **2.1.2. Características nutricionales**

Ávila *et al.* (1987), mencionan que un carácter sobresaliente de las leguminosas desde el punto de vista de la nutrición, es su alto contenido de proteínas pero estas difieren en su capacidad para satisfacer las necesidades proteicas, según su composición en aminoácidos, que es muy variable en los diferentes géneros y especies de los que se trate.

Aykroyd y Doughty (1972), señalan que los frijoles constituyen uno de los pocos alimentos ricos tanto en carbohidratos (60%) como en proteínas (22%), lípidos (1.6%) y minerales como calcio, fósforo y hierro. Esta alta concentración se debe principalmente al bajo contenido de agua (10 a 15%).

### **2.1.3. Rendimientos, producción a nivel nacional e importancia en Bolivia**

A nivel nacional, sin discriminar el tipo de frijol, la Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA (2008), reporta una superficie de 30601 has, la mayor parte de la superficie se destina a la producción de frejol en grano, la misma fuente menciona en el cultivo de vainita un superficie de 421 has con una producción de 1118 tn y 2656 kg/ha de rendimiento.

En tanto a nivel del Departamento de La Paz, se tiene reportadas 43 has sembradas con una producción de 139 tn y rendimiento medio de 3233 kg/ha de vainita.

Las zonas con mayor diversidad son la región de Cochabamba y valles aledaños, por otra parte se debe mencionar que en Bolivia son más difundidos los frijoles para consumo en grano clasificados en grupos; “kopuros” (se consume tostados, de granos esféricos), “chuwi” (de grano reniforme), “jatun chuwi” (granos grandes y anchos en espesor), de acuerdo a estudios del Centro de Investigaciones Fitecogenéticas de Pairumani-CIFP. Durante los últimos años la zona oriental (Santa Cruz) se ha constituido en productora y exportadora del grano de frejol de variedades comerciales (Voysesst, 2000).

#### **2.1.4. Taxonomía del Cultivo**

Según Meneses *et al.* (1996), la clasificación botánica es de la siguiente manera:

Subreino	:	Fanerógamas
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Fabales
Familia	:	Fabaceae
Subfamilia	:	Papilionoideae
Tribu	:	Phaseoleae
Género	:	Phaseolus
Especie	:	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Cultivar o Variedad	:	Cola Ratón
Nombre Común	:	Vainita, judía verde, frijol, poroto, Habichuela, chaucha y otros

Según Ortubé *et al.*, citados por Meneses *et al.* (1996), mencionan que los nombres vernaculares fue debido al gran interés del hombre por esta leguminosa, las selecciones realizadas por las culturas precolombinas originaron un gran número de formas diferentes y en consecuencia diversas denominaciones comunes o vernaculares en todo el mundo. En el idioma quechua el nombre del frijol es *purutu*,

del cual deriva el castellanizado poroto denominación que está en uso hasta la actualidad en Bolivia, Perú y Argentina. En Bolivia, de acuerdo al lugar donde se cultiva esta leguminosa recibe diversos nombres, así, en la llanura se la conoce como cumanda, chuy, frijol; en los valles interandinos tiene denominaciones como poroto, frijol, *k'opuru*, vainita, judía, vaquita, reventón o nuñas.

### **2.1.5. Características Botánicas**

Según Debouck e Hidalgo (1985), el frijol es una planta de consistencia herbácea, posee hojas simples y compuestas, insertadas en los nudos del tallo y ramas.

Meneses *et al.* (1996), describe de la siguiente manera:

**La raíz** es típica, y ligeramente fibrosa, con abundante cantidad de nódulos, debido a la simbiosis bacteriana localizada en la corteza de las ramificaciones laterales.

**El tallo** es el eje central de la planta, el cual está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristema apical del embrión de la semilla; desde la germinación y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene una fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos.

**Las hojas** simples solo aparecen en el primer estado de crecimiento de la planta y se acomodan en el segundo nudo del tallo; las hojas compuestas son trifoliadas de diversos tamaños, típicos de esta especie.

**La flor** es hermafrodita, zigomorfa, papilionácea, de colores variados, generalmente blancos o lilas; los órganos masculinos y femeninos se encuentran encerrados dentro de la envoltura floral, ofreciendo pocas posibilidades para el cruzamiento entre cultivares; la polinización ocurre uno o dos días antes de la apertura de las envolturas florales.

**El fruto** es largo o corto, de forma cilíndrica, grueso o delgado y de varios colores, que van desde amarillo pálido a café oscuro cuando están secos. La semilla presenta

diversos tamaños, formas y colores, así como también variadas tonalidades que van desde moteados hasta bandas ensanchadas, lo cual sirve para establecer las diferencias entre cultivares.

#### **2.1.6. Hábitos de Crecimiento**

Ortubé (1996), describe cuatro tipos de crecimiento que dependen del cultivar, de los cuales se pueden destacar;

Tipo I: Hábito determinado arbustivo: cuando la inflorescencia terminal está formada el crecimiento del tallo y de las ramas se detiene.

Tipo II: hábito Indeterminado arbustivo, de tallo erecto pero si aptitud para trepar, continua creciendo aun durante la floración.

Tipo III: Crecimiento indeterminado trepador, sistema de ramificación axilar bien desarrollado, puede tener aptitud para trepar.

Tipo IV: Crecimiento voluble, de habilidad trepadora, usado en asociaciones de maíz-Frijol.

Voysest (2000), el hábito de crecimiento es una de las características más importantes para clasificar las variedades desde el punto de vista agronómico, morfológicamente los frijoles son clasificados como determinados o indeterminados lo que depende de que el meristemo terminal sea reproductivo o vegetativo.

#### **2.1.7. Características distintivas del cultivo.**

Según Kohashi citado por Meneses *et al.* (1996), menciona que el frijol posee algunas características que conviene tener presentes, es una planta C-3 que realiza la fotosíntesis exclusivamente mediante el ciclo de Calvin; forma nódulos en las raíces que le permiten la fijación biológica del nitrógeno atmosférico; es predominantemente autógama aunque presenta un cierto porcentaje de polinización

cruzada y tiene un hábito de crecimiento controlado genéticamente, pero puede ser modificado por el medio ambiente.

La floración y el desarrollo consecuentemente de frutos, son escalonados. En el frijol, la antesis o apertura de flores de una planta ocurre en forma continua, en un lapso de dos hasta cuatro semanas, según el cultivar, el hábito de crecimiento y las condiciones ambientales.

Este ritmo de floración continua también ocurre a nivel de la inflorescencia individual. La producción de un número de botones, flores o vainas jóvenes, es mucho mayor que el de vainas normales que llegan finalmente a alcanzar la madurez.

Esto se debe a la pérdida de las tres estructuras, por abscisión o caída controlada fisiológicamente, pero modulada por el medio ambiente; además por la ocurrencia de vainas vanas que son aquellas retenidas en la planta hasta la madurez de la misma, por aborto de óvulos y semillas.

## **2.2. Condiciones ecológicas**

En Bolivia las zonas productivas pueden ubicarse en altitudes que van desde 300 a 2800 msnm. Los cultivares mejorados que se encuentran en zonas bajas corresponden a los de tipo arbustivo, con ciclo vegetativo bastante corto de 80 a 100 días; en cambio en las tierras altas se encuentran los cultivares volubles o de enredaderas, con periodos largos entre 120 y 150 días.

### **2.2.1. Factores Climáticos**

Vigliola (1992), indica que ésta es una especie de clima templado-cálido, por lo tanto es muy sensible a las heladas en cualquier estado de desarrollo.

El frijol no tolera excesos ni deficiencias de lluvias; los excesos provocan encharcamiento del terreno con el consiguiente marchitamiento de la planta, en cambio las deficiencias afectan el crecimiento y son causa principal para la baja producción, asimismo la ocurrencia de bajas temperaturas, inhibe y retarda el

crecimiento, mientras que las altas temperaturas aliadas a la humedad atmosférica elevada, favorecen la aparición de diversas enfermedades, los vientos pueden provocar la caída de las flores y el acame de las plantas, poniéndolas en contacto con el suelo contribuyendo al ataque de las plagas y enfermedades.

El frijol no soporta heladas, ni extremos mayores a 35°C; la temperatura ideal es de 21°C, con una precipitación de 300 mm distribuidos regularmente, durante todo el ciclo del cultivo. (Meneses *et al.*, 1996).

De Paz Gómez (2002), menciona que el frijol (*P. vulgaris*) requiere de un clima libre de hielo y que sea sobre todo fresco. En clima muy caliente bota la flor y en muchos casos las vainitas, esto sucede cuando llueve mucho.

Vigliola (1992), indica que ésta es una especie de clima templado-cálido, por lo tanto es muy sensible a las heladas en cualquier estado de desarrollo. La temperatura media mensual óptima es de 16-20 °C.

De Paz Gómez (2002), menciona que el frijol (*P. vulgaris*) requiere temperaturas que oscila entre 8 a 24 °C, siendo la óptima 15 a 18 °C. Además indica que la humedad requerida para el frijol (*P. vulgaris*) es de 75 a 85 %.

## **2.3. Factores edafológicos**

### **2.3.1. Suelo**

Esta planta se desarrolla mejor en suelos sueltos, franco a franco-arenosos, profundos, permeables y con buen drenaje. No resiste condiciones de salinidad, alcalinidad ni mucha acidez; el pH óptimo es de 5,5-6,8. El exceso de agua en el suelo provoca clorosis generalizada las variedades para chaucha requieren más nitrógeno porque les confiere terneza (Vigliola, 1992).

Se recomiendan suelos de textura franca, bien drenados con buena aireación y fertilidad moderada, con niveles aceptables de materia orgánica. El pH debe estar entre 5.0 y 7.5, fuera de este rango los cultivos presentan bajos rendimientos, observándose que cuando se aplica algún correctivo en los cultivos anteriores, las siembras de frijol acusan mejoría en su rendimiento, (Meneses *et al.*, 1996).

### **2.3.2. Fertilización en *Phaseolus vulgaris***

La vainita crece muy rápidamente desde la germinación de la semilla, y por lo general, responde bien a fertilizantes nitrogenados, según los requerimientos del suelo utilizado. En algunos suelos orgánicos el  $P_2O_5$  pueden faltar más que el N. en suelos livianos arenosos se hacen aplicaciones suplementarias de fertilizantes 1 a 2 veces durante el desarrollo, aunque el mejor sistema es aplicar la mayor parte en bandas a cada lado de la semilla 5 a 7 cm y un poco más debajo de la misma (2 o 3 cm). Esto se logra a mano con azadón haciendo surcos laterales, en cuyo caso a veces se aplica en un solo lado, o regando el abono en círculo alrededor de la planta en desarrollo y luego tapándolo para evitar se lixivie con el agua. La semilla no debe quedar en contacto con el fertilizante en ningún caso (Cáceres, 1980).

Según el Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani (2007), menciona que la fertilización debe efectuarse antes del último rastrado, a razón de 20 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea, esta dosis se consigue con dos bolsas del fertilizante 18-46-0 por hectárea.

Meneses *et al.* (1996), menciona que el uso de fertilizantes para cualquier cultivo en el país es muy limitado, se diría que casi no existe costumbre, salvo en el cultivo de la papa en los valles, donde se usa comúnmente fertilizantes nitrogenados. Se ha observado, por ejemplo que cuando el frijol se cultiva en rotación con la papa, los rendimientos aumentan notoriamente, porque el frijol aprovecha el efecto residual de la fertilización del cultivo anterior.

La experiencia de los últimos años demuestra la necesidad de usar fertilizantes en este cultivo, para obtener altos rendimientos, especialmente en aquellos suelos donde se practica un monocultivo permanente. El frijol para su desarrollo normal necesita además de nitrógeno, fósforo y potasio, de micronutrientes como azufre, calcio, magnesio y otros.

El frijol para su desarrollo normal, necesita además de nitrógeno, fósforo y potasio, de micronutrientes, como azufre, calcio, magnesio y otros. Para Meneses *et al.* (1996) la forma para proveer nitrógeno al frijol es la inoculación con cepas del género *Rhizobium*, o bien aplicar fertilizantes nitrogenados en cobertura, a los 15 y 25 días después de la germinación. En cuanto a esta opción, trabajos experimentales permiten hacer una recomendación para nuestro medio de 20 a 30 kg/ha de nitrógeno al momento de la siembra.

La fertilización de nitrógeno en Urea es una práctica común, según Domínguez (1993), indica que es un producto orgánico de síntesis que tiene un contenido de nitrógeno de 46%. Todo en forma ureica o amidica, la solubilidad es también muy alta, su gran solubilidad y falta de retención por el suelo puede provocar pérdidas importantes por lixiviación o lavado si no se controlan debidamente las condiciones de su aplicación en el riego.

Como se indica el nitrógeno de la Urea se encuentra en forma ureica, y se transforma rápidamente en la forma amoniacal por la acción de la enzima ureasa, en condiciones normales de humedad y de temperatura, esta transformación se lleva a cabo en un periodo de tres a diez días.

La eficacia de este fertilizante depende muy estrechamente de las condiciones de aplicación debido a su extrema solubilidad (riesgo de lavado) y a la posibilidad de volatilización de amoníaco cuando se aplica en superficie en suelos alcalinos. Sin embargo en condiciones adecuadas, procurando que quede por debajo de la superficie del suelo, porque se utilice el riego para ello, puede obtenerse

rendimientos muy satisfactorios. Su utilización por tanto es aconsejable con el riego en cobertura, aplicándola con la antelación adecuada según las condiciones de temperatura.

En cuanto al fósforo, Meneses *et al.* (1996), indica que debe estar presente aunque en niveles bajos. Según Mateo (1969), menciona que el empleo de abonos fosfatados en las leguminosas de grano es una cuestión de gran interés en el cultivo de estas plantas, el uso de estos abonos fosfatados esta sobre todo indicando en las tierras de mala calidad y en las muy agotadas.

Se comprende que los abonos fosfatados deben acompañar casi siempre al cultivo de las leguminosas de grano y en proporción bastante elevadas esto con el fin de obtener buenos rendimientos.

Mateo (1969), indica que la potasa ejerce importante papel en el desarrollo de las leguminosas, como se ha indicado ya, los abonos potásicos independientemente de su acción sobre las plantas, ejercen una influencia indirecta sobre el cultivo al determinar en cierto modo de la acción de los abonos fosfatados y la fijación del nitrógeno libre atmosférico, obtenido por la simbiosis radicular. La maduración de los frutos y semillas, la resistencia a las enfermedades, plagas y heladas, en el desarrollo normal de las plantas etc., son favorecidos por estos abonos. Todos los abonos potásicos hay que enterrarlos bien, por lo que después de su distribución conviene dar las labores necesarias para conseguirlo. La dosis de potasa debe ser mayor en las tierras arenosas que en las arcillosas, donde el ion potásico suele abundar. Como en el caso de los abonos fosfatados la potasa puede ser empleada en exceso sin producirse daños y acumulándose potencialmente en el suelo. Los abonos potásicos deben ser convenientemente equilibrados con nitrogenados y fosfatados.

### **2.3.3. Mecanismos de absorción radicular**

Domínguez (1984) generalmente, los elementos nutritivos son absorbidos por la planta desde la solución del suelo a través de la raíz por procesos y mecanismos que aún no están completamente aclarados. Esta absorción requiere de gasto de energía en forma de ATP.

El nitrógeno es absorbido en forma Nítrica  $\text{NO}_3^-$  y Amoniacal  $\text{NH}_4^+$ , siendo ambos metabolizados por la planta, sin embargo la forma nítrica es la más preferida. El ion nitrato es absorbido por la planta con actividad metabólica, es decir con consumo de energía. La forma amoniacal puede ser absorbida directamente, aunque muy lentamente en relación con la forma nítrica.

La absorción del fósforo es metabólicamente activa. Las plantas pueden absorber fósforo del suelo aun en concentraciones muy bajas, siendo la concentración interior incluso miles de veces mayores. Es decir la absorción se realiza en contra gradientes, la energía necesaria para realizar esta absorción se deriva de la respiración. Las formas absorbidas de fósforo son los iones monofosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y dibasico ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), creyéndose que solo el primero lo es activamente.

## **2.4. Factores Biológicos**

### **2.4.1. Control de Malezas**

De Paz Gómez (2002), menciona que el frijol (*P. vulgaris*) requiere hacer dos limpiezas para obtener el campo libre de malezas y una escarda.

Ortubé *et al.* (1996), indica que las malezas compiten por la luminosidad, agua, nutrimentos y anhídrido carbónico, dando lugar a que el cultivo se vea a ceder parte de sus requerimientos mermando de esta manera su rendimiento. El periodo crítico de la competencia se produce hasta los 30 días después de la emergencia del frijol.

Por otra parte, muchas malezas son hospederos de insectos vectores y otros organismos patógenos que atacan y causan enfermedades al frijol, demandando mayor número de controles fitosanitarios. La presencia de malezas también dificulta las labores culturales de carpida, aporque, pulverizaciones, cosecha.

#### 2.4.2. Enfermedades

De acuerdo al CIAT (1980) las principales enfermedades transmisibles por semilla son;

- **Virus del mosaico común (BCMV);** arrugamientos, mosaicos, deformaciones de hojas, si la infección proviene de semilla se presenta un tenue moteado en las hojas encrespamiento y curvamiento hacia debajo de hojas primarias.
- **Virus del mosaico sureño (SBMV);** de sintomatología difícil de detectar, puede presentar lesiones locales o necróticas de olor café rojizo oscuro de 1 a 3 mm de diámetro, su tamaño es variable de acuerdo a la variedad.
- **Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*);** de lesiones necróticas en cotiledones, hipocotilo y peciolo, en tallos las lesiones son ovaladas, hundidas en el centro y de coloración oscura, en las hojas las lesiones ocurren en el envés y a lo largo de la nervadura, las vainas presentan chancros circulares con depresiones en el centro y márgenes prominentes.
- **Mancha angular (*Isariopsis griseola*);** lesiones necróticas de borde definido y forma angular, con presencia de sinemas, como puntos negros sobre las lesiones.
- **Añublo bacterial (*Pseudomonas phaseolicola*);** puntos acuosos sobre la lámina foliar, que luego se necrosan y se extienden rodeándose de una amplia zona clorótica pálida. Las vainas afectadas presentan un aspecto húmedo y exudado de color ámbar plateado.

- **Añublo bacterial (*Xanthomonas phaseoli*);** hojas con borde con quemazón clorótico, en las vainas se presentan puntos acuosos de color rojizo, y en algunos casos se nota la presencia de exudado de color amarillo oscuro, en la semilla se presentan desde zonas decoloradas hasta arrugamiento y deformación total.

Otras enfermedades importantes:

- **Roya (*Uromyces phaseoli*);** síntomas primarios aparecen en el envés, manchitas de color blanco que se toman forma de herrumbre y de color marrón.

## **2.5. Prácticas culturales**

Para el establecimiento del cultivo de frijol se requiere de una serie de operaciones previas y a veces simultaneas, que aseguren su normal desarrollo. Es así que debe atenderse la preparación del terreno, tratamiento de semilla y oportunas intervenciones culturales, Meneses *et al.* (1996).

### **2.5.1. Preparación de suelos**

La forma manual, consiste en hacer una limpieza, mediante el carpido del rastrojo del anterior cultivo. Este rastrojo no debe ser quemado, más bien debe ser esparcido para cubrir el terreno y de esa manera evitar la germinación de malezas y disminuir la evapotranspiración de la humedad del suelo.

La aradura debe efectuarse por lo menos con un mes de anticipación a fin de que el rastrojo incorporado logre descomponerse para el momento de la siembra, además de enterrar las semillas de malezas invasoras. Unos días antes de la siembra se debe pasar con una rastra para desterronar y nivelar el terreno. Una práctica muy común en los valles para la preparación del terreno, es el uso de tracción animal, surcando la tierra con arado de tipo tradicional, realizando dos pasadas por el mismo terreno, Meneses *et al.* (1996).

### **2.5.2. Siembra**

Las épocas de siembra del frijol, en las diferentes zonas del país, dependen de dos factores. De una parte por la época de lluvia, y por otra la mano de obra, que para las zonas de cultivo en el país, depende fundamentalmente de la demanda por este recurso en el cultivo principal que se practica. En los valles se pueden realizar siembras bajo riego en los meses de agosto a diciembre.

Los sistemas de siembra dependen de la tradición de cada lugar donde se cultiva se puede sembrar solo o asociado. El manejo resulta sencillo por que el frijol es de ciclo corto. En los valles algunos agricultores como sistema de tracción animal utilizan una yunta de bueyes, con la cual, mediante un arado de reja, se abre el surco para la siembra. En el sistema manual la siembra se lo realiza con un punzón, que sirve para abrir lugar en el suelo donde se deposita la semilla, Meneses et al (1996).

### **2.5.3. Densidades de siembra**

Meneses *et al* (1996) indica que la distancia de siembra debe estar de acuerdo con el tipo de cultivar utilizado, la calidad del suelo a sembrarse y el sistema de siembra, Cuadro 1.

La distancia sobre surco se considera constante para todos los sistemas de siembra siendo recomendable tener entre 12 y 15 plantas por metro lineal. Esto se consigue calibrando adecuadamente la sembradora mecánica y/o dejando caer dos o tres semillas por golpe y dando entre 5 y 6 golpes por metro lineal, si se utilizara "matraca".

### **2.5.4. Cosecha**

De Paz Gómez (2002), menciona que el frijol (*P. vulgaris*) debe cosecharse cuando la vaina este verde y no contenga semilla alguna. Se hacen varios cortes hasta dejar el campo libre, estos sucederá aproximadamente a los 60 días después de sembrado

y dependiendo de la variedad que se use. Una vez cosechada la vaina se hace necesario mantenerle frio constante para que se mantenga turgente.

Delgado (1994), indica que el periodo de la cosecha se inicia a los 55 a 70 días después de la siembra con una duración de 20 días.

**Cuadro 1. Sistemas de siembra en frijol, distancias entre surcos y cantidades de semillas.**

<b>Sistema de siembra</b>	<b>Distancia entre surco (m)</b>	<b>Cantidad de Semilla (kg/ha)</b>
Mecanizado	0.60	50
Tracción Animal	0.50 – 0.60	45 – 50
Manual	0.40 – 0.50	35 – 40
Asociado	0.50	25

Fuente: Meneses (1996)

## **2.6. Densidades**

Según Vigliola (1992), la siembra a chorro continuo es de 40–50 x 5-10 cm y la densidad es de 40-70 Kg/ha.

Según el Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani (2007), menciona que la distancia entre surcos es de 50 cm y entre plantas es de 10 cm y la cantidad de semilla que se necesita para la siembra es de 95 kg/ha.

La distancia entre líneas o surcos es de 0.5 m para variedades enanas, entre plantas suele hacerse a golpes distantes entre si 0.25 m. colocando en cada golpe de 3-5 semillas. La semillas que puede gastarse es de unos 160 Kg/ha en variedades enanas (Maroto, 1995).

Ayala (1998), menciona que el espaciamiento entre las plantas debe estar de acuerdo al tipo de crecimiento de la variedad utilizada y la fertilidad del suelo,

también menciona que la distancia entre surcos para las variedades carioca, ica pijao y mantequilla es de 60 cm entre surcos y 20 cm entre plantas.

CIAT – Santa Cruz (1991) indica que la cantidad de semilla a sembrar depende de factores como época de siembra, suelo, variedad y distancia, usando granos pequeños de 40 a 60 Kg/ha, la distancia de siembra se puede realizar de acuerdo al sistema de cultivo.

El IICA citado por Vicente (2003) menciona que la población de frijol por hectárea depende del tipo de crecimiento (indeterminado) hasta 250000 plantas por hectárea en tanto que Parsons, citado por Solíz (1995), mencionado por Vicente (2003) señala que la cantidad de semilla sembrada depende del método de siembra, el cual varía entre 20 – 90 kg/ha, usándose para la siembra de precisión una distancia entre surco de 40 a 60 cm y de 10 a 15 cm entre plantas.

Quispe citado por Vicente (2003), menciona que en un ensayo sobre distancias entre surcos sobre el rendimiento de Charolito en la localidad de Caranavi reporta que la distancia entre surcos de 40 cm, produjo un rendimiento 1057.29 kg/ha, que fue superior a las distancias de 30, 50 y 60 cm que produjeron rendimientos de 687.50, 520.83, 517.61 kg/ha respectivamente.

Sinha citado por Solíz (1995), menciona que algunos estudios sugieren la existencia de una fuerte correlación entre el número de ramas y el rendimiento en grano, esa correlación o bien no es significativa o bien es significativa, la relación funcional entre el número de ramas y el rendimiento en gran o es solo indirecta, ya que está determinada por el número de vainas, por consiguiente, la posición de las vainas en los sistemas de ramificación pasa a ser un vínculo importante entre el número de ramas y el rendimiento en grano.

## 2.7. Rendimiento

Un rendimiento óptimo sería por arriba de 10,000 Kg/ha, equivalente a 230 qq de vaina verde por hectárea, según De Paz Gómez (2002). Por otra parte Delgado (1994), también menciona que el rendimiento estaría entre 6000 a 12000 Kg/ha.

De acuerdo a Brauer citado por Mantilla (1995) el rendimiento en el cultivo de frijol es afectado tanto por factores ecológicos que influyen en el crecimiento de la planta, como por la misma capacidad genética de la planta para producir, la cual puede ser expresada por ciertos caracteres morfológicos de la planta, como el hábito de crecimiento, tamaño de vainas, número de semillas por vaina, tamaño y densidad de las semillas.

Para White e Izquierdo (1987) citado por Vicente (2003) las características tales como el peso de la semilla, semillas por vaina y número de vainas en forma conjunta dan como producto al rendimiento y son llamadas “componentes del rendimiento”, pero plantean que para aumentar el rendimiento no necesariamente se realiza a través de la selección y mejora de uno de sus componentes, ya que la variación entre componentes de rendimiento producirá la llamada “compensación de los componentes del rendimiento”; atribuida al crecimiento compensatorio que influye en la distribución de recursos limitantes del rendimiento afectados por factores genéticos y ambientales, es decir que al seleccionar un nivel alto uno de los componentes, probablemente no resultara en un aumento del rendimiento, lo cual no significa necesariamente eliminar la posibilidad de identificar una combinación óptima de dichos componentes.

Todos estos factores para CIAT, citado por Solíz (1995), experimentan en mayor o menor grado la influencia del fotoperiodo, es decir la tasa de desarrollo fisiológico de la planta como reacción de la duración de la luz del día, es un importante determinante del rendimiento. La larga duración del día durante la estación del

cultivo, aumenta de forma singular el volumen de la fotosíntesis, lo que explica que los mejores rendimientos se obtengan en dichas zonas.

El CIAT citado por Vicente (2003), menciona que el frijol se caracteriza por su rendimiento inestable que es consecuencia de los factores biológicos climáticos y edáficos que afectan al crecimiento y productividad de la planta.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

##### **3.1.1. Ubicación**

La investigación se realizó durante la campaña agrícola del año 2009, el ensayo se lo hizo en parcelas en las dependencias de una propiedad privada, ubicada en la comunidad Vilaque Puyapuya, en el Municipio de Chuma de la Provincia Muñecas del Departamento de La Paz, distante a 160 Km. al norte de la ciudad de La Paz con dirección camino a Achacachi.

##### **3.1.2. Situación Geográfica**

Geográficamente la provincia Muñecas se encuentra situada a 15°24' de latitud sur y 68°56' Longitud Oeste, con una altitud media de 2500 m.s.n.m. Vilaque Puyapuya está clasificada dentro de la región de valle bajo protegida por montañas altas circundantes al río Colorado.

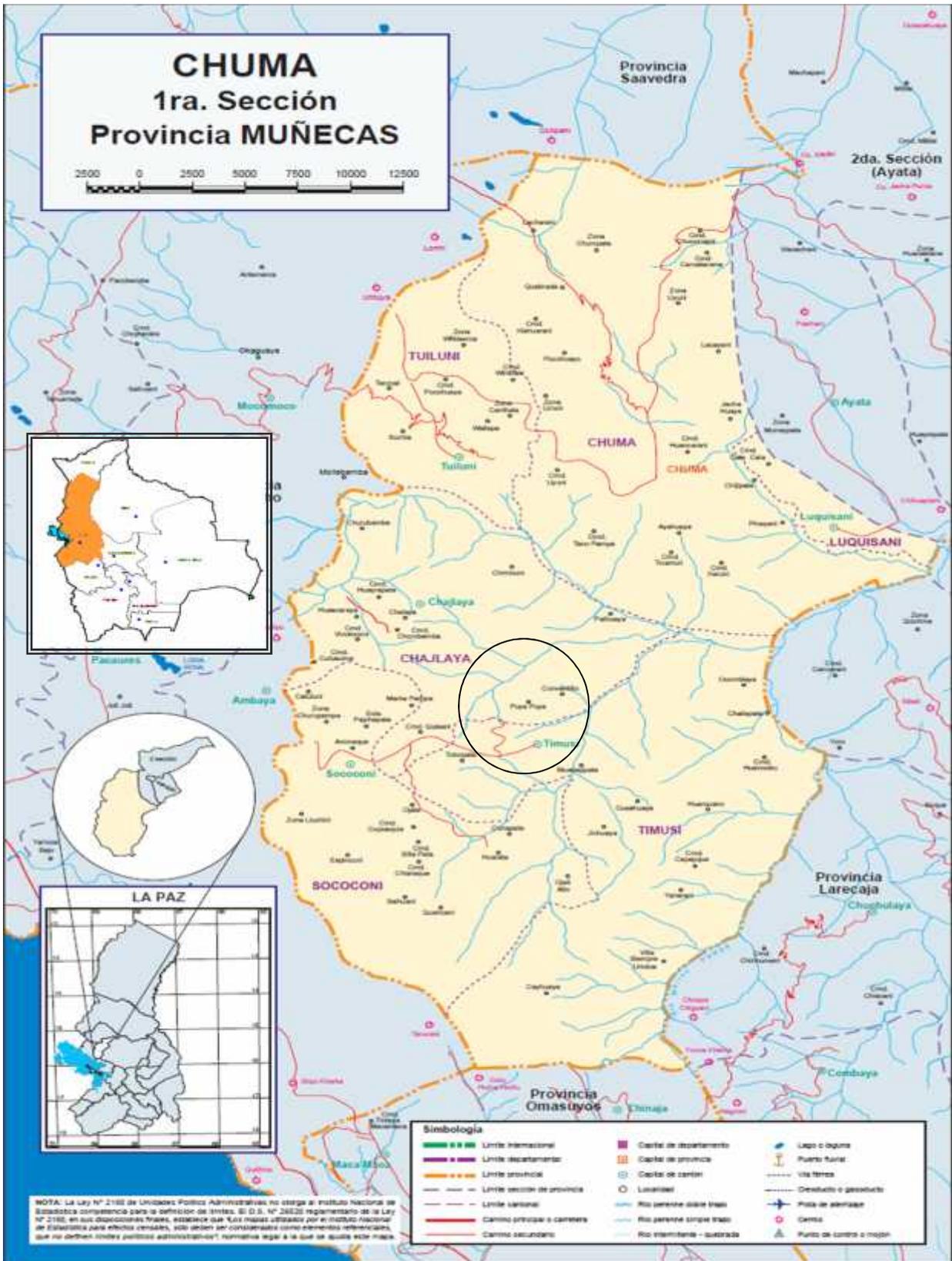


Figura 1. Mapa de ubicación del Ensayo: país Bolivia, Departamento de La Paz, Provincia Muñecas, Comunidad Vilaque Puyapuya

### **3.1.3. Fisiografía de la zona y topografía**

La topografía del Municipio es definida por las características fisiográficas de la Cordillera Oriental, que se desplaza de Nor Oeste a Sud Este. Dentro de ésta se encuentra la Cordillera de las Muñecas que se desplaza de Norte a Sud y con altitudes que van en descenso, la característica de esta última cordillera es que es baja, las altitudes de las cumbres no llegan a los 5000 m.s.n.m. con pendientes empinadas a muy empinadas, valles muy estrechos en forma de V, por la singularidad de este piso las especies que se pueden cultivar son el maíz, hortalizas y frutas.

### **3.1.4. Características climáticas**

Para describir las condiciones climáticas se obtuvo datos históricos de 10 años precedentes a la gestión de estudio (1995 al 2005), datos correspondientes a la estación climática de Sorata (SENAMHI), Provincia Larecaja, estación más cercana al área de estudio por la disponibilidad de datos climáticos. Chuma que es la capital de la Provincia Muñecas en la actualidad no cuenta con una estación meteorológica, es por esta razón que se utilizaron datos del Municipio de Sorata por sus características similares en temperatura y precipitación.

### **3.1.5. Suelos**

Presentan suelos pardos a oscuros, en función a la humedad, texturas, francos arenosos; moderadamente profundos a muy superficiales, los cuales tienen uso agropecuario, (PDM del Municipio de Chuma, 2004).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material experimental**

#### **Material genético; Semilla de vainita var. “Cola de ratón”**

Se estudió la variedad Cola de ratón procedente del Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani, poseen granos de buena calidad, el hábito de

crecimiento de esta variedad es del tipo arbustivo de porte bajo, el porcentaje de pureza es del 100% y la germinación alrededor del 97%.



**Figura 2. Semilla de vainita listo para la siembra**

### **3.2.2. Material de campo**

- Yunta
- Arado egipcio
- Yugo
- Pico y chontillas
- Herramientas hortícolas
- Mochila de Asperjar
- Cinta métrica
- Estacas
- Letreros de identificación
- Marbetes
- Cordones para delimitar

### **3.2.3. Insumos**

- **Fertilizante Nitrogenado:** Urea 46 % N
- **Fungicidas:** Ridomil, Benlate
- **Insecticida:** Karate

#### **3.2.4. Material de gabinete y apoyo**

- Equipo de Computación, Software (programas estadísticos)
- Cámara fotográfica digital
- Material de Escritorio
- Balanza de precisión Digital
- Bolsas de polietileno
- Calculadora
- Regla

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Preparación del terreno**

Para la preparación del suelo, primeramente se hizo la rotura del suelo 30 días antes de la siembra en forma tradicional con yunta y apoyo manual, para facilitar la emergencia de las malezas y que luego puedan ser fácilmente eliminadas, y la segunda para el mullido una semana antes, seguidamente se hizo la nivelación del terreno igual en forma tradicional.

#### **3.3.2. Muestreo y Análisis físico químico del suelo**

Se realizó un muestreo del suelo de la parcela experimental en forma aleatoria al azar a 30 cm de profundidad con una pala; para su posterior mezclado y cuarteo de la muestra para que sea representativa, procediendo al embolsado y etiquetado para su análisis físico-químico en el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN) de Viacha (Anexo 1).

#### **3.3.3. Demarcación de parcelas Experimentales**

La demarcación se realizó con las mediciones correspondientes de acuerdo al croquis de la parcela (Anexo 3), el estacado, y finalmente el surcado para la siembra.

Durante la preparación del terreno se ha incorporado 140 kg/676 m<sup>2</sup> de abono orgánico, (estiércol de oveja), que es recomendado por CNPSH – JICA.

Posteriormente se procedió a orientar los surcos y canales de riego de acuerdo a la pendiente y al diseño planteado.

Para el efecto de bordura se destinaron 2 surcos, en cada unidad experimental, esto en las densidades y de los surcos restantes se eligió 10 plantas al azar para las evaluaciones.

#### **3.3.4. Siembra**

La siembra se la realizó en fecha 6 de abril del 2009, de forma directa y manual a chorro continuo, aproximadamente de 2 a 3 semillas y a una distancia de 15 cm entre planta. Una vez sembrada la semilla se procedió a tapar los surcos con paja para evitar que los pájaros escarben la semilla y para mantener la humedad del suelo durante la emergencia.

#### **3.3.5. Densidades de siembra**

Las densidades de siembra que se utilizaron son 3 distancias, las cuales son: 0.30 m, 0,40 m, y 0,50 m entre surcos y aproximadamente 0,15 m entre plantas, estas fueron recomendadas por bibliografía y utilizadas por los agricultores del sector para facilitar su trabajo de forma manual.

#### **3.3.6. Fertilización**

Los niveles que se plantean son: 0-0-0 de NPK (testigo), 40-0-0, 80-0-0, 120-0-0 donde el nivel variante es el nitrógeno (N).

Los niveles de fertilización se tomaron en cuenta para determinar en cuál de estos niveles el cultivo de vainita tiene un mejor comportamiento en cuanto al rendimiento y producción.

Para la aplicación del fertilizante de Nitrógeno fue en forma fraccionada, la primera fertilización fue en la siembra y otra fue en el aporque, esto con el objeto de evitar pérdidas por lixiviación, los productores del sector fraccionan de esa manera, la cantidad de fertilizante se incorporó previo pesaje de acuerdo a la dosis estipulada para cada nivel de fertilización o tratamiento.

Para una mayor información sobre la textura, estructura y riqueza del suelo se realizó un muestreo del suelo de la parcela experimental en forma aleatoria al azar a 30 cm de profundidad con una pala; para su posterior mezclado y cuarteo para una mayor representatividad.

### **3.3.7. Labores Culturales**

#### **3.3.7.1. Aporque y control de malezas**

Aporque se realizó aproximadamente a los 28 días después de la siembra, juntamente con la segunda aplicación de fertilizante a los tratamientos correspondientes, la altura de planta era más o menos de 0.20 m esta labor cultural es recomendado por los agricultores de la zona. Al mismo tiempo se realizó el desmalezado ya que estas pueden realizar la competencia de crecimiento del cultivo y le generaría estrés.

#### **3.3.7.2. Riego**

En toda la zona para el riego se utilizan las aguas provenientes del rio Colorado dirigidas por medio de canales de riego. Para todas las unidades experimentales se aplicó el riego por el método superficial (surcos) con una frecuencia de cada 7 días después de la emergencia a capacidad de campo.

#### **3.3.7.3. Control Fitosanitario**

Control fitosanitario al cultivo, como preventivo aplicando fungicidas y también insecticidas.

#### 3.3.7.4. Cosecha

La cosecha de las vainas se efectuó en forma manual antes de que desarrollen completamente las semillas a los 75 días, luego con intervalos de 7 días, con cuidado de no dañar la planta, en especial las vainas que aún no están en estado de cosecha.

#### 3.3.7.5. Post cosecha

Posterior a la cosecha se procede al conteo, pesaje y medición de las vainas recolectadas en cada intervalo de cosecha, en cada unidad experimental de un promedio de 10 plantas, de acuerdo a la variable de respuesta.

### 3.4. Diseño experimental

El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas, con cuatro bloques. Donde el Factor A o parcela grande es el nivel de fertilizante nitrogenado y el Factor B o subparcela es la densidad de siembra (Rodríguez, 1991).

#### **Modelo estadístico**

El modelo lineal aditivo es el siguiente: 
$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + \beta_i + \gamma_{ik} + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = Valor de "Y" en una unidad experimental

$\mu$  = Media General del ensayo

$\alpha_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (fertilización)

$\gamma_{ik}$  = Error de la parcela Principal

$\delta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (densidad)

$(\alpha\delta)_{ij}$  = Interacción del i-ésimo nivel del factor A (fertilización)  
con el j-ésimo nivel del factor B (densidad).

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

Los resultados experimentales se analizaron con el programa estadístico SAS v.8, con el procedimiento ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5%.

### ***Factores de estudio***

**Factor A:** Nivel de Fertilización nitrogenada en kg/ha

$a_0$  : 0 (testigo)

$a_1$  : 40

$a_2$  : 80

$a_3$  : 120

**Factor B:** Densidades de siembra (Distancias entre surcos)

$b_1$  : 30 cm

$b_2$  : 40 cm

$b_3$  : 50 cm

### ***Tratamientos***

Se evaluaron los tratamientos de acuerdo al siguiente detalle:

T1 =  $a_0b_1$  testigo – 30 cm

T2 =  $a_0b_2$  testigo – 40 cm

T3 =  $a_0b_3$  testigo – 50 cm

T4 =  $a_1b_1$  40 kg/ha – 30 cm

T5 =  $a_1b_2$  40 kg/ha – 40 cm

T6 =  $a_1b_3$  40 kg/ha – 50cm

T7 =  $a_2b_1$  80 kg/ha– 30 cm

T8 =  $a_2b_2$  80 kg/ha – 40 cm

T9 =  $a_2b_3$  80 kg/ha – 50 cm

T10 =  $a_3b_1$  120 kg/ha – 30 cm

T11 =  $a_3b_2$  120 kg/ha – 40 cm

T12 =  $a_3b_3$  120 kg/ha – 50 cm

### ***Dimensión y descripción del campo experimental***

#### ***Bloque***

Largo	:	6 m
Ancho	:	6 m
Superficie	:	36 m <sup>2</sup>
Ancho de pasillo	:	1 m
Área útil	:	576 m <sup>2</sup>
Área total	:	841 m <sup>2</sup>

#### ***Unidad experimental***

Ancho	:	2 m
Largo	:	6 m
Área	:	12 m <sup>2</sup>
Numero de surcos	:	4, 5, y 7 según la densidad
Distancia entre surcos	:	0.30, 0.40, 0.50 m
Distancia entre plantas	:	0.10 a 0.15 m

### **3.5. Variables de respuesta**

De acuerdo al objetivo general y específico, se tomaron en cuenta para la evaluación final del estudio las siguientes variables y las medidas cuantitativas se realizaron con varios métodos de medición tanto discreta como continua, que se muestra a continuación:

#### **3.5.1. Días a la emergencia del cultivo.**

Se evaluó la cantidad de días en que las semillas tardaban en germinar, considerando cuando más del 50% de la unidad hubiese emergido.

### **3.5.2. Días a la floración.**

Los días a la floración se determinaron evaluando cuanto tiempo en días tardaban en florecer un número promedio de doce plantas al azar y considerando fecha de floración cuando más del 50% de las plantas de una unidad experimental presenten al menos una flor.

### **3.5.3. Altura de planta.**

La altura de las plantas, se midieron en el estado de madurez fisiológica del cultivo, desde la base del cuello hasta la parte apical de las tres primeras floraciones de la planta: se tomaron en un número promedio de 10 plantas al azar.

### **3.5.4. Días a la cosecha.**

Se tomó el tiempo en días desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de un tratamiento, completan su madurez de consumo en vaina, adecuadas para la primera cosecha en vaina verde.

### **3.5.5. Número de vainas por planta.**

Se determinó a la madurez fisiológica contabilizando el número de vainas en las floraciones productivas, en las 10 plantas rotuladas.

### **3.5.6. Longitud de la vaina por planta.**

Esta variable se evaluó cuando las vainas llegaron a su madurez fisiológica, desde la base hasta el ápice de la vaina, mediante una muestra representativa dentro las 10 plantas marcadas, el resultado se expresó en cm.

### **3.5.7. Peso de vaina verde por planta.**

Esta variable, se determinó pesando cada una de las vainas en una balanza analítica, el resultado se expresó en gramos. Este parámetro nos refleja si existió algún efecto de las podas en relación al peso de la vaina.

### **3.5.8. Rendimiento en vaina verde.**

Se estimó el peso de las vainitas obtenidas extrapoladas para una hectárea y analizar su rendimiento. Para esto se procedió a pesar las vainas cosechadas de cada planta. El rendimiento se expresó en kg/ha.

## **3.6. Análisis Económico**

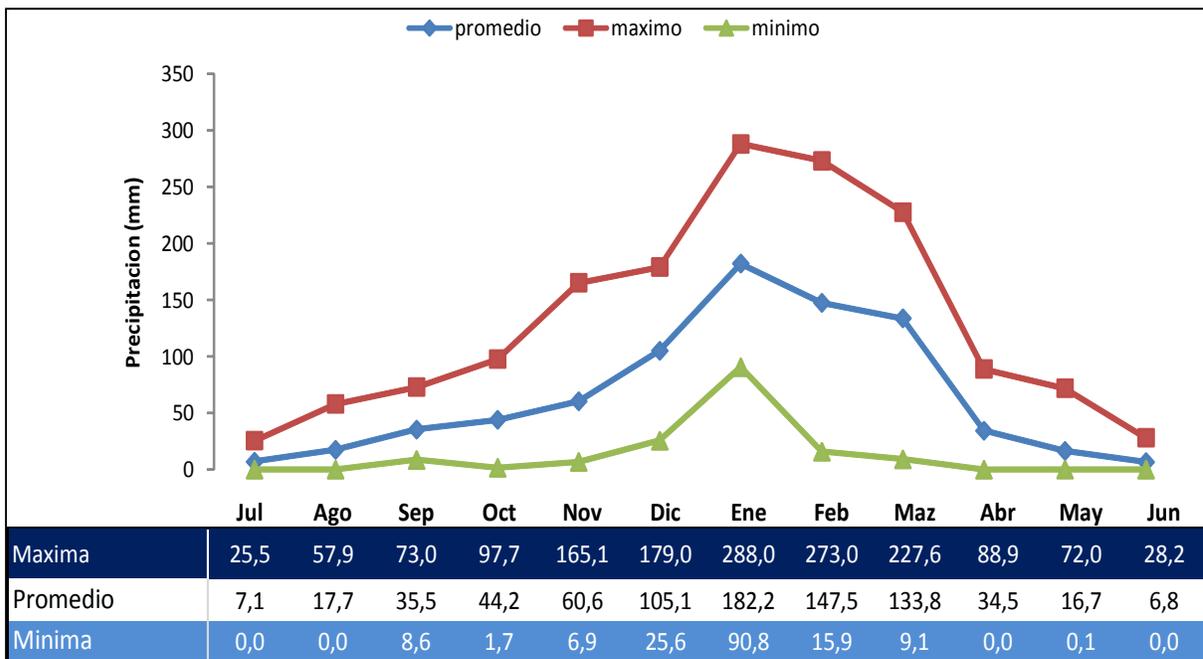
Se realizó el análisis de la Relación Beneficio/Costo, para lo cual se consideraron los costos fijos y variables (Anexo 4) en la producción de vainita verde y el precio de vaina a la cosecha.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio en condiciones experimentales y las variables de respuesta se muestran a continuación.

### 4.1 Aspectos Climáticos en la zona de estudio

#### 4.1.1. Precipitación



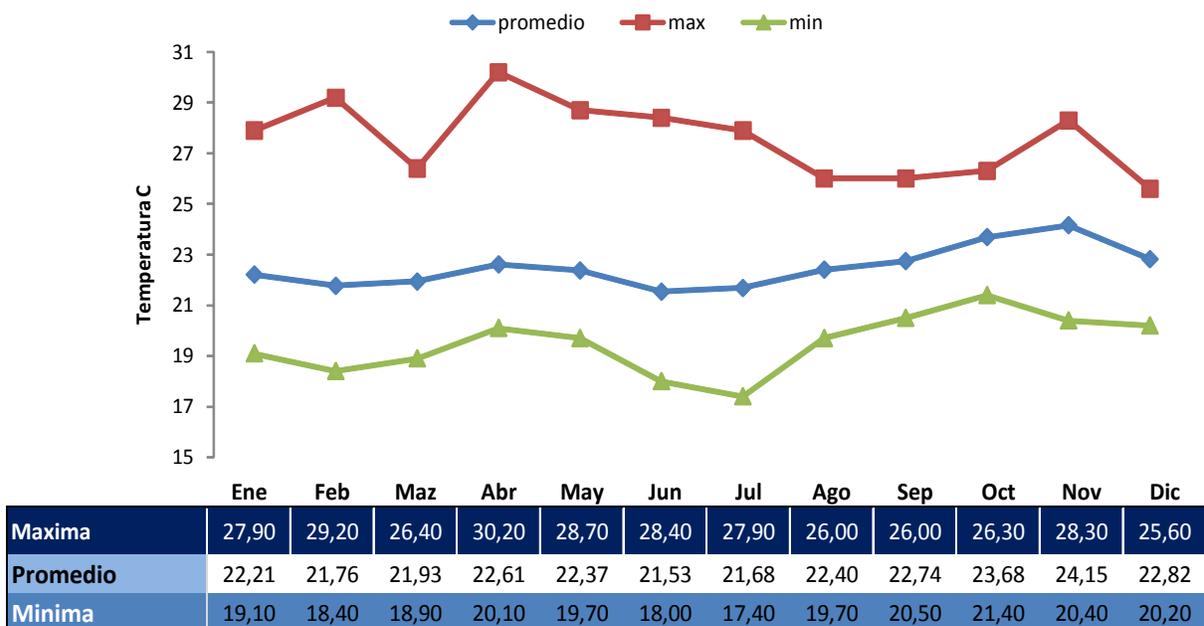
**Figura 3. Precipitación en la región de Sorata (SENAMHI, 2009)**

De acuerdo a la estación meteorológica de Sorata (SENAMHI 2009), se tiene lecturas de precipitación de los años 1999-2009 (Figura 3), observándose un comportamiento parecido entre las precipitaciones correspondientes, siendo los meses más lluviosos de diciembre a marzo y los meses menos lluviosos junio a septiembre.

De acuerdo a Meneses *et al.*(1996) el cultivo requiere 300 mm distribuidos regularmente durante el ciclo, de acuerdo a las precipitaciones registradas, a partir del mes de abril se tiene una precipitación acumulada aproximada de 186 mm, que

conjuntamente el riego suplementario y el desarrollo hasta la cosecha en vaina verde, fueron suficientes para un adecuado desarrollo del cultivo.

#### 4.1.2. Temperatura



**Figura 4. Temperatura en la región de Sorata (SENAMHI, 2009)**

Se presenta una temperatura media anual del ambiente de 22.5 °C, con una media máxima extrema de 27.6 °C y una media mínima extrema de 19.5 °C.

Por otro lado, podemos observar que los promedios mensuales de temperatura máxima presenta una alta variación entre los meses de diciembre a marzo y los meses de, junio julio y agosto, como las más bajas del año y las temperaturas mensuales promedios, muestran descensos en los meses de junio a agosto (Figura 4).

Al respecto Meneses *et al.* (1996) mencionan que la temperatura ideal del cultivo es de 21 °C, en tanto Vigliola (1992) menciona un rango de 16 a 20 °C, por su parte Arias *et al.* (2007), mencionan un rango entre 15 y 27 °C para un adecuado

desarrollo del cultivo, por lo que los rangos de variación y los promedios de temperatura se hallaron dentro los requeridos por el cultivo.

#### 4.1.3. Análisis de suelos

Los resultados del muestreo de suelos se detallan a continuación:

**Cuadro 2. Análisis químico del suelo (Vilaque Huerta pampa)**

pH en agua 1:5	C.E. mS/cm 1:5	Nitrógeno total %	Fosforo asimilable Ppm	CATIONES DE CAMBIO (meq/100 gr suelo)			
				Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio
7.24	0.283	0.23	11.17	22.90	3.26	0.83	0.20

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (2009).

De manera general se puede citar a Arias *et al.*, (2007) quienes mencionan que el cultivo de frejol, se adapta a una gran cantidad de condiciones de suelo y topografía y se siembra en zonas de montaña y de valles interandinos.

En el cuadro 2 se muestra el análisis químico del suelo, cuyo pH es de 7.24 el cual se halla dentro los parámetros descritos por Meneses *et al.* (1996), que menciona que el pH de suelos debe estar entre 5.0 y 7.5, en tanto Vigliola menciona que el cultivo se desarrolla mejor en suelos con pH óptimo de 5,5-6,8, finalmente la FAO (2007) menciona un rango de 5,5 a 6,5 de pH, en el presente estudio el pH fue mayor al requerimiento mencionado por estos autores, este factor puede haber afectado la disponibilidad de nutrientes.

En cuanto al nitrógeno de acuerdo a las recomendaciones de Arias *et al.* (2007) se encuentra considerado como un valor mediano, por otro lado la FAO (2007) considera también la riqueza de nitrógeno entre el rango de 0,15 a 0,25 % como un valor mediano, siendo el cultivo de frejol considerado como de baja fijación de nitrógeno atmosférico, entonces se justifica la adición de nitrógeno para mejorar el

desarrollo de la biomasa y síntesis de proteínas de la vaina y grano, dado que el cultivar hasta su cosecha es de ciclo corto, pero siempre con cuidado de no contrarrestar la actividad simbiótica, aunque hay que mencionar que el comportamiento de frejol también depende de las propiedades físicas del suelo.

(Arias *et al.*, 2007) recomiendan de acuerdo al tipo de suelo una dosis alrededor de 32 kg/ha de nitrógeno, para la formación adecuada de vaina. Se puede mencionar la alta relación Ca/Mg para el cultivo de frejol, lo que afecta la disponibilidad del Magnesio importante en la formación de fotoasimilados.

## 4.2. Variables de respuesta

### 4.2.1 Días a la Emergencia de la planta

El análisis de varianza (Cuadro 3), para la variable días de emergencia, muestra que el factor nitrógeno muestra diferencias estadísticas significativas, también entre bloques, es decir que al inicio del ciclo del cultivo existe diferencias en los días de emergencia, a diferentes niveles de aplicación de fertilizante (nitrógeno) la cual afecta al comportamiento fisiológico del cultivo.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable días de emergencia**

FV	GL	SC	CM	F	P>F (5%)	
Bloque	3	80,73	26,91	18,36	<,0001	**
Nitrógeno	3	51,06	17,02	11,62	<,0001	**
Error A	9	87,35	9,71			
Densidad	2	3,79	1,90	1,29	0,2927	NS
Nitrógeno*Densidad	6	20,38	3,40	2,32	0,066	NS
Error B	24	35,17	1,47			
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>278,48</b>				

G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; P= probabilidad; (\*\*)= altamente significativo; NS= no significativo. CV = 9,4%

El factor densidad de siembra resultó ser no significativo estadísticamente, lo que quiere decir que manejar diferentes niveles de densidad, tales como (30, 40 y 50 cm) no presenta diferencias en el comportamiento de la variable días de emergencia.

También se observa que la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra resultó ser no significativa a un nivel de significancia de 5%, lo que muestra que estos factores no influyen mutuamente, por lo tanto, no hay un efecto modificador sobre días a la emergencia. En lo referido al valor del coeficiente de variación (9,4%) se puede señalar que se encuentra dentro el rango recomendado para trabajos de experimentación agrícola.

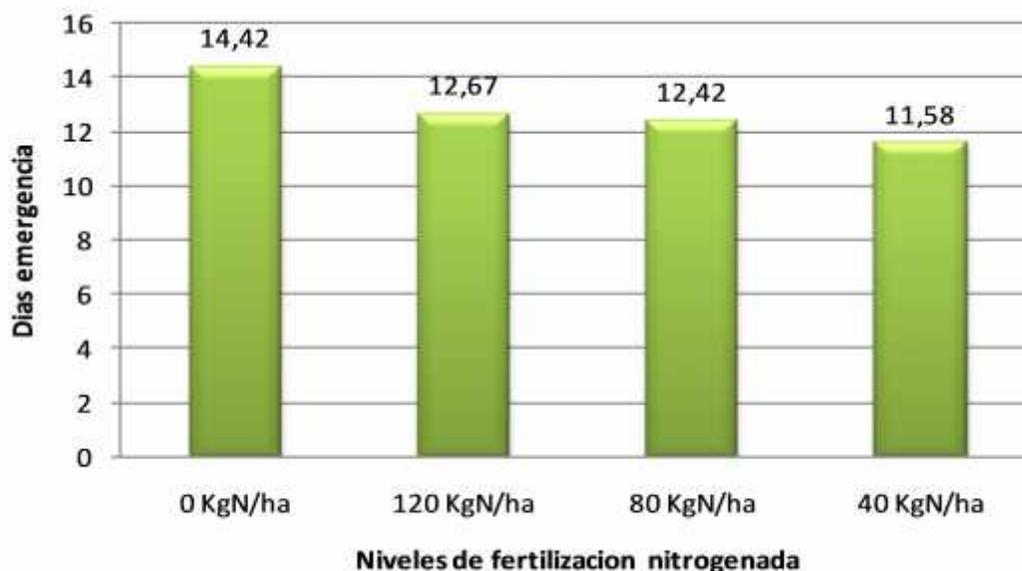
La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, realizada para el factor aplicación de fertilizante (nitrógeno), determina que para el nivel (0, 40, 80 y 120) kg/ha, se obtuvo diferentes promedios para los días de emergencia del cultivo vainita.

**Cuadro 4. Promedio de días a la emergencia (Duncan 5%)**

<b>Nitrógeno kg/ha</b>	<b>Medias</b>	<b>Prueba Duncan</b>
a <sub>0</sub> (0)	14,42	A
a <sub>2</sub> (80)	12,67	B
a <sub>3</sub> (120)	12,42	B
a <sub>1</sub> (40)	11,58	B

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 4 y la Figura 5, se observa en la variable días de emergencia, se forman dos grupos, el testigo y las aplicaciones de niveles 40, 80 y 120 kg/ha, la primera se obtuvo un mayor promedio (testigo) siendo significativamente diferente a los demás niveles de fertilizante.



**Figura 5. Días de emergencia para el factor nivel de fertilizante**

La Grafica 5, muestra que el testigo es el nivel que tarda un mayor número de días a la emergencia del cultivo, seguido de los tratamientos con la aplicación de nitrógeno.

Pese a que en esta fase las plántulas se desarrollan principalmente con la reserva del endospermo para formar las hojas cotiledonares, pudo apreciarse al menos 1 día y medio de diferencia en la emergencia entre los diferentes niveles de nitrógeno.

#### **4.2.2. Días a la floración**

En el cuadro 5, se observan los resultados del análisis de varianza para la variable días a la floración. Se determinó que no existen diferencias en la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno, por tanto, se puede utilizar indistintamente cualquiera de estos niveles para la producción de la vainita.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable días a la floración**

FV	GL	SC	CM	F	P>F (5%)	
Bloque	3	223,18	74,39	3,19	0,0772	NS
Nitrógeno	3	80,42	26,81	1,15	0,3813	NS
Error A	9	210,06	23,34			
Densidad	2	12,16	6,08	1,86	0,1776	NS
Nitrógeno*Densidad	6	70,90	11,82	3,61	0,0107	*
Error B	24	78,50	3,27			
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>675,22</b>				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada: P= probabilidad; \*= significativo; NS= no significativo. CV = 3,4%*

Sin embargo se puede observar también que el factor densidad de siembra también no muestra diferencias significativas, es decir que las densidades tales como de (30, 40 y 50) cm no influyen en la variable días a la floración.

En cuanto a la interacción de ambos factores el análisis nos muestra que existen efectos significativos, lo cual indica que en la variable días a la floración se ve influenciada por la acción de ambos factores es decir que el factor nivel de nitrógeno depende de la acción del factor densidad de siembra ó viceversa, para tal efecto, se realiza la respectiva prueba de análisis simple con el fin de establecer conclusiones específicas.

En lo referido al valor del coeficiente de variación de 3,4%, se puede señalar que se encuentra dentro el rango recomendado para trabajos de experimentación.

#### **4.2.2.1. Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable días a la floración.**

Como se puede apreciar en el Cuadro 6 de análisis de varianza para los días a la floración, la interacción por dosis de nitrógeno y densidad es significativa, por lo que es necesario realizar el análisis de efecto simple para dicha interacción.

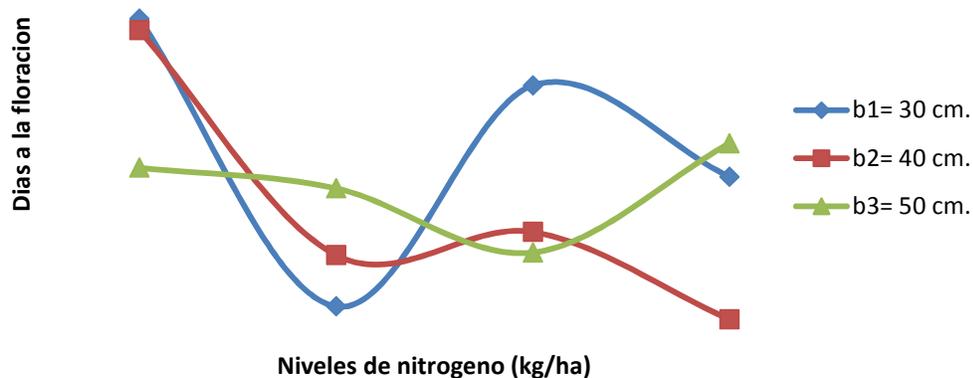
**Cuadro 6. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, en días a la floración**

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F	Significancia
Dens. en (0kgN/ha)	2	20,82	10,41	3,18	0,0505	NS
Dens. en (40 kg N/ha)	2	10,64	5,32	1,63	0,2074	NS
Dens. en (80 kg N/ha)	2	25,13	12,56	3,84	0,0285	*
Dens. en (120 kg N/ha)	2	26,47	13,24	4,05	0,0239	*
Dosis de N. en (30 cm)	3	70,52	23,51	7,19	0,0005	**
Dosis de N. en (40 cm)	3	70,84	23,61	7,22	0,0004	**
Dosis de N. en (50 cm)	3	9,95	3,32	1,02	0,3944	NS
Error B	47	78,5	3,27			

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculado; \*= significativo; \*\*= altamente significativo; NS= no significativo.*

El Cuadro 6 de análisis de varianza para efectos simples se puede ver que existe dependencia de todas las interacciones puesto que los efectos son significativos.

Se puede apreciar que, existen efectos significativos para los niveles de densidad de siembra combinada con la densidad, es decir que los días a la floración en una determinada densidad (30 y 40 cm), dependen del factor nitrógeno, con lo cuales se obtienen un mayor promedio de días a la floración, tal como se observa en la gráfica siguiente. También se detecta diferencias entre densidades en las dosis de 80 y 120 kg N/ha.



**Figura 6. Días a la floración en la interacción del nivel nitrógeno y densidad de siembra**

En la Figura 6, se puede apreciar que, existe dependencia del factor nitrógeno para las densidades.

El mayor promedio de días a la floración fue para la combinación sin aplicación de nitrógeno (testigo), con las densidades de 30 y 40 cm.

Se puede observar que sin aplicación de nitrógeno, la duración del ciclo es mayor, puede atribuirse a que pese a ser el cultivo una leguminosa, la riqueza del suelo debe ser aportada con el  $N_2$  para un mejor desarrollo del cultivo puesto que se considera al cultivo de frejol como un fijador de nitrógeno intermedio.

Por otra parte una dosis alta de nitrógeno, con la densidad de 40 cm entre surcos, logra una menor duración del ciclo hasta la floración (51 días aproximadamente), entonces mayores niveles de nitrógeno no producirán flores en menos tiempo, lo cual también afectara a la duración del cultivo hasta la formación de vaina.

### 4.2.3. Altura de planta

En el cuadro 7, se observa los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta. Donde se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas al 5% en la variable altura por efecto de los niveles aplicación de nitrógeno (0, 40, 80 y 120) kg/ha, por lo tanto, se puede utilizar indistintamente cualquiera de estos niveles de fertilizante para la producción.

También se puede determinar que el factor densidad de siembra resultó no significativo, es decir que la densidad no influyó sobre la variable altura de planta, en este caso variar de 30 a 40 y 50 cm, no influye en la altura de la planta.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta**

FV	GL	SC	CM	F	P>F (5%)	
Bloque	3	242,75	80,92	0,93	0,4654	NS
Nitrógeno	3	460,42	153,47	1,76	0,2239	NS
Error A	9	783,41	87,05			
Densidad	2	2,74	1,37	0,54	0,5900	NS
Nitrógeno*Densidad	6	53,35	8,89	3,50	0,0126	*
Error B	24	61,05	2,54			
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>1603,72</b>				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; P= probabilidad; \*= significativo; NS= no significativo. CV = 5,2%*

Se observa en el Cuadro 7 que, la interacción de ambos factores el análisis nos muestra que existen efectos estadísticos significativos a un nivel de significancia del 5%, lo cual indica que la variable altura de planta se ve influenciado por la acción de ambos factores es decir que el factor nitrógeno depende de la acción del factor densidad de siembra ó viceversa, para tal efecto, se realiza la respectiva prueba de análisis de efecto simple con el fin de establecer conclusiones específicas.

En lo referido al valor del coeficiente de variación de 5,2%, se puede señalar que se encuentra dentro el rango recomendado para trabajos de experimentación agrícola.

#### 4.2.3.1 Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable altura de planta

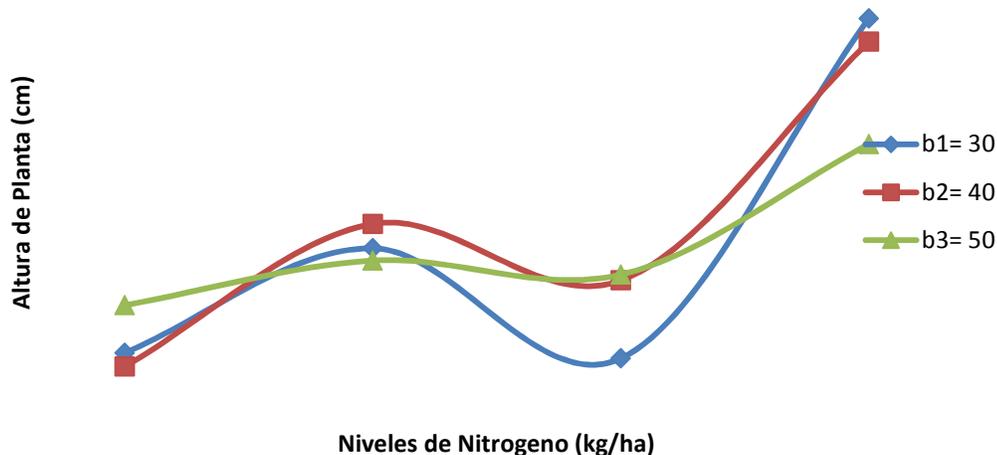
La interacción entre dosis de nitrógeno y densidad siembra, muestra efectos significativos por lo que se realizó el análisis de efectos simples.

**Cuadro 8. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, variable altura de planta.**

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F	Significancia
Dens. en (0kgN/ha)	2	7,25	3,62	1,43	0,2507	NS
Dens. en (40 kg N/ha)	2	2,42	1,21	0,48	0,6240	NS
Dens. en (80 kg N/ha)	2	15,28	7,64	3,01	0,0590	NS
Dens. en (120 kg N/ha)	2	31,15	15,57	6,13	0,0043	**
Dosis de N. en (30 cm)	3	264,39	88,13	34,70	0,0000	**
Dosis de N. en (40 cm)	3	197,41	65,8	25,91	0,0000	**
Dosis de N. en (50 cm)	3	51,97	17,32	6,82	0,0007	**
Error B	47	61,05	2,54			

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; \*\*= altamente significativo; NS= no significativo.*

Como se puede observar en el Cuadro 8, el análisis de varianza para la variable altura de planta entre la interacción es significativa, por lo que se puede afirmar con el 5% de error, el efecto de la densidad es dependiente del nitrógeno, es decir la variable altura de planta a una determinada densidad depende también de los niveles de nitrógeno aplicados, este efecto se ha observado entre las densidades para la dosis de 120 kg N/Ha y para todas las dosis de nitrógeno con respecto a las densidades de siembra.



**Figura 7. Altura de planta en la interacción del nivel nitrógeno y Densidad de siembra**

Se puede apreciar en la figura 7, que el mayor promedio se obtuvo con el tratamiento de 120 kg/ha con la aplicación de nitrógeno a una densidad de 30 cm, esto se atribuye principalmente a la densidad de siembra, puesto que el cultivo de frejol al aumentar la población por unidad de superficie, debido a la competencia, la planta tiende a ganar en altura, este hecho se corrobora observando la misma dosis de 120 kg/ha con la densidad de 50 cm.

También se ha observado que el menor promedio de altura fue con el testigo (sin fertilizante) en la densidad de 40 cm, por otro lado se aprecia también que, en los tratamientos con la aplicación de diferentes dosis la altura de planta es similar con 40 y 80 kg/ha, esto se debe a una menor disponibilidad de nitrógeno, el cual es muy importante en el proceso fisiológico de la planta. También juega un papel importante la densidad de siembra, ya que a mayores distanciamientos se registran menores alturas de planta entre las dosis 40 y 80 kgN/ha.

#### 4.2.4. Días a la cosecha

El análisis de varianza se muestra en el Cuadro 9, para la variable días a la cosecha muestra que no presenta sensibilidad a la aplicación de nitrógeno, es decir que no interesa el nivel de nitrógeno que se utilice ya que se conseguirá el mismo resultado resultando no significativo al 5%.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha**

FV	GL	SC	CM	F	P>F (5%)	
Bloque	3	237,28	79,09	2,69	0,1094	NS
Nitrógeno	3	111,24	37,08	1,26	0,345	NS
Error A	9	264,82	29,42			
Densidad	2	14,33	7,16	1,64	0,2141	NS
Nitrógeno*Densidad	6	56,67	9,45	2,17	0,0820	NS
Error B	24	104,51	4,35			
Total	47	788,84				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; P= probabilidad; NS= no significativo, CV = 5,2%*

En el caso del factor densidad de siembra, esta variable también resultó ser no significativo, lo que quiere decir que los días a la cosecha se comporta de igual manera ya sea con el manejo de la densidad (30, 40 y 50) cm.

El Cuadro 9, también muestra que la interacción de ambos factores, aplicación de nitrógeno y nivel de densidad de siembra resultó ser no significativo, indicando ello que cada factor interviene en la función de la planta de forma independiente en la variable días a la cosecha, por lo tanto, no hay un efecto modificador.

En cuanto al valor del coeficiente de variación (5,2%), se puede señalar que los datos de campo son confiables.

#### 4.2.5. Número de vainas por planta

El resultado del análisis de varianza que se observa en el Cuadro 10, correspondiente a la variable número de vainas por planta, muestra que existen diferencias altamente significativas en la aplicación de nitrógeno. Es decir que a diferentes niveles de (0, 40, 80 y 120) kg/ha, tienen diferencias en el número de vainas son estadísticamente diferentes.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F (5%)</i>	
Bloque	3	69,02	23,01	0,74	0,5562	NS
Nitrógeno	3	737,28	245,76	7,87	0,0069	*
Error A	9	281,15	31,24			
Densidad	2	48,36	24,18	3,16	0,0603	NS
Nitrógeno*Densidad	6	90,42	15,07	1,97	0,1098	NS
Error B	24	183,41	7,64			
Total	47	1409,64				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada: P= probabilidad; \*= significativo; NS= no significativo. CV = 11, 9%*

En el análisis de varianza no se evidencian diferencias significativas al 5% de probabilidad, por efecto de la densidad de siembra, mostrándose de esta manera que la aplicación de distanciamientos entre surcos, no afectan al comportamiento en cuanto a número de vainas por planta.

La interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra resultó ser también no significativo, mostrando que estos factores no se influyen mutuamente en el número de vainas por planta.

El valor de 11,9% del coeficiente de variación indica la desviación de los datos en relación a la media, lo que quiere decir que la obtención de los datos son válidos pues el experimento se desarrolló acorde a un adecuado manejo.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad realizada para el factor niveles de nitrógeno muestra diferentes agrupamientos de promedios del número de vainas por planta.

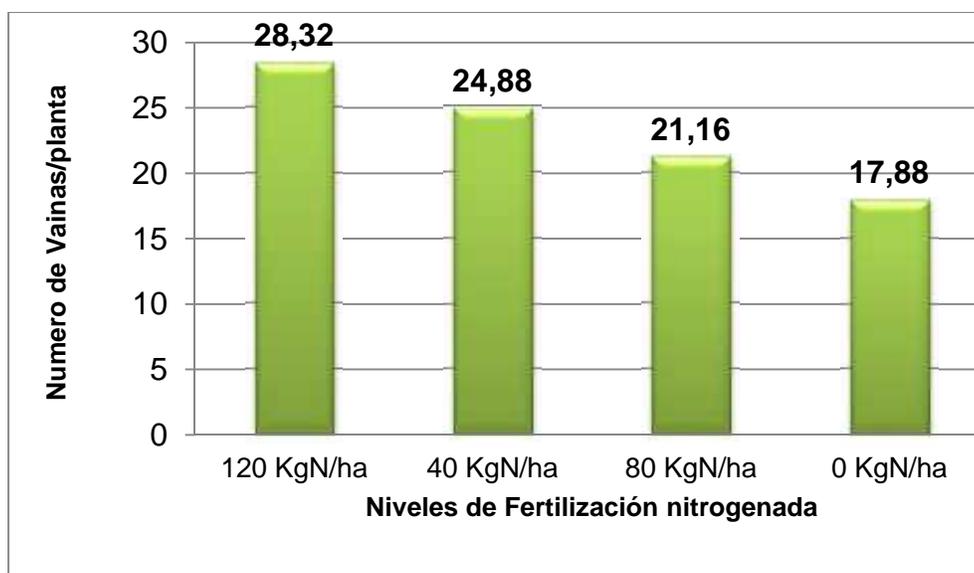
**Cuadro 11. Promedio número de vainas por planta (Duncan 5%)**

<b>Nitrógeno (kg/ha)</b>	<b>Medias</b>	<b>Prueba Duncan</b>
a <sub>3</sub> (120)	28,3	A
a <sub>1</sub> (40)	24,8	A B
a <sub>2</sub> (80)	21,1	B C
a <sub>0</sub> (0)	17,8	C

*Fuente: Elaboración propia*

La prueba múltiple de comparación de medias Duncan realizada al 5% para la variable número de vainas por planta, muestra que en la aplicación con 120 kg/ha de nitrógeno se produce mayor número de vainas con un promedio de 28,32 esto se debe a la aplicación del fertilizante de mayor concentración, (Cuadro 11).

En la Figura 8 también se observa que los niveles de (120 y 40) kg/ha, obtienen un promedio de 21,16 y 24,88 de vainas respectivamente, éste resultado es estadísticamente mayor al obtenido al testigo, habiendo una diferencia de 5.14 (vainas por planta) entre tratamientos. De manera general la aplicación de nitrógeno favorece a la simbiosis y la fijación de nitrógeno lo que mejora la formación de biomasa verde y a la formación de vainas.



**Figura 8. Numero de vainas por planta para el factor nivel de fertilizante**

#### 4.2.6. Longitud de la vaina por planta

El análisis de varianza (Cuadro 12) para la variable longitud de vaina por planta, muestra que el factor nivel de nitrógeno resultó ser significativo, es decir que, al producir el cultivo en estos tres niveles y el testigo afecta al comportamiento fisiológico del cultivo.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable longitud de vaina por planta**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F (5%)</i>	
Bloque	3	1,93	0,64	0,70	0,5745	NS
Nitrógeno	3	13,40	4,47	4,88	0,0279	*
Error A	9	8,24	0,92			
Densidad	2	0,38	0,19	2,34	0,1178	NS
Nitrógeno*Densidad	6	0,75	0,12	1,52	0,2131	NS
Error B	24	1,97	0,08			
Total	47	26,67				

*G.L.*= grados de libertad; *SC*=suma de cuadrados; *CM*= cuadrado medio; *F<sub>c</sub>*=calculada; *P*= probabilidad; \* = significativo; NS= no significativo. *CV* = 2,18%

Se evidencia efecto significativo en los niveles del nitrógeno sobre la longitud de vaina ( $P < 0,05$ ).

El factor densidad de siembra resultó ser no significativo, lo que quiere decir que la variación de distancias entre surco de 30, 40 y 50 cm, no presenta diferencias de comportamiento en la longitud de vaina por planta.

También se observa que la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra resultó ser no significativa, lo que muestra que estos factores no se influyen mutuamente, por lo tanto, no hay un efecto modificador.

El valor del coeficiente de variación de 2,18%, nos indica que los datos del experimento fueron bien manejados. Encontrándose dentro del rango establecido para trabajos de experimentación por ser menor al 30%.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, realizada para el factor nivel de nitrógeno, determina en qué los niveles (120,40 y 80) kg/ha, se obtuvo mayor longitud de vainas por planta.

**Cuadro 13. Promedio longitud de vainas por planta (Duncan 5%)**

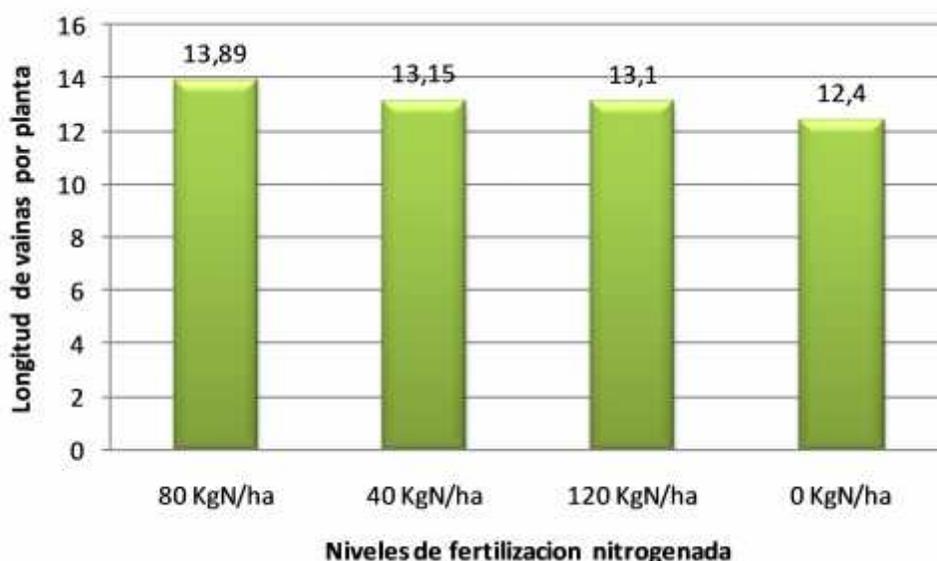
<b>Nitrógeno ( kg/ha)</b>	<b>Medias (cm)</b>	<b>Prueba Duncan</b>
a <sub>3</sub> (120)	13,83	A
a <sub>1</sub> (40)	13,15	AB
a <sub>2</sub> (80)	13,10	AB
a <sub>0</sub> (0)	12,40	B

*Fuente: Elaboración propia*

En el cuadro 13, se observa que las mayores longitudes de vainita se dan con las diferentes aplicaciones de nitrógeno, obteniéndose vainas con un mayor promedio en longitud o tamaño de la vaina. En el caso del testigo la longitud promedio fue de 12,40 cm. Esto significa que al aumentar la disponibilidad del nitrógeno en el suelo, se favorece a la formación de mayor biomasa que se traduce en un mayor tamaño de vaina, aspecto que es importante en cultivares que se cosechan en vaina pues a

diferencia de la producción de grano, se da mayor importancia a la biomasa y tamaño de vaina a la comercialización.

En la Figura 9, se aprecian los promedios longitud de vainas por planta, la mayor longitud de vaina obtenida fue en la aplicación de (80 kg N/ha), esto se debe a la cantidad de nutrientes disponibles, ya que las vainas que se producen en estos niveles aprovechan mejor la energía para la planta, es decir hay menor competencia por nutrientes, luz, etc, que se traduce en una mayor formación de biomasa y fotoasimilados.



**Figura 9. Longitud de vainas por planta para el factor nivel de fertilizante**

#### **4.2.7. Peso de vaina verde por planta**

El resultado del análisis de varianza correspondiente para la variable peso de vaina verde por planta, muestra que existen diferencias significativas en el nivel de aplicación de nitrógeno. Es decir que los (0, 40, 80 y 120) kg/ha de aplicación tienen pesos estadísticamente diferentes.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable de vaina verde por planta**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F (5%)</i>	
Bloque	3	1321,37	440,46	0,36	0,7840	NS
Nitrógeno	3	27978,38	9326,13	7,60	0,0077	*
Error A	9	11037,72	1226,41			
Densidad	2	1732,55	866,27	4,30	0,0253	*
Nitrógeno*Densidad	6	3224,51	537,42	2,67	0,0396	*
Error B	24	4831,20	201,30			
Total	47	50125,72				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; P= probabilidad; \*= significativo; NS= no significativo. CV = 12,80%*

En el Cuadro 14, se observa que en el factor densidad de siembra, donde se presentan variaciones de comportamiento, es decir que manejar diferentes densidades por planta, incide significativamente en el peso de vaina verde por planta. Ello muestra que se trata de una variable que responde de manera directa a la densidad.

En cuanto a la interacción de ambos factores el análisis nos muestra que existen diferencias estadísticas a un nivel de significancia del 5%, lo cual indica que en la variable peso de vaina verde por planta se ve influenciado por la acción de ambos factores es decir que el factor nivel de fertilizante depende de la acción del factor densidad de siembra ó viceversa, para tal efecto, se realiza la respectiva prueba de análisis de efecto simple, con el fin de establecer conclusiones específicas.

El valor del coeficiente de variación de 12,80%, nos indica que los datos del experimento fueron bien manejados. Encontrándose dentro del rango establecido para trabajos de diseños experimentales agrícolas con un valor menor al 30%.

La prueba múltiple de comparación de medias Duncan al 5% de probabilidad se presenta en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Promedio de peso de vaina verde por planta (Duncan 5%)**

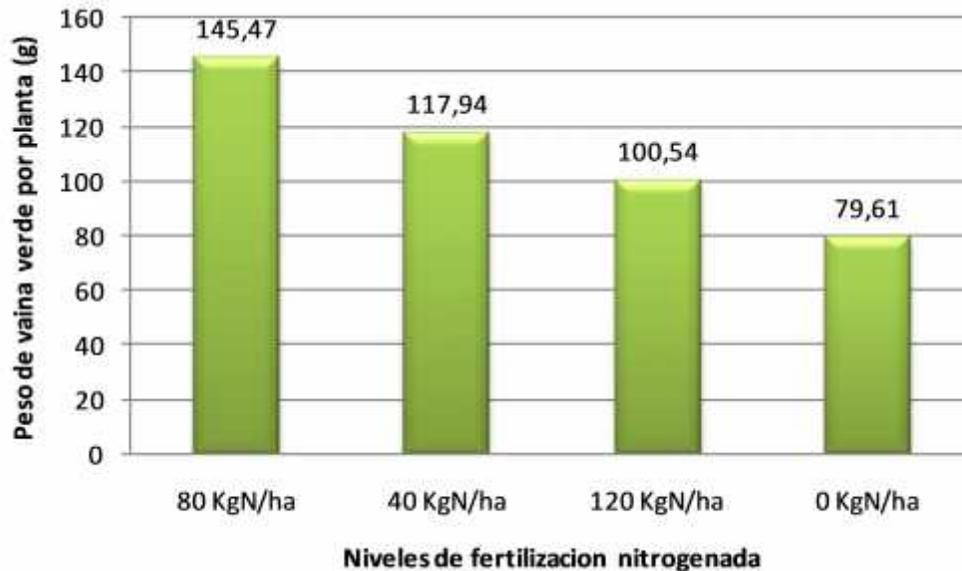
<b>Tratamientos kgN/ha</b>	<b>Medias (g)</b>	<b>Prueba Duncan</b>
a <sub>3</sub> (120)	145,47	A
a <sub>1</sub> (40)	117,97	AB
a <sub>2</sub> (80)	100,54	AC
a <sub>0</sub> (0)	79,61	C

*Fuente: Elaboración propia*

La prueba muestra que el mayor peso de vaina verde se obtuvo con el tratamiento de 120 kg/ha de nitrógeno cuyo promedio es de 145,47 g por planta, esto se debe a la mayor cantidad de Nitrógeno superior a los otros niveles los cuales son de rápida asimilación para la planta y por lo mismo mayor peso de vainas verdes.

Mientras el menor peso de vainas verdes se obtiene cuando se trabaja sin aplicación de nitrógeno (testigo), siendo el peso promedio de 79,61 g, este valor es menor debido a que al no tener ningún fertilizante se reduce la producción de vainas verdes. En el caso de los tratamientos de 40 y 80 kg/ha (nitrógeno), que consiguieron promedios de 117,97 y 100,54 g por planta respectivamente, los valores son estadísticamente similares. Las diferencias se pueden apreciar en la Figura 10.

Para manifestar el mayor potencial de la variedad de frejol empleada, necesita de una mayor fertilización nitrogenada, ya que las cepas nativas de *Rhizobium* en el suelo no son al momento muy eficientes para fijar el nitrógeno atmosférico, debiendo enmendarse con una mayor fuente de nitrógeno, con lo que se obtienen mayores pesos de vaina.



**Figura 10. Peso de vainas verdes por planta para el factor nivel de fertilizante**

En el Cuadro 16, se tiene la prueba múltiple de comparación de medias (Duncan al 5% de probabilidad).

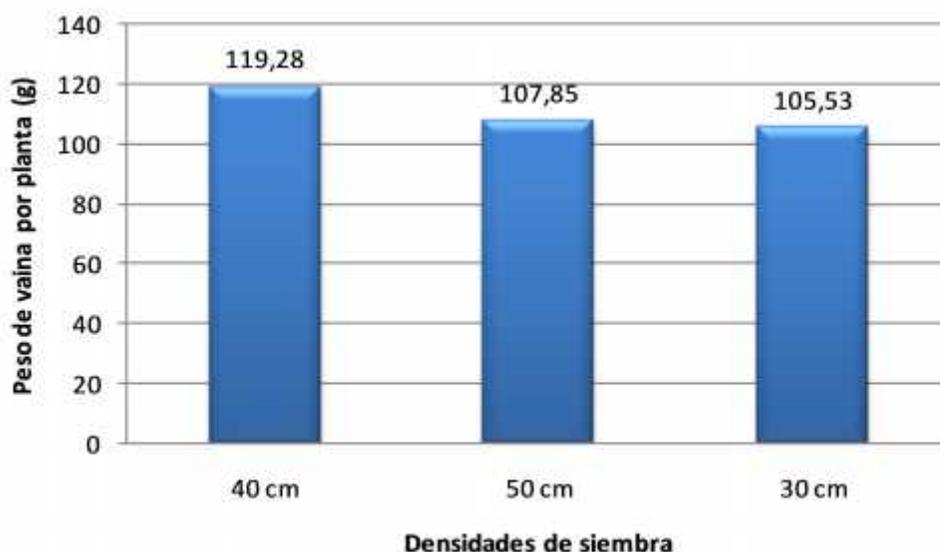
**Cuadro 16. Promedio de peso de vaina verde por planta (Duncan 5%)**

Tratamientos (cm)	Medias (g)	Prueba Duncan
b <sub>2</sub> (40)	119,28	A
b <sub>3</sub> (50)	107,85	B
b <sub>1</sub> (30)	105,53	B

*Fuente: Elaboración propia*

Realizada la comparación de medias en el peso de vainas verdes por planta, donde la densidad 40 cm (b<sub>2</sub>) es estadísticamente superior con un promedio de 119.28 g. Por otra parte son similares la densidades b<sub>3</sub> y b<sub>1</sub> con promedios de 107.85 y 105.53 g, a un nivel de significancia de 5%.

En la Figura 11, se describe los promedios para el factor densidad de siembra. Podría considerarse al nivel intermedio de 40 cm, como una distancia adecuada para la formación de biomasa en vaina verde, siendo que el cultivo responde de manera directa a la densidad, distancias menores por la competencia no llegan a formar ramas adecuadamente para generar un mayor número de vainas.



**Figura 11. Peso de vainas verdes por planta para el factor densidades de siembra**

#### **4.2.7.1. Análisis de la interacción de aplicación de nitrógeno y densidad de siembra en la variable número de vainas verdes por planta**

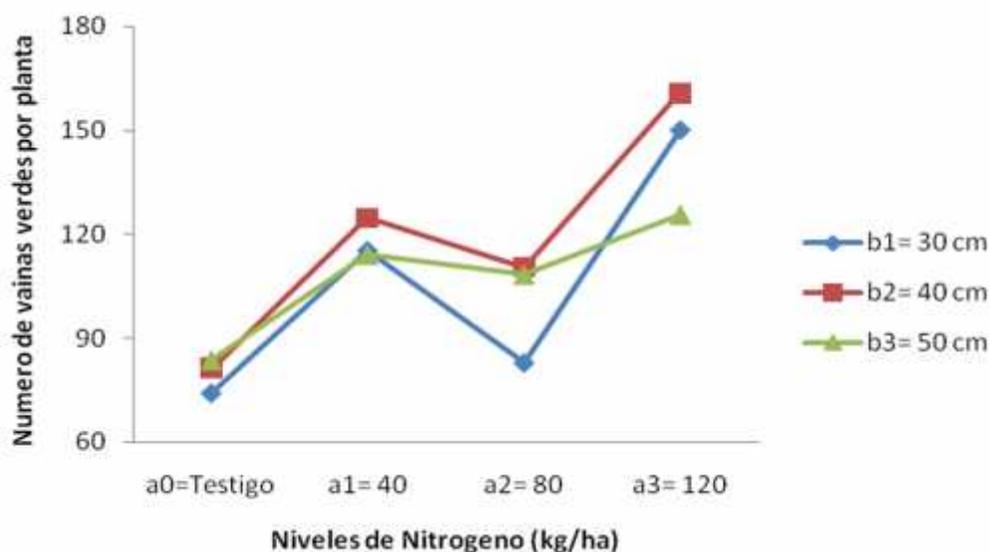
El análisis de efectos simples al 5% de probabilidad, determinó que en la interacción de (AXB), nitrógeno y densidad, existen efectos significativos en la variable número de vainas verdes, (Cuadro 17).

**Cuadro 17. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, numero de vainas verdes por planta.**

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F	Significancia
Dens. en (0kgN/ha)	2	192,98	96,49	0,48	0,6222	NS
Dens. en (40 kg N/ha)	2	270,88	135,44	0,67	0,5151	NS
Dens. en (80 kg N/ha)	2	1892,72	946,36	4,70	0,0138	*
Dens. en (120 kg N/ha)	2	2600,48	1300,24	6,46	0,0033	*
Dosis de N. en (30 cm)	3	14291,84	4763,95	23,67	0,0000	*
Dosis de N. en (40 cm)	3	13137,04	4379,01	21,75	0,0000	*
Dosis de N. en (50 cm)	3	3774	1258	6,25	0,0012	*
Error B	47	4831,2	201,3			

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; \*=significativo; NS= no significativo.*

Se tiene en el Cuadro 17, que el análisis de varianza de efectos simples, presenta diferencias estadísticas significativas, principalmente el efecto del factor dosis de nitrógeno en las diferentes densidades (30, 40, 50 cm entre surcos), para una mejor comprensión en la figura 12, se muestran los promedios de vainas verdes por planta obtenidos en la interacción de niveles de nitrógeno y densidad de siembra.



**Figura 12. Número de vainas verdes por planta en la interacción del nivel nitrógeno y densidad de siembra**

Se aprecia que las densidades tienen un comportamiento homogéneo en los niveles del nitrógeno testigo y 40 kg/ha en cambio en 80 y 120 kg/ha, se observan diferencias en los promedios de las diferentes densidades en el número de vainas verdes por planta los cuales de acuerdo al análisis de varianza de efectos simples es significativo, en la dosis de 80 kgN/ha se obtiene mayor cantidad de vainas en las densidades 40 y 50 cm y en la dosis de 120 kgN/ha se logra mayor cantidad de vainas con 40 y 30 cm respectivamente.

#### 4.2.8. Rendimiento en vaina verde

Esta variable se evaluó luego de la cosecha, en base al peso de vaina verde (Anexo 6) de los tratamientos, y fueron expresados en términos de kg/ha. Las observaciones de esta variable (Anexo 7) fueron evaluadas mediante el Análisis de Varianza (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable rendimiento de Vaina verde (kg/ha) de la vainita.**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F (5%)</i>	
Bloque	3	30388253,50	10129417,80	0,30	0,8240	NS
Nitrógeno	3	841827865,40	280609288,50	8,34	0,0058	*
Error A	9	302895568,10	33655063,10			
Densidad	2	410565160,10	205282580,00	33,92	<,0001	*
Nitrógeno*Densidad	6	161904924,60	26984154,10	4,46	0,0036	*
Error B	24	145261105,00	6052546,00			
Total	47	1892842876,00				

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada: P= probabilidad; \*= significativo; NS= no significativo. CV = 13,30%*

En el análisis de varianza para el rendimiento de vaina verde, se observa que existen diferencias significativas por efecto de los niveles de fertilizante, es decir que se puede utilizar diferentes aplicaciones según sea el propósito de la producción, ya que los resultados serán definitivamente diferentes.

Por otro lado, se observa que el factor densidades de siembra también presenta diferencias significativas, es decir que hay variaciones de comportamiento al manejar diferentes cantidades de vainas por planta, en este caso sembrar a (30, 40 y 50) cm de densidad incide significativamente en el rendimiento de la vaina verde. Ello demuestra que se trata de una variable que responde de manera directa diferentes densidades de siembra.

El análisis de varianza, también mostró que al interaccionar los niveles de nitrógeno con las densidades de siembra afectan significativamente al rendimiento de la vaina verde.

El coeficiente de variación para esta variable es de 13,30%, este valor nos indica que el experimento es aceptado ya que su desviación en relación a la media poblacional no supera al valor límite del error experimental establecido de 30 %.

La prueba múltiple de comparación de medias Duncan con 5% de probabilidad determina en qué nivel de nitrógeno, se obtuvo mejor rendimiento, aspecto que se observa en el cuadro 19.

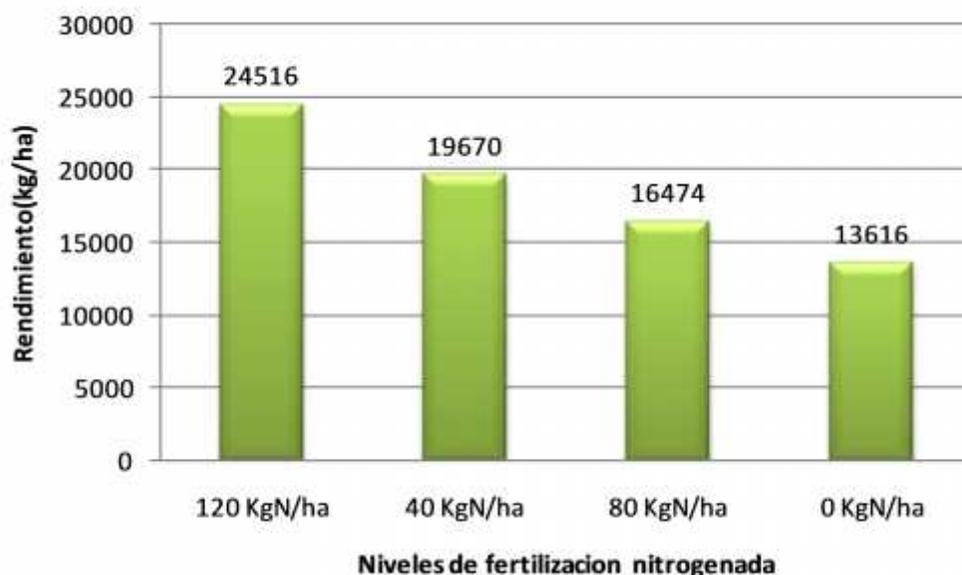
**Cuadro 19. Comparación de medias del factor nivel de nitrógeno en la variable rendimiento de vaina verde**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias (kg/ha)</b>	<b>Prueba Duncan</b>
a <sub>3</sub> (120)	24516	A
a <sub>1</sub> (40)	19670	AB
a <sub>2</sub> (80)	16474	BC
a <sub>0</sub> (0)	13162	C

*Fuente: Elaboración propia*

La prueba de Duncan indica que el mejor rendimiento de vaina se obtiene con la aplicación de nitrógeno de nivel a<sub>3</sub> con un promedio de 24516 kg/ha.

En la Figura 13, se presenta las diferencias obtenidas para el factor niveles de fertilizante. Los resultados muestran que el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 120 kg/ha. (N). Al respecto Arias *et al.* (2007) mencionan que en suelos de fertilidad mediana en nitrógeno, las aplicaciones de nitrógeno mayores a 32 kg/ha, son necesarias para una mejor y mayor formación de cultivares en vaina, lo cual se pudo evidenciar en el presente ensayo donde las aplicaciones de nitrógeno fueron en rangos mayores a 40 kg N<sub>2</sub>/ha.



**Figura 13. Factor nivel de nitrógeno en la variable rendimiento de vaina verde**

Respecto al factor densidades de siembra, la prueba de comparación Duncan al 5%, muestra que dentro los cuatro tratamientos existen diferencias significativas.

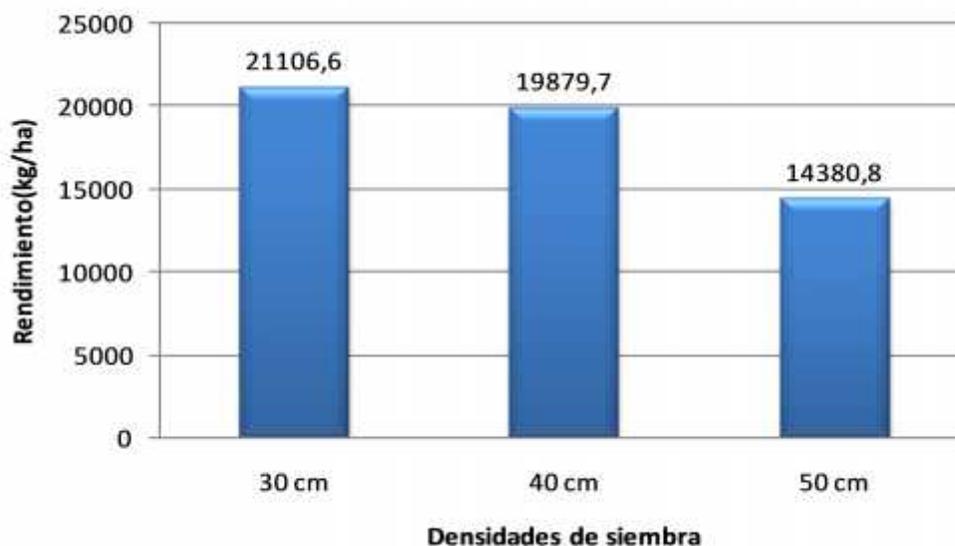
**Cuadro 20. Promedio de rendimiento peso de vaina verde (Duncan 5%)**

<b>Tratamientos (cm)</b>	<b>Medias (kg/ha)</b>	<b>Prueba Duncan</b>
b <sub>1</sub> (30)	21106,6	A
b <sub>2</sub> (40)	19879,7	A
b <sub>3</sub> (50)	14380,8	B

*Fuente: Elaboración propia*

La prueba muestra que el mayor rendimiento se obtuvo con la densidad 30 cm cuyo promedio es de 21106,6 kg/ha, éste valor es estadísticamente superior a los tratamientos de (40 y 50) cm, de densidad de siembra. Esto se atribuye al mayor número de plantas cosechadas y por tanto mayor número de vainas por unidad de superficie de la densidad 30 cm entre surcos.

En la figura 14, los tratamientos de ( $b_2$  y  $b_1$ ), consiguieron promedios de 19879,7 y 14380,8 kg/ha respectivamente, estos son menores a los obtenidos con el tratamiento de 30 cm en densidad de siembra. Este resultado se debe al menor número de vainas verdes cosechados en estos tratamientos.



**Figura 14. Peso de vainas verdes por planta para el factor densidades de siembra**

#### **4.2.8.1. Análisis de la interacción nitrógeno por densidad en el rendimiento de vaina verde**

Como se puede apreciar en el Cuadro 21 de análisis de varianza para la variable rendimiento de vaina verde entre la interacción entre dosis de nitrógeno y densidad de siembra, muestra significancia estadística por lo que se realizó el análisis de efectos simples.

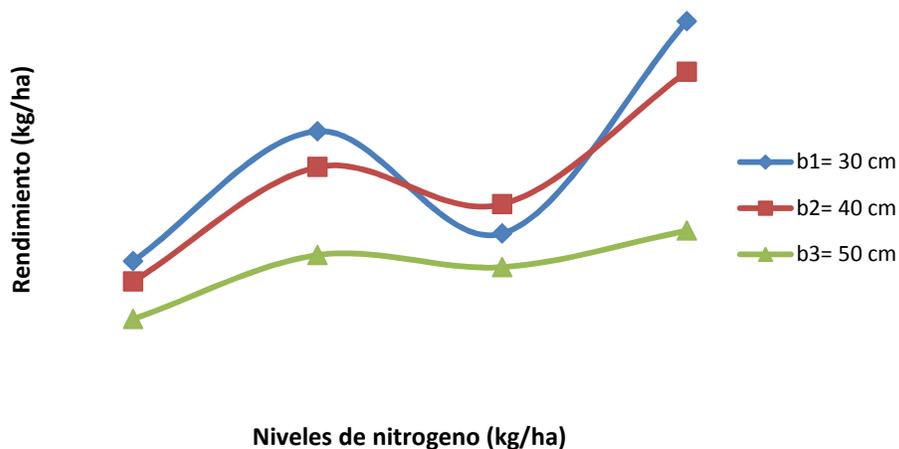
**Cuadro 21. Análisis de efectos simples en la interacción de los factores nivel de nitrógeno y densidad de siembra, rendimiento de vaina verde**

FV	GL	SC	CM	Fc	P>F	Significancia
Dens. en (0kgN/ha)	2	27871187	13935594	2,30	0,1112	NS
Dens. en (40 kg N/ha)	2	130268503	65134251	10,76	0,0001	**
Dens. en (80 kg N/ha)	2	31846499	15923249	2,63	0,0826	NS
Dens. en (120 kg N/ha)	2	382483896	191241948	31,60	0,0000	**
Dosis de N. en (30 cm)	3	571722736	190574245	31,49	0,0000	**
Dosis de N. en (40 cm)	3	364923298	121641099	20,10	0,0000	**
Dosis de N. en (50 cm)	3	67086756	22362252	3,69	0,0181	*
Error B	47	145261105	6052546			

*G.L.= grados de libertad; SC=suma de cuadrados; CM= cuadrado medio; Fc=calculada; Ft= Tabulado; \*= significativo; \*\*= altamente significativo; NS= no significativo.*

Mediante el Cuadro 21 de análisis de varianza de los efectos simples se puede observar que, existen efectos significativos para los niveles de la densidad de siembra dentro de las aplicaciones de nitrógeno, por lo que se puede afirmar con el 5% de error que el efecto de la densidad es dependiente del efecto del nitrógeno en el nivel de la dosis de 40 kgN/ha y en 180 kgN/ha.

Por otra parte las dosis de nitrógeno han mostrado diferencia en todas las densidades de siembra.



**Figura 15. Rendimiento de vaina verde en la interacción del nivel nitrógeno y densidad de siembra**

La Figura 15 se puede apreciar que existen diferencias entre las interacciones de la dependencia de ambos factores para el rendimiento, para el nivel de fertilizante de (0, 40, 80 y 120) kg/ha de aplicación en los tratamientos muestra los mayores rendimientos con 30 y 40 cm de distancia con 120 Kg/ha de (N).

Por otra parte el menor rendimiento de vaina verde se obtiene en la interacción del testigo (sin aplicación de fertilizante) con una densidad de 50 cm entre planta. Todas las diferencias son atribuibles a la cantidad de vainas cosechadas por unidad de superficie, puesto que la distancia de 50 cm con dosis de 120 kg N/ha, por la menor cantidad de plantas, muestra también un menor rendimiento de vaina verde.

### 4.3. Análisis Económico

Para realizar el análisis de la Relación Beneficio/Costo, se consideraron los costos fijos y variables (Anexo 4) en la producción de vainita verde y el precio de vaina puesta a la venta por los mercados que se tiene demanda de este producto con un precio único 55 Bs por arroba al momento de la cosecha.

Para el rendimiento de vainita verde por tratamiento (Cuadro 22) se obtuvieron las siguientes relaciones de Beneficio/Costo.

**Cuadro 22. Relación de Beneficio/Costo en la producción de vaina verde**

<i>Tratam.</i>	<i>Combin.</i>	<i>CV(Bs)</i>	<i>CF(Bs)</i>	<i>CT(Bs)</i>	<i>Ingreso bruto (Bs)</i>	<i>Ingreso neto (Bs)</i>	<i>B/C</i>
<b>T1</b>	a0b1	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	62705.08	55587.08	<b>7.48</b>
<b>T2</b>	a0b2	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	57217.95	50099.95	<b>7.70</b>
<b>T3</b>	a0b3	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	47135.85	40017.85	<b>6.34</b>
<b>T4</b>	a1b1	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	97481.63	90123.63	<b>12.71</b>
<b>T5</b>	a1b2	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	87874.93	80516.93	<b>11.46</b>
<b>T6</b>	a1b3	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	64302.55	56944.55	<b>8.38</b>
<b>T7</b>	a2b1	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	70085.87	62487.87	<b>8.86</b>
<b>T8</b>	a2b2	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	77939.40	70341.40	<b>9.85</b>
<b>T9</b>	a2b3	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	61070.30	53472.30	<b>7.72</b>
<b>T10</b>	a3b1	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	126915.99	119077.99	<b>15.57</b>
<b>T11</b>	a3b2	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	113393.86	105555.86	<b>13.91</b>
<b>T12</b>	a3b3	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	70857.84	63019.84	<b>8.70</b>

*Fuente: Elaboración Propia en base a Costos de Producción del MDRyT*

El cuadro 22, muestra que el tratamiento 10 (a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>) es decir a la dosis de 120 kg N<sub>2</sub>/ha y la densidad de 30 cm, es la combinación que tiene mayor Relación Beneficio/Costo con 15.57, es decir que este tratamiento nos permite generar ingresos en 14.57 veces sobre la base del costo variable de Bs/ha 7.838,00.

Por otro lado también se puede observar el tratamiento 3 (a<sub>0</sub>b<sub>3</sub>), sin aplicación de nitrógeno con la distancia de 50 cm, se encuentra en última posición con una Relación Beneficio/Costo de 6.34, lo que nos permite generar ingresos de 5.34 veces sobre la base del costo variable de Bs/ha de 7.118,00.

De manera general se puede apreciar la tendencia que la enmienda con nitrógeno ha generado una mayor cantidad de ingreso por el concepto de vaina verde.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, bajo las condiciones de suelo, en que se desarrolló el ensayo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones.

- Se obtuvieron efectos significativos en el factor fertilización sobre los días a la emergencia, donde la aplicación de nitrógeno produjo emergencia de 11 a 12 días, respecto a 14 días de emergencia del testigo. En Densidad y la interacción DensidadxNitrógeno, no se obtuvieron efectos significativos.
- En los días a la floración, se obtuvo efecto significativo de la interacción DensidadxNitrógeno, siendo el nivel de 120 kgN/ha y la densidad de 40 cm entre surcos, la de menor duración a la floración (51 días aproximadamente), en tanto la no aplicación de nitrógeno con las densidades de 30 y 40 cm, no redujo el tiempo de floración del cultivo.
- En la variable altura de planta no se detectaron efectos significativos de la densidad y fertilización nitrogenada, pero por otra parte se halló significación estadística para el efecto combinado de ambos factores, donde el mayor promedio de altura de planta se da con el tratamiento de 120 kgN/ha con la de 30 cm.
- No se ha evidenciado efectos significativos en los días a la cosecha en ninguno de los factores y su interacción.
- En cuanto al número de vainas por planta y la longitud de vainas, se obtuvo diferencia estadística solo para el factor Nitrógeno; la aplicación con 120 kg/ha de nitrógeno produce en promedio de 28,3 vainas/planta y 13,8 cm en longitud de vaina.

- Tanto en el peso de vaina verde por planta como rendimiento de semilla, se han obtenido efectos significativos en los factores Densidad, Nitrógeno y su interacción, en cuanto a la interacción el mayor peso de vaina verde y el mayor rendimiento se dio con la dosis de 120 kgN/ha y densidades de 30 y 40 cm.
- En cuanto al análisis económico la combinación Nitrógeno 120 kg/ha y 30 cm entre surcos ( $a_3b_1$ ), es el que tiene mayor Relación Beneficio/Costo, de manera general se ha obtenido que cualquier aplicación de nitrógeno aumenta la relación de beneficio costo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Promover el cultivo de vainita como alternativa económica y como alternativa de recuperación de suelos.
- Replicar el estudio con diferentes variedades comerciales de diferente hábito de crecimiento.
- Realizar estudios en diferentes épocas de siembra para un mayor dominio de recomendación.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Arias, H., Rengifo, T., Jaramillo, M. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva. Medellín, Colombia. 167 p.

Avila, A. 1975. Hacia la Fitotecnia de nuestro chupi (*Phaseolus vulgaris*). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón (UMSS). Cochabamba, Bolivia p. 74.

Avila, A. et al. 1987. Correlación entre el contenido de Proteína y el volumen del grano en frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) del Valle de Cochabamba, en: Investigaciones sobre el mejoramiento genético y cultural de trigo duro, girasol, maíz frijol, lupino y haba en Bolivia, Programa Pairumani Instituto Italo-Latino Americano I.I.L.A., Fundación Pro-Bolivia, Ministerio de Asuntos Exteriores de Italia, Roma, pp 191-197.

Ayala, E. 1998. El Cultivo de Frijol en el Trópico de Cochabamba, Estación Experimental "La Jota", Chimore - Bolivia. P. 6-7.

Aykroyd, W.R. y Doughty J. 1982. Las leguminosas en la nutrición humana, Roma, F.A.O., Estudio F.A.O.: Alimentación y Nutrición N° 20, p136

Casseres, E. 1980. Producción de Hortalizas, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas 3ra. Ed. IICA, San José, Costa Rica 387 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1980. Semilla de frijol de buena calidad, Guía de estudio. Segunda edición. Cali, Colombia. 37 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1991. Guía Práctica para el agricultor y el ganadero. Editorial El País, Santa Cruz Bolivia. P 70-76.

De Paz Gómez, R.G. 2002. Producción de Cultivos Hortícolas. Quetzaltenango Guatemala.

Debouck, D. e Hidalgo, R. 1985. Morfología de la planta del Frijol Común. CIAT Cali - Colombia. P. 7-9.

Delgado, F. 1994. Costos de Cultivos Hortícolas. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima-Perú.

Domínguez, A. 1989. Tratado de Fertilización. 2da. Ed. Ediciones Mundi – Prensa Madrid-España

Domínguez, A. 1984. Tratado de Fertilización. Ed. Mundi Prensa Madrid, España. 585p.

ENA (Encuesta Nacional Agropecuario) 2008, Elaborado por el Instituto Nacional de Estadística. La Paz, Bolivia

Mantilla, J. 1995. Evaluación del comportamiento agronómico de diez variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de grado U.M.S.A. Facultad de Agronomía p. 52-60.

Maroto, Borrego J. V. 1995. Horticultura Herbácea especial, 4ta. Ed., Editorial Mundi-Prensa, Madrid España.

Mateo, J. M. 1969. Leguminosas de Grano, Ed. Instituto del Libro, Madrid-España p 3-334.

Piérola L., Meneses R. 1999. MEMORIA, 5ta. REUNION BOLIVIANA DE RHIZOBIOLOGIA Y LEGUMINOSAS, Sucre - Bolivia p. 134

Messiaen, C. M. 1979. Colección Agricultura Tropical, Blume Distribuidora S.A. México DF.

Meneses R., Waaijenberg H., Pierola L. 1996. Las Leguminosas en la Agricultura Boliviana: Revisión de Información. Proyecto de Rhizobiología Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 434 p.

Recomendaciones para la producción de Vainita, 2007 Boletín de Divulgación N° 4, 5ta. Ed. Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani, Cochabamba – Bolivia.

Rodrigo, A. 2000. Caracterización Morfoagronómica y Bioquímica de Germoplasma de Judia Común (*Phaseolus vulgaris*), de España. Pontevedra, España

Sánchez, C. 2004. Cultivo y Producción de hortalizas, Ed. RIPALME E.I.R.L., Lima – Perú 135 p.

Soliz, M. 1995. Efecto de la Densidad de Siembra sobre el Rendimiento del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis de Grado. UMSA-Facultad de Agronomía p. 20-52.

Vigliola, M. I. 1992. Manual de Horticultura, Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires Argentina 234 p.

Vicente, J.J. 2001. Guía Metodológica de Diseños Experimentales, U.M.S.A. Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia

Vicente, J.J. 2003. Evaluación Agronómica de Cuatro Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en Diferentes Épocas y Densidades de Siembra en la Provincia Caranavi. Tesis de Grado. UMSA – Facultad de Agronomía p. 3-71

Voysest, O. 2000. Mejoramiento Genético del Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 195 p.

White, J e Izquierdo, J. 1989. FRIJOL: Fisiología del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés. FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 49 p.

## **VIII. ANEXOS**

# ANEXO N° 1



IBTEN

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES  
DIVISION DE QUIMICA

N° 00070

## ANALISIS QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *JULIO HUARAYA CABRERA*  
PROCEDENCIA : *Dpto. LA PAZ*

N° SOLICITUD: *065 / 2009*  
FECHA DE RECEPCION : *9 / abril / 2009*  
FECHA DE ENTREGA : *22 / abril / 2009*

N° Lab	CODIGO	pH en agua 1:5	C.E. mS/cm 1:5	Nitrógeno total %	Fósforo asimilable ppm	CATIONES DE CAMBIO ( meq / 100 gr suelo )			
						Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio
285 /2009	MUESTRA DE SUELO	7.24	0.283	0.23	11.17	22.90	3.26	0.83	0.20

OBSERVACIONES

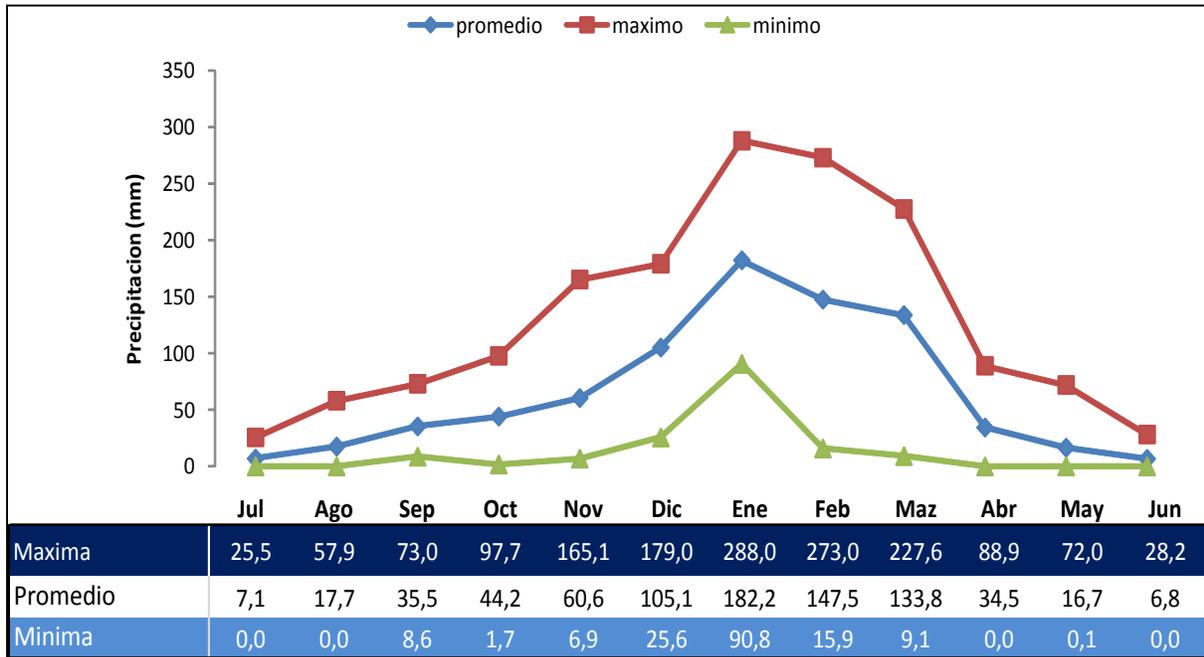
C. E. : Conductividad eléctrica en milisiemens por centímetro.  
Cationes de cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA

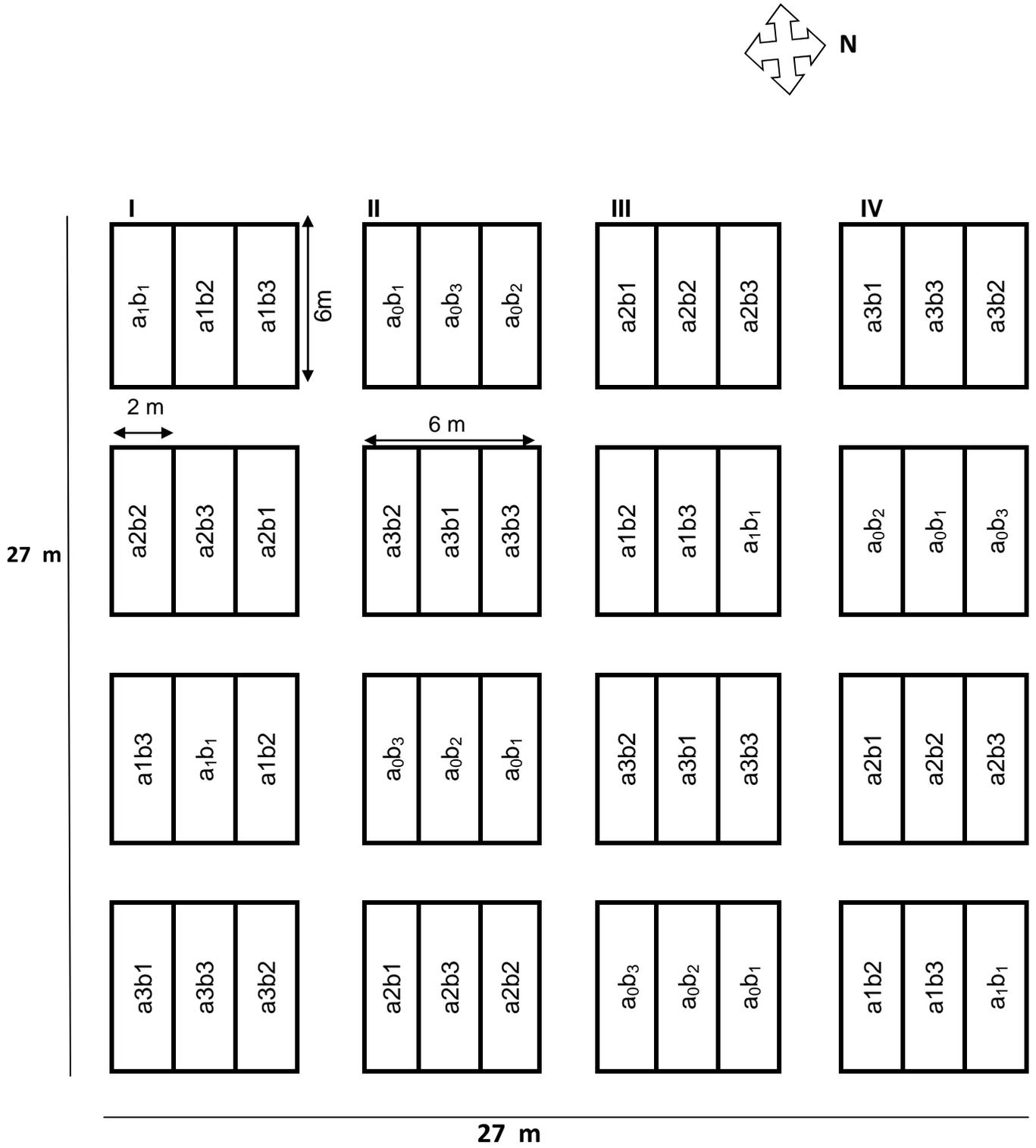
## ANEXO N° 2

### *Datos de Precipitación en la región de Sorata (SENAMHI, 2009)*



# ANEXO N° 3

## CROQUIS DE LA PARCELA



## ANEXO N° 4

### COSTOS DE PRODUCCIÓN DE VAINITA (Bs./Ha)

<i>Tratamientos</i>	<i>Combinaciones</i>	<i>CV(Bs)</i>	<i>CF(Bs)</i>	<i>CT(Bs)</i>	<i>Ingreso bruto (Bs)</i>	<i>Ingreso neto (Bs)</i>	<i>B/C</i>
<b>T1</b>	a0b1	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	62705.08	55587.08	<b>7.48</b>
<b>T2</b>	a0b2	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	57217.95	50099.95	<b>7.70</b>
<b>T3</b>	a0b3	7,118.00	<b>311.25</b>	7429.25	47135.85	40017.85	<b>6.34</b>
<b>T4</b>	a1b1	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	97481.63	90123.63	<b>12.71</b>
<b>T5</b>	a1b2	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	87874.93	80516.93	<b>11.46</b>
<b>T6</b>	a1b3	7,358.00	<b>311.25</b>	7669.25	64302.55	56944.55	<b>8.38</b>
<b>T7</b>	a2b1	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	70085.87	62487.87	<b>8.86</b>
<b>T8</b>	a2b2	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	77939.40	70341.40	<b>9.85</b>
<b>T9</b>	a2b3	7,598.00	<b>311.25</b>	7909.25	61070.30	53472.30	<b>7.72</b>
<b>T10</b>	a3b1	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	126915.99	119077.99	<b>15.57</b>
<b>T11</b>	a3b2	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	113393.86	105555.86	<b>13.91</b>
<b>T12</b>	a3b3	7,838.00	<b>311.25</b>	8149.25	70857.84	63019.84	<b>8.70</b>

## ANEXO N° 5

### VISTAS PARCIALES DEL PROCESO DEL ENSAYO



**Preparación del terreno**





**Establecimiento de los surcos para la siembra**



**Semilla de Vainita (*Phaseolus vulgaris*)**



**Siembra del cultivo**



**Emergencia del cultivo y primer riego**



**Fertilización del cultivo con urea**



**Labores culturales**



**Vaina listo para la cosecha**



## Cantidades de vaina por planta



## Tratamiento del cultivo



**Pesaje de vainas**



**Medición de la longitud de vainas**

## ANEXO N° 6

### Tablas de Análisis de Varianza para las variables de respuesta

#### Análisis de Varianza para Días de Emergencia

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	80.72916667	26.90972222	18.36	<,0001	**
NITROGENO	3	51.0625	17.02083333	11.62	<,0001	**
ERROR A	9	87.35416667	9.70601852			
DENSIDAD	2	3.79166667	1.89583333	1.29	0.2927	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	20.375	3.39583333	2.32	0.066	NS
ERROR B	24	35.1666667	1.4652778			
Total	47	278.4791667				

CV(%) 9.4

Media 12.8

#### Análisis de Varianza para Días a la Floración

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	223.1822917	74.3940972	3.19	0.0772	NS
NITROGENO	3	80.4172917	26.8057639	1.15	0.3813	NS
ERROR A	9	210.0602083	23.3400231			
DENSIDAD	2	12.1616667	6.0808333	1.86	0.1776	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	70.8983333	11.8163889	3.61	0.0107	*
ERROR B	24	78.5	3.2708333			
TOTAL	47	675.2197917				

CV(%) 3.4

Media 53.2

### Análisis de Varianza para Días a la Cosecha

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	237.2772917	79.0924306	2.69	0.1094	NS
NITROGENO	3	111.2372917	37.0790972	1.26	0.345	NS
ERROR A	9	264.8185417	29.4242824			
DENSIDAD	2	14.3254167	7.1627083	1.64	0.2141	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	56.6745833	9.4457639	2.17	0.082	NS
ERROR B	24	104.5066667	4.3544444			
Total	47	788.8397917				

**CV(%)** 3.1

**Media** 67.19

### Análisis de Varianza para el Número de Vainas por Planta

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	69.0220917	23.0073639	0.74	0.5562	NS
NITROGENO	3	737.2824917	245.7608306	7.87	0.0069	**
ERROR A	9	281.1482083	31.2386898			
DENSIDAD	2	48.36455	24.182275	3.16	0.0603	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	90.4160833	15.0693472	1.97	0.1098	NS
ERROR B	24	183.4103	7.642096			
TOTAL	47	1409.643725				

**CV(%)** 11.99

**Media** 23.06

### Análisis de Varianza para Longitud de vainas por planta

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	1.92773958	0.64257986	0.7	0.5745	NS
NITROGENO	3	13.39977292	4.46659097	4.88	0.0279	*
ERROR A	9	8.24365208	0.91596134			
DENSIDAD	2	0.38392917	0.19196458	2.34	0.1178	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	0.74967083	0.12494514	1.52	0.2131	NS
ERROR B	24	1.96813333	0.08200556			
TOTAL	47	26.67289792				

CV(%) 2.18

Media 13.14

### Análisis de Varianza para la Altura de Planta al Dia de Cosecha

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	242.7518167	80.9172722	0.93	0.4654	NS
NITROGENO	3	460.4195833	153.4731944	1.76	0.2239	NS
ERROR A	9	783.4093667	87.0454852			
DENSIDAD	2	2.7441167	1.3720583	0.54	0.59	NS
NITROGENO*DENSIDAD	6	53.3454167	8.8909028	3.5	0.0126	*
ERROR B	24	61.049067	2.543711			
TOTAL	47	1603.719367				

CV(%) 5.2

Media 30.6

### Análisis de Varianza para el Peso de Vaina por Planta

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	1321.37011	440.4567	0.36	0.784	NS
NITROGENO	3	27978.37711	9326.1257	7.6	0.0077	**
BLOQUE*NITROGENO	9	11037.71869	1226.41319			
DENSIDAD	2	1732.54825	866.27413	4.3	0.0253	*
NITROGENO*DENSIDAD	6	3224.50836	537.41806	2.67	0.0396	*
Error	24	4831.19678	201.29987			
Total	47	50125.7193				

CV(%) 12.8

Media 110.9

### Análisis de Varianza para el Rendimiento

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUE	3	30388253.5	10129417.8	0.3	0.824	NS
NITROGENO	3	841827865.4	280609288.5	8.34	0.0058	**
BLOQUE*NITROGENO	9	302895568.1	33655063.1			
DENSIDAD	2	410565160.1	205282580	33.92	<,0001	**
NITROGENO*DENSIDAD	6	161904924.6	26984154.1	4.46	0.0036	**
Error	24	145261105	6052546			
Total	47	1892842876				

CV(%) 13.3

Media 18455.7

## ANEXO N° 7

### PROGRAMA SAS, PARA EL DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR CON UN ARREGLO EN PARCELAS DIVIDIDAS, CON CUATRO BLOQUES.

**Dependent Variable: Dias a la Emergencia**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	243,3125000	10,5788043	7,22	<,0001
Error	24	35,1666667	1,4652778		
Corrected Total	47	278,4791667			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DEM Mean
0,873719	9,478525	1,210487	12,77083

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	80,72916667	26,90972222	18,36	<,0001
NITROGENO	3	51,06250000	17,02083333	11,62	<,0001
BLOQUE*NITROGENO	9	87,35416667	9,70601852		
DENSIDAD	2	3,79166667	1,89583333	1,29	0,2927
NITROGENO*DENSIDAD	6	20,37500000	3,39583333	2,32	0,0660
Error	24	35,1666667	1,4652778		
Total	47	278,4791667			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for DEM

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	14,417	12	0
A	12,667	12	80
A	12,417	12	120
A	11,583	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DEM

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	14,4167	12	0
B	12,6667	12	80
C B	12,4167	12	120
C	11,5833	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DEM

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	13,1250	16	30
A	12,7500	16	50
A	12,4375	16	40

The SAS System  
The ANOVA Procedure

A

Level of NITROGENO	N	Mean	Std Dev
0	12	14,4166667	2,87491765
40	12	11,5833333	1,44337567
80	12	12,6666667	2,49848439
120	12	12,4166667	2,02072594

B

Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev
30	16	13,1250000	2,72946881
40	16	12,4375000	2,30849879
50	16	12,7500000	2,35230384

AxB

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev
0	30	4	15,0000000	3,36650165
0	40	4	15,0000000	2,82842712
0	50	4	13,2500000	2,87228132
40	30	4	11,2500000	1,50000000
40	40	4	11,2500000	1,25830574
40	50	4	12,2500000	1,70782513
80	30	4	13,7500000	3,20156212
80	40	4	12,0000000	1,41421356
80	50	4	12,2500000	2,87228132
120	30	4	12,5000000	1,73205081
120	40	4	11,5000000	1,73205081
120	50	4	13,2500000	2,62995564

**Dependent Variable: Dias a la Floración**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	596,7197917	25,9443388	7,93	<,0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DF Mean
0,883742	3,400452	1,808545	53,18542

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	223,1822917	74,3940972	22,74	<,0001
NITROGENO	3	80,4172917	26,8057639	8,20	0,0006
BLOQUE	3	223,1822917	74,3940972	3,19	0,0772
NITROGENO	3	80,4172917	26,8057639	1,15	0,3813
BLOQUE*NITROGENO	9	210,0602083	23,3400231	7,14	<,0001
DENSIDAD	2	12,1616667	6,0808333	1,86	0,1776
NITROGENO*DENSIDAD	6	70,8983333	11,8163889	3,61	0,0107
Error	24	78,5000000	3,2708333		
Total	47	675,2197917			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for DF

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	55,308	12	0
A	53,017	12	80
A	52,567	12	120
A	51,850	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DF

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	55,3083	12	0
B	53,0167	12	80
B	52,5667	12	120
B	51,8500	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DF

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	53,8563	16	30
A	53,0563	16	50
A	52,6438	16	40

The ANOVA Procedure

A		-----DF-----		
Level of NITROGENO	N	Mean	Std Dev	
0	12	55,3083333	4,01235780	
40	12	51,8500000	2,44819043	
80	12	53,0166667	3,70720020	
120	12	52,5666667	4,27047652	

B		-----DF-----		
Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev	
30	16	53,8562500	4,04886301	
40	16	52,6437500	3,69124527	
50	16	53,0562500	3,76633664	

AXB		-----DF-----		
Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev
0	30	4	56,3500000	3,56884669
0	40	4	56,1250000	4,12583325
0	50	4	53,4500000	4,72546294
40	30	4	50,7500000	3,08706981
40	40	4	51,7500000	1,98242276
40	50	4	53,0500000	2,22934968
80	30	4	55,0500000	3,79692858
80	40	4	52,2000000	3,26802693
80	50	4	51,8000000	4,11339276
120	30	4	53,2750000	4,66645833
120	40	4	50,5000000	3,58887169
120	50	4	53,9250000	4,83623476

**Dependent Variable: Días a la Cosecha**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	684,3331250	29,7536141	6,83	<,0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DIASCO Mean
0,867519	3,105928	2,086731	67,18542

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	237,2772917	79,0924306	18,16	<,0001
NITROGENO	3	111,2372917	37,0790972	8,52	0,0005
BLOQUE	3	237,2772917	79,0924306	2,69	0,1094
NITROGENO	3	111,2372917	37,0790972	1,26	0,3450
BLOQUE*NITROGENO	9	264,8185417	29,4242824	6,76	<,0001
DENSIDAD	2	14,3254167	7,1627083	1,64	0,2141
NITROGENO*DENSIDAD	6	56,6745833	9,4457639	2,17	0,0820
Error	24	104,5066667	4,3544444		
Total	47	788,8397917			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for DIASCO

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	69,767	12	0
A	66,800	12	80
A	66,242	12	120
A	65,933	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DIASCO

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	69,7667	12	0
B	66,8000	12	80
B	66,2417	12	120
B	65,9333	12	40

Duncan's Multiple Range Test for DIASCO

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	67,9375	16	30
A	66,9625	16	50
A	66,6563	16	40

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	-----DIASCO-----	
		Mean	Std Dev
0	12	69,7666667	4,04077700
40	12	65,9333333	2,59346498
80	12	66,8000000	4,02085473
120	12	66,2416667	4,73064638

Level of DENSIDAD	N	-----DIASCO-----	
		Mean	Std Dev
30	16	67,9375000	4,23302492
40	16	66,6562500	3,89272291
50	16	66,9625000	4,30842198

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	-----DIASCO-----	
			Mean	Std Dev
0	30	4	71,2000000	2,70554985
0	40	4	70,0250000	4,58938994
0	50	4	68,0750000	4,98422512
40	30	4	64,8000000	3,24242707
40	40	4	65,9750000	1,94486503
40	50	4	67,0250000	2,65753645
80	30	4	68,7250000	3,94493346
80	40	4	66,1250000	3,77921950
80	50	4	65,5500000	4,66940396
120	30	4	67,0250000	5,19061653
120	40	4	64,5000000	3,78329662
120	50	4	67,2000000	5,89180221

**Dependent Variable: Altura de Planta a la Cosecha**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	1542,670300	67,072622	26,37	<,0001

R-Square 0,961933  
 Coeff Var 5,211387  
 Root MSE 1,594902  
 APCOS Mean 30,60417

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	242,7518167	80,9172722	31,81	<,0001
NITROGENO	3	460,4195833	153,4731944	60,33	<,0001
BLOQUE	3	242,7518167	80,9172722	0,93	0,4654
NITROGENO	3	460,4195833	153,4731944	1,76	0,2239
BLOQUE*NITROGENO	9	783,4093667	87,0454852	34,22	<,0001
DENSIDAD	2	2,7441167	1,3720583	0,54	0,5900
NITROGENO*DENSIDAD	6	53,3454167	8,8909028	3,50	0,0126
Error	24	61,049067	2,543711		
Total	47	1603,719367			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for APCOS

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	35,666	12	120
A	30,468	12	40
A	28,690	12	80
A	27,593	12	0

Duncan's Multiple Range Test for APCOS

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	35,6658	12	120
B	30,4675	12	40
C	28,6900	12	80
C	27,5933	12	0

Duncan's Multiple Range Test for APCOS

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	30,9413	16	40
A	30,4588	16	30
A	30,4125	16	50

The SAS System

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	Mean	Std Dev
0	12	27,5933333	3,96629512
40	12	30,4675000	4,86485565
80	12	28,6900000	3,60720491
120	12	35,6658333	7,17816824

Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev
30	16	30,4587500	6,83823649
40	16	30,9412500	6,10613448
50	16	30,4125000	4,76291157

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	Mean	Std Dev
0	30	4	27,2575000	5,56064969
0	40	4	26,8550000	3,56263479
0	50	4	28,6675000	3,41369179
40	30	4	30,3475000	4,54810858
40	40	4	31,0675000	6,36290487
40	50	4	29,9875000	4,97996904
80	30	4	27,0975000	3,04291938
80	40	4	29,4000000	4,25824690
80	50	4	29,5725000	3,90210520
120	30	4	37,1325000	9,20935168
120	40	4	36,4425000	7,02206226
120	50	4	33,4225000	6,66521005

**Dependent Variable: Número de Vainas por Planta**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	1226,233425	53,314497	6,98	<,0001
Error	24	183,410300	7,642096		
Corrected Total	47	1409,643725			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NVPLAN Mean
0,869889	11,98996	2,764434	23,05625

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	69,0220917	23,0073639	3,01	0,0499
NITROGENO	3	737,2824917	245,7608306	32,16	<,0001
BLOQUE	3	69,0220917	23,0073639	0,74	0,5562
NITROGENO	3	737,2824917	245,7608306	7,87	0,0069
BLOQUE*NITROGENO	9	281,1482083	31,2386898	4,09	0,0028
DENSIDAD	2	48,3645500	24,1822750	3,16	0,0603
NITROGENO*DENSIDAD	6	90,4160833	15,0693472	1,97	0,1098
Error	24	183,410300	7,642096		
Total	47	1409,643725			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for NVPLAN

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	28,318	12	120
B A	24,875	12	40
B C	21,155	12	80
C	17,877	12	0

Duncan's Multiple Range Test for NVPLAN

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	28,318	12	120
B	24,875	12	40
C	21,155	12	80
D	17,877	12	0

Duncan's Multiple Range Test for NVPLAN

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	24,4750	16	40
B	22,3888	16	30
B	22,3050	16	50

The SAS System

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	-----NVPLAN----- Mean	Std Dev
0	12	17,8766667	4,49894196
40	12	24,8750000	3,67925017
80	12	21,1550000	3,89373973
120	12	28,3183333	3,49072754

Level of DENSIDAD	N	-----NVPLAN----- Mean	Std Dev
30	16	22,3887500	6,16016761
40	16	24,4750000	6,05923868
50	16	22,3050000	4,01122259

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	-----NVPLAN----- Mean	Std Dev
0	30	4	17,0400000	3,79118275
0	40	4	17,7125000	4,86741119
0	50	4	18,8775000	5,81768783
40	30	4	24,6925000	5,35176840
40	40	4	26,3750000	3,58922926
40	50	4	23,5575000	1,65904340
80	30	4	18,6750000	3,72592270
80	40	4	22,8925000	4,00011146
80	50	4	21,8975000	3,57027893
120	30	4	29,1475000	2,88489601
120	40	4	30,9200000	2,54657941
120	50	4	24,8875000	2,05804721

**Dependent Variable: Longitud de Vainas por planta**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	24,70476458	1,07412020	13,10	<,0001

R-Square 0,926212    Coeff Var 2,179934    Root MSE 0,286366    LONVAI Mean 13,13646

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	1,92773958	0,64257986	7,84	0,0008
NITROGENO	3	13,39977292	4,46659097	54,47	<,0001
BLOQUE	3	1,92773958	0,64257986	0,70	0,5745
NITROGENO	3	13,39977292	4,46659097	4,88	0,0279
BLOQUE*NITROGENO	9	8,24365208	0,91596134	11,17	<,0001
DENSIDAD	2	0,38392917	0,19196458	2,34	0,1178
NITROGENO*DENSIDAD	6	0,74967083	0,12494514	1,52	0,2131
Error	24	1,96813333	0,08200556		
Total	47	26,67289792			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for LONVAI

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	13,8933	12	120
B A	13,1508	12	40
B A	13,1017	12	80
B	12,4000	12	0

Duncan's Multiple Range Test for LONVAI

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	13,8933	12	120
B	13,1508	12	40
B	13,1017	12	80
C	12,4000	12	0

Duncan's Multiple Range Test for LONVAI

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	13,2306	16	50
A	13,1625	16	40
A	13,0163	16	30

The SAS System

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	-----LONVAI----- Mean	Std Dev
0	12	12,4000000	0,60691470
40	12	13,1508333	0,39777697
80	12	13,1016667	0,64351073
120	12	13,8933333	0,51572250

Level of DENSIDAD	N	-----LONVAI----- Mean	Std Dev
30	16	13,0162500	0,73751723
40	16	13,1625000	0,81720255
50	16	13,2306250	0,73542250

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	-----LONVAI----- Mean	Std Dev
0	30	4	12,4200000	0,65848311
0	40	4	12,3825000	0,55307474
0	50	4	12,3975000	0,78112632
40	30	4	13,0675000	0,17632829
40	40	4	12,9900000	0,58838763
40	50	4	13,3950000	0,28219379
80	30	4	12,8125000	0,79050090
80	40	4	13,1900000	0,58469365
80	50	4	13,3025000	0,61315441
120	30	4	13,7650000	0,59135438
120	40	4	14,0875000	0,59365394
120	50	4	13,8275000	0,44169182

**Dependent Variable: Peso de Vaina verde por planta**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	45294,52251	1969,32707	9,78	<,0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PVAINAVERP Mean
0,903618	12,79465	14,18802	110,8902

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	1321,37011	440,45670	2,19	0,1156
NITROGENO	3	27978,37711	9326,12570	46,33	<,0001
BLOQUE	3	1321,37011	440,45670	0,36	0,7840
NITROGENO	3	27978,37711	9326,12570	7,60	0,0077
BLOQUE*NITROGENO	9	11037,71869	1226,41319	6,09	0,0002
DENSIDAD	2	1732,54825	866,27413	4,30	0,0253
NITROGENO*DENSIDAD	6	3224,50836	537,41806	2,67	0,0396
Error	24	4831,19678	201,29987		
Total	47	50125,71930			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for PVAINAVERP

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	145,47	12	120
B A	117,94	12	40
B C	100,54	12	80
C	79,61	12	0

Duncan's Multiple Range Test for PVAINAVERP

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	119,280	16	40
B	107,858	16	50
B	105,533	16	30

Duncan's Multiple Range Test for PVAINAVERP

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	145,473	12	120
B	117,940	12	40
C	100,543	12	80
D	79,605	12	0

The SAS System

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	-----PVAINAVERP-----	
		Mean	Std Dev
0	12	79,605000	22,6621312
40	12	117,940000	17,2805829
80	12	100,542500	25,9742173
120	12	145,473333	22,9465475

Level of DENSIDAD	N	-----PVAINAVERP-----	
		Mean	Std Dev
30	16	105,533125	35,7870499
40	16	119,280000	36,0602006
50	16	107,857500	25,4000077

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	-----PVAINAVERP-----	
			Mean	Std Dev
0	30	4	74,107500	19,0135660
0	40	4	81,147500	26,4823757
0	50	4	83,560000	27,4943812
40	30	4	115,205000	20,9343776
40	40	4	124,622500	20,0534043
40	50	4	113,992500	12,8162303
80	30	4	82,830000	18,2514986
80	40	4	110,535000	26,8831515
80	50	4	108,262500	28,0539485
120	30	4	149,990000	22,5107989
120	40	4	160,815000	17,2196525
120	50	4	125,615000	16,1425452

**Dependent Variable: Rendimiento**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	1747581772	75981816	12,55	<,0001

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RDTO Mean
0,923258	13,33026	2460,192	18455,69

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	3	30388253,5	10129417,8	1,67	0,1992
NITROGENO	3	841827865,4	280609288,5	46,36	<,0001
BLOQUE	3	30388253,5	10129417,8	0,30	0,8240
NITROGENO	3	841827865,4	280609288,5	8,34	0,0058
BLOQUE*NITROGENO	9	302895568,1	33655063,1	5,56	0,0004
DENSIDAD	2	410565160,1	205282580,0	33,92	<,0001
NITROGENO*DENSIDAD	6	161904924,6	26984154,1	4,46	0,0036
Error	24	145261105	6052546		
Total	47	1892842876			

Tests of Hypotheses Using the Anova MS for BLOQUE\*NITROGENO as an Error Term

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

Duncan's Multiple Range Test for RDTO

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	24516	12	120
B A	19670	12	40
B C	16474	12	80
C	13162	12	0

Duncan's Multiple Range Test for RDTO

Duncan Grouping	Mean	N	NITROGENO
A	24516	12	120
B	19670	12	40
C	16474	12	80
D	13162	12	0

Duncan's Multiple Range Test for RDTO

Duncan Grouping	Mean	N	DENSIDAD
A	21106,6	16	30
A	19879,7	16	40
B	14380,8	16	50

The SAS System

The ANOVA Procedure

Level of NITROGENO	N	-----RDTO----- Mean	Std Dev
0	12	13162,2142	3931,24225
40	12	19670,1117	4523,83040
80	12	16474,1958	3977,15397
120	12	24516,2425	6618,86383

Level of DENSIDAD	N	-----RDTO----- Mean	Std Dev
30	16	21106,5969	7157,56212
40	16	19879,7263	6009,92067
50	16	14380,7500	3386,54284

Level of NITROGENO	Level of DENSIDAD	N	-----RDTO----- Mean	Std Dev
0	30	4	14821,2000	3802,59541
0	40	4	13524,2425	4413,56536
0	50	4	11141,2000	3665,70873
40	30	4	23041,1125	4186,22308
40	40	4	20770,4375	3342,16479
40	50	4	15198,7850	1709,12900
80	30	4	16565,7500	3649,99565
80	40	4	18422,0400	4480,04087
80	50	4	14434,7975	3740,28025
120	30	4	29998,3250	4502,50692
120	40	4	26802,1850	2869,53690
120	50	4	16748,2175	2152,41060