

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL
SISTEMA DE HILERAS PARES EN EL RENDIMIENTO
DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD 'RED
KIDNEY' EN CONDICIONES DE TINGO MARÍA**

TESIS

Para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

HERBER PUENTE GANZ

PROMOCIÓN II – 2007

**“Unasinos liderando el cambio para el desarrollo del
país”**

TINGO MARÍA – PERÚ

2009



F01

P91

Puente Ganz, Herber

Efecto de la Densidad de Siembra en el Sistema de Hileras pares en el Rendimiento del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Variedad 'Red Kidney' en Condiciones de Tingo María, Tingo María, 2009.

68 h.; 24 cuadros; 14 fgrs.; 28 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Agronomía.

PHASEOLUS VULGARIS L. / DENSIDAD-SIEMBRA / PRODUCCIÓN
/ CULTIVO / ANÁLISIS ECONÓMICO / METODOLOGÍA / TINGO
MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

No. 016-2008-FAUNAS



AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERU

BACHILLER : HERBER PUENTE GANZ

TITULO DE LA TESIS : "Efecto de la densidad de siembra en el Sistema surco melizo en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Variedad Red Kidney en condiciones de Tingo Maria"

JURADO CALIFICADOR :

 Presidente : Ing. M.Sc. FAUSTO CARDENAS SILVA

 Vocal : Ing. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA

 Vocal : Ing. JAIME J. CHAVEZ MATIAS

 Asesor : Ing. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA

FECHA DE SUSTENTACION : 20 DE AGOSTO DE 2008

HORA DE SUSTENTACION : 6:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACION : SALA DE GRADOS/UNAS.

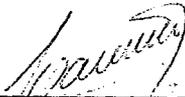
CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

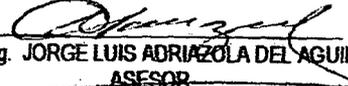
OBSERVACIONES AL ACTA : EN HOJA ADJUNTA

Tingo Maria, 21 de Agosto de 2008


Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
PRESIDENTE


Ing. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
VOCAL


Ing. JAIME J. CHAVEZ MATIAS
VOCAL


Ing. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
ASESOR



DEDICATORIA

A MIS QUERIDOS PADRES

**JORGE MARCELO PUENTE
PAUCAR y FRANCISCA GANZ
DE LA CRUZ,** por brindarme
todo su amor, por sus sabios
consejos y confianza plena en
creer en mí, que con gran
sacrificio me educó y me entregó
más de lo que ellos poseen.
Porque gracias a su lucha
constante han hecho sus sueños
realidad. Gracias padres todo lo
que soy, se los debo
infinitamente a ustedes.

A DIOS

Por guiarme y darme las fuerzas
necesarias en los momentos más
difíciles, y ser el que me acompaña
en cada paso que doy en la vida.

A MIS HERMANOS

**Charles, Larry, Jorge, Maicol y
Yennifer,** por su invaluable apoyo
desde la distancia, y demostrarme que
no se dan por rendidos a pesar de los
problemas que se enfrenta en la vida,
por ser mi espada y mi escudo de
seguir luchando.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Agronomía por todos los conocimientos impartidos.**
- Al Ing. M.Sc. Jorge Adriazola Del Águila, patrocinador del presente trabajo por su acertada orientación y sugerencias.**
- A los miembros del jurado: Ing. M.Sc. Fausto Silva Cárdenas, Ing. Jaime Chávez Matías e Ing. Luis Mansilla Minaya.**
- A mi hermano Charles, por el apoyo económico en la ejecución del experimento.**
- A mis amigos: Tomás Alejo Pérez, Joseph Inga Condory, Luis Abanto Ruíz, Hebert Gutiérrez Yupanqui, y Robert Saccaco Vásquez, por participar en este trabajo.**

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1. Clasificación taxonómica.....	11
2.2. Características de la variedad 'Red Kidney'	11
2.3. Requerimientos edafoclimáticos	12
2.4. Factores de la producción	14
2.4.1. Rendimiento	14
2.4.2. Malezas	15
2.4.3. Sanidad	15
2.4.4. Influencia de la densidad de siembra	17
2.5 Rendimiento de abono verde	19
2.6 Simbiosis leguminosa - Rhizobium	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Campo experimental.....	21
3.1.1. Ubicación	21
3.1.2. Historia del campo experimental	21
3.1.3. Condiciones climáticas	22
3.1.4. Características del suelo	23
3.2. Componentes en estudio	24
3.3. Tratamientos en estudio.....	24
3.4. Diseño experimental	25
3.5. Características del campo experimental	27

3.6.	Observaciones a registrar	29
3.7.	Evaluaciones efectuadas	31
3.8.	Análisis económico	34
3.9.	Procedimiento experimental	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1.	Rendimiento de grano	39
4.2.	Materia seca (biomasa).....	42
4.3.	Área foliar	44
4.4.	Número de vainas por planta	45
4.5.	Número total de nódulos por planta	47
4.6.	Longitud de vainas	48
4.7.	Peso de 100 semillas	50
4.8.	Longitud de tallo	51
4.9.	Número de semillas por vaina	52
4.10.	Calidad externa del grano	53
4.11.	Análisis económico	54
4.12.	Cálculo para hallar el número de golpes ha ⁻¹ para cada tratamiento en estudio	73
V.	CONCLUSIONES.....	61
VI.	RECOMENDACIONES	62
VII.	RESUMEN	63
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	64
IX.	ANEXO.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Datos climatológicos registrados durante la conducción del experimento (2007)	22
2. Análisis físico - químico del suelo experimental	23
3. Tratamientos en estudio	25
4. Esquema del análisis de varianza	26
5. Resumen del análisis de variancia del rendimiento de grano, materia seca, área foliar, número de vainas, número de nódulos del frijol variedad 'Red Kidney'	40
6. Resumen del análisis de variancia de la longitud de vainas, peso de 100 semillas, longitud de tallo y número de semillas del frijol variedad 'Red Kidney'	40
7. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de grano del frijol	41
8. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en la biomasa a nivel radicular y parte aérea del frijol	43
9. Prueba de Duncan para el área foliar por planta al momento de la floración del frijol	44
10. Prueba de Duncan para el número de vainas por planta del frijol.....	46
11. Prueba de Duncan para el número de nódulos por planta al momento de la floración del frijol	48
12. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en la longitud de vainas del frijol	49

13.	Prueba de Duncan para el peso de 100 semillas del frijol.....	50
14.	Prueba de Duncan para la longitud de tallo por planta del frijol	52
15.	Prueba de Duncan del efecto de la densidad de siembra en el número de semillas por vaina del frijol	53
16.	Resultados de la calidad externa del grano del frijol	54
17.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.....	55
18.	Análisis de rentabilidad considerando la calidad comercial de primera de los granos.....	57
19.	Análisis de rentabilidad de los granos de segunda calidad y total...	58
20.	Análisis de rentabilidad global de los tratamientos en estudio	60
21.	Resultados originales del rendimiento de grano según tratamientos.	69
22.	Resultados originales de materia seca expresada en gramos en 10 plantas por parcela.....	69
23.	Presupuesto para instalar una hectárea de frijol variedad 'Red Kidney' en Tingo María	70
24.	Otras características evaluadas en el experimento.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Croquis del campo experimental.....	74
2.	Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30x30 cm en hileras pares (tratamiento 1)	75
3.	Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30x20 cm en hileras pares (Tratamiento 2)	75
4.	Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 50x30x30 cm en hileras pares (Tratamiento 3)	76
5.	Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 50x20x30 cm en hileras pares (Tratamiento 4)	76
6.	Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30 cm en hilera simple (Tratamiento 5)	77
7.	Crecimiento en hileras pares	78
8.	Crecimiento en hileras simples	78
9.	Aplicación de pesticidas	78
10.	Inspección a la parcela	78
11.	Planta con numerosas hojas	78
12.	Longitud de tallo.....	78
13.	Cosecha selectiva del frijol variedad 'Red Kidney'- lugar "Naranjillo.	79
14.	Granos de semilla del frijol variedad 'Red Kidney'	79

I. INTRODUCCIÓN

El frijol variedad 'Red Kidney', es uno de los granos leguminosos de mayor precio en el mercado nacional e internacional, en razón a sus extraordinarias características culinarias, de buen sabor, suavidad y por su excelente calidad en la industria alimentaria de conservas; es la variedad que más se envasa a nivel mundial.

Es además un frijol muy precoz, pero muy sensible al ataque de plagas y enfermedades, factor que desalienta su siembra en nuestra zona. Además, los rendimientos que se obtienen son muy bajos debido a que se generaliza su siembra usando distanciamientos que no corresponden a esta variedad, más pequeña, de escaso follaje y muy precoz. Es necesario por lo tanto estudiar las densidades de siembra más adecuadas y su disposición de siembra en el campo con el fin de optimizar el suelo, la radiación solar y otros factores.

En esta tesis planteamos que utilizando una densidad alta podemos incrementar los rendimientos y la calidad del frijol 'Red Kidney'; es así que con este trabajo de investigación se busca que al aumentar la población por unidad de superficie, realizando una modificación en el sistema de siembra tradicional de hileras simples sustituyéndolas por las hileras pares, se logre aumentar los rendimientos.

Por las razones expuestas, el presente estudio tuvo los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la densidad de siembra en hileras pares en el rendimiento de grano seco y componentes del rendimiento del frijol variedad 'Red Kidney'.
2. Determinar la mejor densidad de siembra en cuanto al rendimiento y calidad externa del grano del frijol 'Red Kidney' en condiciones de Tingo María.
3. Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Clasificación taxonómica

VICENT (1975), presenta la siguiente clasificación taxonómica, dentro de la cual se encuentra el género *Phaseolus* que incluye 35 especies aproximadamente:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae
Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Papilionaceae
Tribu	: Phaseoleae
Subtribu	: Phaseolinae
Genero	: <i>Phaseolus</i>
Especie	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L. var. 'Red Kidney'.

2.2. Características de la variedad 'Red Kidney'

La variedad 'Red Kidney' según CHOY (1973), es de crecimiento determinado, poco vigorosa, de tallo erecto y de escaso desarrollo vegetativo. Es muy precoz, con una floración que se inicia de los 40 a 45 días y se considera que la maduración total (periodo vegetativo) se produce entre los 110 y 120 días. El grano maduro es de color rojo, con 4 a 6 granos por vaina, la que es alargada de 12 a 14 cm y es poco resistente a enfermedades. Los

rendimientos son bajos, alrededor de 1 000 kg ha⁻¹, y bastante cotizado en el mercado de exportación.

2.3. Requerimientos edafoclimáticos

Clima

Los frijoles en general, por ser originarios de países muy cálidos y templados, se desarrollan bien en regiones con precipitaciones promedio entre los 1000-1500 mm anuales, considerándose como temperaturas mínimas, 8°C para la germinación, 15°C para la floración y 50% de humedad. No resiste heladas, y temperaturas moderadas con humedad relativa alta favorecen la aparición de enfermedades criptogámicas (CHIAPPE, 1994)

Suelo

CHIAPPE (1969), llega a la conclusión de que los tipos de suelos para el cultivo del frijol pueden ser variados, prefiriendo los suelos de textura franco arenosos o franco arcillosos, bien drenados y ricos en humus. Es sensible al pH del suelo, prefiriendo suelos con pH 5,8 a 6,5 para regiones húmedas y de 6,0 a 7,5 para regiones semi áridas. El mismo autor, no considera pH óptimo pero por lo general prefieren suelos ligeramente ácidos de pH 5,6 a 6,2. Los suelos deben poseer una cantidad mínima de materia orgánica prefiriendo el humus del suelo con mucha anticipación.

BOCANEGRA (1972), señala que los mejores suelos para frijol serían los bajiales, suelos de formación sedimentaria inundable durante uno o dos meses del año cubiertas de cañabrava.

Según SINGH (1965), aunque el frijol común se produce en un amplio rango de tipos de suelos, los suelos franco arcillosos con pH entre 5,5 y 7,0 ricos en materia orgánica son favorables para obtener una buena producción. Un cultivo de 100 a 120 días a la cosecha con un rendimiento de 2 500 kg ha⁻¹ extrae del suelo entre 60 a 80 kg de nitrógeno proveniente del suelo y 40 kg de fósforo. En suelos ácidos deficientes en nitrógeno y fósforo y contenidos tóxicos en aluminio y/o manganeso, es esencial el uso de medidas correctivas apropiadas.

Agua

CHIAPPE (1981), expresa que la humedad del suelo debe ser bien distribuida durante las diferentes fases del período vegetativo, principalmente durante la floración y fructificación y según MONTALVO (1984), la fase crítica de requerimiento de agua es a la floración, donde se tiene un mayor consumo de ella y por lo tanto se debe tener mucho cuidado con el riego en esta fase.

TOSSO (1974), afirma que en la etapa de floración, el riego al comienzo de esta fase es fundamental, ya que una falta de humedad durante ésta, disminuye los rendimientos del frijol en 25% o más; asimismo se debe dar riegos en plena floración y otro al término de ella con intervalos de 5 a 6 días. Otra etapa importante es la formación de vainas ya que una falta de humedad en el suelo puede producir también una reducción en el rendimiento en un 25%.

2.4. Factores de la producción

2.4.1. Rendimiento

ROBLES (1982), señala que el rendimiento es un carácter cuantitativo y está condicionado por el efecto combinado de muchos genes. El medio ambiente también influye y es más preponderante sobre el rendimiento que sobre cualquier carácter cualitativo. Expresa que cuando se desea saber qué porcentaje de la biomasa total de un cultivo de frijol corresponde a grano o semilla, se recurre a la determinación del índice de cosecha que viene a ser la capacidad de la planta para almacenar los fotosintatos, pero dicha capacidad depende de los factores genéticos y ambientales, en donde se desarrolla cada variedad.

SALAS (1994) y SALAZAR (1997) manifiestan que la asociación negativa entre el rendimiento y los días a la floración indica que a mayor días a la floración menor es el rendimiento, lo cual es justificable en el sentido de que, si la planta se mantiene por más días en el campo, mayores serán las posibilidades de ser afectada por los factores adversos medio ambientales y fitopestes.

DEL ÁGUILA (1997), en un estudio sobre susceptibilidad de 4 variedades de frijol al ataque de crisomélidos en condiciones de Tingo María encontró para el cultivo de frijol var. 'Red Kidney', un rendimiento promedio de 224,05 kg ha⁻¹ y un peso promedio de 100 granos de 44,15 g siendo el más bajo en comparación con los otros tratamientos ('Rodríguez de Mendoza', 'Chaucha' y 'Carauta'). El autor halló variaciones entre variedades en el peso de 100 granos, atribuyéndolo a las características varietales y genéticas que

presenta cada variedad, donde las variedades 'Rodríguez de Mendoza' y 'Red Kidney' superaron en peso por su mayor tamaño, seguido por el 'Chaucha', a diferencia de la variedad 'Caraota', que fue de tamaño mediano. El bajo rendimiento obtenido fue atribuido al ataque de crisomélidos no controlados.

2.4.2. Malezas

El control de malezas según DE LA CRUZ (1979), se hace fundamentalmente con el fin de crear condiciones de ambiente y de suelo al cultivo, lo que implica una serie de prácticas tanto culturales como medidas de control. Los daños que ocasionan las malezas a la agricultura son importantes debido a que reducen los rendimientos unitarios de los cultivos, disminuyendo y aún llegando a anular la calidad comercial e industrial de los granos. En el cultivo de la soya la reducción de los rendimientos por efecto de las malas hierbas llegan aproximadamente al 52% cuando la competencia se presenta durante todo el periodo vegetativo.

2.4.3. Sanidad

En el Perú, BEINGOLEA (1973) estima que las pérdidas que ocasionan las plagas insectiles representan el 20% de la producción nacional entre las leguminosas de grano, sin considerar los gastos por pesticidas ni pérdidas causadas por los insectos de almacén que representan entre el 9 y 15% adicionales. Indica que en el frijol, la verdadera magnitud de los daños, varía según las condiciones ambientales, épocas de siembra, cultivares utilizados y en especial el medio geográfico o ecosistema natural. Se considera

que los daños, más severos están asociados con la presencia de temperaturas altas y baja altitud. La severidad de las plagas por lo general es mayor en Costa.

Por su parte, CHIAPPE (1994) menciona algunas plagas y enfermedades más importantes en el cultivo de leguminosas. Entre las plagas de importancia económica menciona a los “gusanos de tierra” como *Spodoptera frugiperda*, *Feltia experta*, *Agrotis ipsilon*, *Elasmopalpus lignosellus* y los grillos (*Gryllus assimilis*), que atacan a nivel de plántulas. Entre las plagas que atacan al follaje, menciona a la “mosca blanca” (*Bemisia tabaci*), *Empoasca kraemeri*, *Prodenia eridania*, un grupo de crisomélidos (*Empoasca*, *Ceratoma*) y “arañita roja”. Entre las plagas que atacan a brotes y vainas menciona a los barrenadores de brotes (*Epinotia aporema*), picadores de vainas (*Laspeyresia leguminis*), *Heliotis* (*Heliothis virescens*) y prodiplosis (*Prodiplosis longifila*). Entre las enfermedades se pueden diferenciar a las que producen pudriciones radiculares como son los hongos de los géneros *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Macrophomina* y *Sclerotium*, el oidium, los nemátodos y los virus.

SINGH (1965), indica que el patógeno más frecuente en Colombia en el cultivo del frijol es la roya (*Uromyces appendiculatus*), y que es un patógeno altamente móvil, transportado por el viento. Añade que la marchitez bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) es la enfermedad bacteriana más importante del frijol común transmitida por semilla y que puede ocasionar pérdidas del rendimiento de más del 40 % en cultivares susceptibles.

2.4.4. Influencia de la densidad de siembra

ECHEGARAY (1976), sostiene que el uso de un mayor número de plantas por unidad de superficie produciría un aumento en el rendimiento, ya que permite una mejor utilización del área cultivada, siempre que no se produzca competencia entre plantas, por agua, luz o nutrientes. Asimismo detectó que a más altas densidades se obtienen las mayores alturas, ya que la competencia por captación de energía solar hace que las plantas en altas densidades tiendan a crecer más.

Por su parte BENNET (1977), utilizando siete variedades de frijol y diferentes densidades de siembra encontró que el número de vainas por nudo y el número de ramas por planta se redujeron significativamente con altas densidades de siembra. ALQUEJALLA (1984), por su parte, sostiene que el número de vainas por planta es un carácter genético de naturaleza cuantitativa que difiere entre variedades pero que sin embargo, este puede verse afectado por la densidad de siembra, fertilidad de suelo, época de siembra, labores culturales oportunas y características edafoclimáticas.

ADRIANZEN (1988), al estudiar el efecto de la modalidad con tres densidades de siembra y utilizando el frijol tipo "caraota", determinó que el peso de 100 semillas está dado por la mayor densidad de siembra aunque estadísticamente no influyó en forma significativa.

CABRERA (2004), evaluando el efecto de seis densidades de siembra en el rendimiento de frijol variedad 'Chaucha' en un suelo ácido de Tingo María, concluyó que la densidad de siembra con mayor efecto en el rendimiento de grano seco correspondió al distanciamiento 0,50 x 0,30 m

seguido del tratamiento 0,60 X 0,30 con 1 364,76 y 1 317,13 kg ha⁻¹, respectivamente, quedando en el último lugar los tratamientos 0,60 x 0,20 m y 0,50 x 0,20 m con 891,93 y 846,44 kg ha⁻¹, respectivamente.

En Brasil, en un ensayo realizado para evaluar los efectos de la distancia entre hileras y densidad de siembra en la calidad de la semilla de frijol, LOLLATO (1982) reportó que a menor distanciamiento entre hileras se vio afectado el peso individual de las semillas y a mayor espaciamiento dio como resultado mayor peso de las semillas y menor número de plantas infectadas por hongos, atribuyéndose el bajo peso de las semillas, a la competencia de nutrientes, temperatura, luz y agua, reflejado en plantas desnutridas y menos desarrolladas, preparadas fisiológicamente para una menor carga productiva.

Por su parte, BRUNO (1990), considera que a más distanciamiento mejores son las condiciones de crecimiento y desarrollo debido a que la competencia por nutrientes, luz y humedad será menor de tal manera que el crecimiento del frijol aumenta en función a la intensidad luminosa, lo que trae por consiguiente el aumento en el rendimiento fotosintético, desarrollo vegetativo y la producción.

En un ensayo comparativo de nueve variedades de frijol y dos distanciamientos de siembra en Tulumayo, MANDUJANO (1986) concluyó que a distancias de 0,40 m y 0,60 m entre hileras los rendimientos en promedio no mostraron diferencias estadísticas significativas aunque existió superioridad numérica del distanciamiento a 0,40 m entre hileras. En cuanto a los componentes del rendimiento, el distanciamiento 0,60 m entre hileras resultó ser superior en forma significativa a su correspondiente de 0,40 m entre hileras

tanto para el número de vainas como para la altura de plantas mas no así con respecto al número de granos y peso de 100 semillas.

En un estudio realizado en Guatemala por ALQUEJALLA (1984) para evaluar el efecto de la densidad de siembra en seis genotipos de frijol arbustivo se obtuvo diferencias significativas entre variedades para el peso de 100 semillas. El número de vainas por planta fue el componente más afectado por la densidad, pero no se afectó el número de semillas por vaina. Recomendó usar genotipos erectos y poco ramificados por contener mayor número de vainas alrededor del tallo principal y a su mayor respuesta a las altas densidades de siembra.

2.5. Rendimiento de abono verde

El abono verde tiene como finalidad incorporar la materia orgánica a la capa superficial del suelo y empleando cultivos de leguminosas enriquecen al suelo con el nitrógeno que fijan las rizo bacterias tomándolo de la atmósfera y pasándolo así a los nódulos radiculares .Otra función de los cultivos de abono verde es la absorción de nutrientes minerales del sub suelo para devolverlos como materia orgánica a la capa superficial del suelo (OHLER, 1986).

En este sentido, actualmente el precio de los fertilizantes nitrogenados es muy alto comparado con el precio de la producción, por lo que la fertilización con nitrógeno para la mayoría de estos suelos se tiene que hacer en base a la fijación simbiótica de nitrógeno por las leguminosas. Para aumentar el contenido de materia orgánica usualmente se requeriría de varios años, si se tiene en cuenta que para aumentar en 1% el contenido de materia orgánica del suelo es necesario agregar aproximadamente 22 500 kg ha⁻¹ de

materia seca y que las variedades más rendidoras en Brasil, pueden producir algo más de 3 000 kg ha⁻¹ (SELKE, 1968)

2.6. Simbiosis leguminosa-Rhizobium

Al ser un fenómeno tan complejo la nodulación de las leguminosas, se ve influenciada por gran número de factores tanto ambientales como genéticos propios de ambos simbioses. La existencia de nodulación, la abundancia o escasez de los nódulos, su tamaño y el momento de aparición entre otros caracteres, dependen de la planta huésped o de la bacteria. Hay cepas de Rhizobium que infestando la raíz e iniciando canales de infestación, los abortan sin producir nódulos. Entre los factores ambientales que afectan a la nodulación cabe destacar quizás por haber sido más estudiados, la temperatura, humedad, pH, la presencia de nitrógeno combinado y los microorganismos del suelo especialmente hongos actinomicetos. Una vez iniciado el crecimiento de los nódulos este se hace más independiente del medio. Ciertas formas de nitrógeno son en general más efectivas que otras como el nitrato frente al amonio. En las prácticas agrícolas ciertos productos fitosanitarios especialmente algunos fungicidas aplicados a la semilla pueden inhibir fuertemente la nodulación (CUBERO, 1983).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en el fundo "Pacífico" del señor Ricardo Peláez Cama, ubicado en la localidad de Naranjillo, distrito de Padre Felipe Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Las coordenadas en UTM fueron las siguientes:

Unidades UTM : 8977752
18L 0390535
Altitud : 647 m.s.n.m

Según la temperatura media y la precipitación anual acumulada, la zona de vida correspondería a un bosque muy húmedo - Premontano .Tropical. (bmh – PT) según la clasificación ecológica de L.R. Holdridge, con temperatura media anual de 24,9 °C, humedad relativa promedio de 82,5% y una precipitación pluvial anual de 3 400 mm.

3.1.2. Historia del campo experimental

El campo experimental estuvo sometido al siguiente cronograma de explotación agrícola:

Año	Cultivos
1963 – 1998	Plantación de cítricos
1999 – 2000	Plantación de papayo
2001 – 2002	Plantación de plátanos
2003 – 2005	Terreno en descanso

- 2006 Ago.-Nov. Tesis: "Comparativo de tres fuentes y niveles de bioestimulantes vegetales en la producción de pepinillo (*Cucumis sativus* L) manejado orgánicamente en Tingo María"
- 2006 Dic.- Mayo Terreno en descanso
- 2007 Jun. – Set. Conducción de la presente tesis.

3.1.3. Condiciones climáticas

La información climatológica del Cuadro 1, indica que durante la ejecución del experimento se registraron temperaturas que oscilaron entre 24,6 y 25,2 °C y precipitaciones que oscilaron de 15,8 en junio y 304 mm en el mes de octubre, las cuales se consideran apropiadas para este cultivo.

Cuadro 1. Datos climatológicos registrados durante la conducción del experimento (2007)

Meses	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación mensual (mm)	Horas de Sol
	Máxima	Mínima	Media			
Junio	30,30	20,00	25,10	84,00	15,80	202,80
Julio	29,60	19,70	24,60	84,00	190,90	192,40
Agosto	30,10	19,50	24,80	83,00	108,50	178,60
Setiembre	30,70	19,40	25,00	82,00	136,20	177,50
Octubre	30,20	20,30	25,20	83,00	304,20	131,00

Fuente: Estación meteorológica "José Abelardo Quiñones" de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María

3.1.4. Características del suelo

En el Cuadro 2 se presentan los análisis del suelo donde se realizó el experimento.

Cuadro 2. Análisis físico - químico del suelo experimental

Característica	Valor	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	55,82	
Limo (%)	27,64	Bouyoucos
Arcilla (%)	16,54	
Clase Textural (%)	Franco arenoso	Triángulo textural
Análisis químico:		
pH (1:1) en H ₂ O	5,7	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	3,1	Walkley – Black
Nitrógeno total (%)	0,14	% N = % M.O. x 0,045
Fósforo disponible (ppm P)	8,20	Olsen modificado
Potasio disponible (kg K ₂ O/ha)	338	H ₂ SO ₄ 6N
CIC e (meq./100 g suelo)	4,42	KCl 1N
Ca (meq/100 g suelo)	2,80	Absorción atómica
Mg (meq/100 g suelo)	1,20	Absorción atómica
K (meq/100 g suelo)	0,40	Absorción atómica
Na (meq/100 g suelo)	0,02	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

El suelo presenta textura moderadamente gruesa, reacción acida, contenido medio de materia orgánica, N total, P disponible y K disponible, baja relación Ca/Mg, lo que indicaría que existe insuficiencia de Ca o exceso de Mg, evidenciado por la alta relación Mg/K.

3.2. Componentes en estudio

3.2.1. Variedad de frijol

Se utilizó semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad 'Red Kidney' de hábito de crecimiento determinado.

3.2.2. Densidades de siembra

Distanciamiento	Nº de golpes ha⁻¹	Nº de plantas ha⁻¹
0,60 m x 0,30 m x 0,30 m	74 074	222 222
0,60 m x 0,20 m x 0,30 m	83 333	250 000
0,50 m x 0,30 m x 0,30 m	83 333	250 000
0,50 m x 0,20 m x 0,30 m	95 238	285 714
0,60 m x 0,30m (TESTIGO)	55 555	166 6

3.3. Tratamientos en estudio

El presente experimento constó de 5 tratamientos tal como se muestra en el Cuadro 3. El número de golpes y plantas ha⁻¹ fue calculado con las fórmulas:

Fórmulas para el número de golpes:

Para los tratamientos: T₁, T₂, T₃, T₄

Para el testigo (T₅)

$$\text{Nº golpes} = \frac{2 S}{a(b + c)}$$

$$\text{Nº golpes} = \frac{S}{a \times b}$$

Donde: a = distancia entre golpes

c = distancia entre hileras pares

b = distancia entre hileras

S = Superficie (10 000 m²).

Cuadro 3. Tratamientos en estudio

Clave	Distanciamientos	Densidad (plantas ha ⁻¹)
T ₁	0,60m x 0,30m x 0,30m en hileras pares	222 222
T ₂	0,60m x 0,20mx 0,30m en hileras pares	250 000
T ₃	0,50m x 0,30m x 0,30m en hileras pares	250 000
T ₄	0,50m x 0,20m x 0,30m en hileras pares	285 714
T ₅	0,60m x 0,30m en hileras simples	166 666

3.4. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 repeticiones. Las características a evaluar en el experimento fueron sometidas al análisis de variancia y a la prueba de significación estadística de Duncan al nivel de $\alpha = 0,05$.

Cuadro 4. Esquema del análisis de variancia

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Bloques	4
Tratamientos	4
Error Experimental	16
Total	24

Modelo Aditivo Lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en la unidad experimental correspondiente al j-ésimo bloque, al cual se le aplicó la i-ésima densidad de siembra.

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto de la i-ésima densidad de siembra.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental de la unidad experimental correspondiente al j-ésimo bloque al cual se le aplicó la i-ésima densidad de siembra.

Para:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ tratamientos (densidades de siembra)

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ bloques

3.5. Características del campo experimental

Dimensiones del campo experimental

- Largo : 30.00 m
- Ancho : 19.00 m
- Distancia entre calles : 1.00 m
- Área total del campo experimental : 570.00 m²

Bloques

- Número de bloques : 5
- Largo de los bloques : 30.00 m
- Ancho de los bloques : 3.00 m
- Área de cada bloque : 90.00 m²
- Área total de bloques : 450 m²

Parcelas

- Número total de parcelas : 25
- Número de parcelas/bloque : 5
- Largo de cada parcela : 6,00 m
- Ancho de cada parcela : 3,00 m
- Área total de cada parcela : 18,00 m²
- Area neta de cada parcela

Tratamientos	Nº golpes ha⁻¹	Golpes muestreados	Área neta (m²)
T1	74 074	48	6,48
T2	83 333	48	5,76
T3	83 333	48	5,76
T4	95 238	60	6,30
T5	55 555	36	6,48

El área neta de cada tratamiento fue estimada por regla de tres simple, considerando el número de golpes por hectárea y el número de golpes muestreados.

Densidades de siembra

Distanciamiento: 0,60 m x 0,30 x 0,30 m (T₁)

- Número de hileras pares : 6,0
- Número de golpes por hileras pares : 120
- Distanciamiento entre golpes : 0,30 m.

Distanciamiento: 0,60 m x 0,20 x 0,30 m (T₂)

- Número de hileras pares : 8,0
- Distanciamiento entre hileras pares : 0,60 m
- Distanciamiento entre golpes : 0,30 m.

Distanciamiento: 0,50 m x 0,30 x 0,30 m (T₃)

- Número de hileras pares : 7,0
- Distanciamiento entre hileras pares : 0,50 m
- Distanciamiento entre golpes : 0,30 m

Distanciamiento: 0,50 m x 0,20 x 0,30 m (T₄)

- Número de hileras pares : 9,0
- Distanciamiento entre hileras pares : 0,60 m
- Distanciamiento entre golpes : 0,30 m

Distanciamiento: 0,60 m x 0,30 m (TESTIGO) (T₅)

- Número de hileras simples : 10
- Distanciamiento entre hileras simples : 0,60 m
- Distanciamiento entre golpes : 0,30 m

3.6. Observaciones registradas

Las observaciones que a continuación se describen, sólo fueron registradas y no evaluadas.

a. Días a la floración

Se determinó el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas de la parcela presentaron su primera flor.

b. Número de hojas

Se contabilizaron en 10 plantas de cada tratamiento al azar, cuando el 50% de las plantas presentaron las primeras flores.

c. Días a la madurez fisiológica

Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que aproximadamente el 95% de las vainas habían cambiado del color verde a un color intermedio, lo que indica que están maduras e ingresan al proceso de secado.

d. Días a la madurez de cosecha

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que aproximadamente el 95 % de las vainas estaban maduras y secas.

e. Dehiscencia

Se contó el número de vanas abiertas que permitieron que las semillas se caigan antes de ser cosechadas. Se evaluó toda la parcela y el resultado se expresó en porcentaje, de acuerdo a la escala propuesta por INTSOY citado por MANDUJANO (1986):

Grado	Característica
1	Indehiscente
2	Menor de 10 % de dehiscencia
3	De 10 a 25 % de dehiscencia
4	De 25 al 50% de dehiscencia
5	Más del 50% muestran dehiscencia.

f. Número de plantas cosechadas

El número de plantas cosechadas dependió del distanciamiento de siembra y se detallan en el acápite 3.2.

g. Número de vainas vanas por planta

Por cada parcela neta se evaluaron 10 plantas al azar y se contaron vainas vanas (granos muy pequeños y/o ausencia de granos). Los resultados se expresaron en porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ vainas vanas} = (\text{N}^\circ \text{ de vainas vanas} / \text{Total de vainas}) \times 100$$

3.7. Evaluaciones efectuadas

a. Rendimiento de grano

Se cosechó el número de golpes correspondiente a cada parcela neta de cada tratamiento y luego de secado al sol durante 3 días se efectuó la trilla. El porcentaje de humedad fue determinado con un humectímetro Marca Sartorius MA 30. Luego de secar la semilla hasta aproximadamente 14% de humedad, se transformaron los resultados del número de golpes cosechados de la parcela neta a kg ha^{-1} , según el número de golpes ha^{-1} como se detalla en el acápite 3.5.

b. Peso seco a la floración (biomasa)

Se tomaron 10 plantas de los bordes de la parcela, evaluándose el peso fresco y seco; para determinar el peso seco se sometieron las muestras frescas a la estufa a 72 °C por 48 horas, para luego registrar el peso seco.

c. Área foliar

Se dibujaron las siluetas de todas las hojas de una planta en papel bond y se cortaron con una tijera para ser pesadas todas juntas. Luego se cortó 01 decímetro cuadrado del papel (1dm²) y se pesó. Por una relación de regla de tres simple del peso del papel de 1 dm² con aquellos que representaban a las hojas se calculó el área foliar de la planta.

d. Número de vainas por planta

Por cada parcela neta se obtuvo el promedio del número de vainas de 10 plantas.

e. Número de nódulos a la floración

El contaje de nódulos totales se realizó a la floración, evaluándose en 10 plantas tomadas al azar de los bordes de cada parcela; luego se promedió el número de nódulos por planta. La actividad se determinó en 10 plantas extraídas, considerándose activos a los nódulos que presentaron una coloración rojiza o ladrillo e inactivo a la presencia de otros colores.

f. Longitud de vainas

Se evaluaron 20 vainas al azar de cada parcela cosechada y con la ayuda de una regla se midió y se sacó el promedio por vaina.

g. Peso de 100 semillas

Se tomaron al azar 3 muestras de 100 semillas secas y limpias y se determinó su peso en gramos por cada tratamiento.

h. Longitud de tallo

Se evaluó en 10 plantas de cada parcela cuando el 95% de vainas estaban maduras, midiéndose desde el nivel de la cicatriz del cotiledón hasta el ápice del brote terminal.

i. Número de semillas por vaina

Se tomaron 20 vainas no vanas al azar por cada parcela cosechada y se registró el promedio de granos por vaina.

j. Tamaño de la semilla

Determinado el peso de cien semillas, se dividió el peso total entre 100 para determinar el peso promedio de cada semilla, y clasificándose por su tamaño con la tabla propuesta por el CIAT (1984) citado por VEGA (2000):

Peso	Descripción
Menor de 15 g	Pequeños
16 – 20 g	Medianos
Más de 21 g	Grandes

k. Calidad de semilla

Considerando la inexistencia de tablas especiales para calificar los grados de calidad para el frijol 'Red Kidney', se confeccionó una escala de grados utilizando semilla de Lima, tomándose 3 muestras de 100 semillas al azar y midiendo su longitud y diámetro. La escala fue la siguiente:

Calidad	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Primera	Mayor de 13,1	Mayor de 5,6
Segunda	Menor de 13,0	Menor de 5,8

3.8. Análisis económico

Se determinó para cada tratamiento, la relación Beneficio/Costo y el Índice de rentabilidad, para lo cual se tomaron en cuenta parámetros económicos como el rendimiento, ingreso bruto y la utilidad neta.

Beneficio neto	=	Ingreso bruto – Costo de producción
Ingreso bruto	=	Rendimiento (kg ha ⁻¹) x Precio
Relación Beneficio/Costo	=	Ingreso bruto / Costo de producción

3.9. Procedimiento experimental

a. Limpieza y preparación del terreno

Se realizó la limpieza manual del área (20-06-07) y luego la remoción del terreno con azadón a una profundidad aproximada de 20 cm. La demarcación del campo (Figura 1 del Anexo) y se realizó el 24-06-07.

b. Muestreo del suelo

El muestreo de suelo se realizó en forma de zig-zag dentro del campo experimental a una profundidad aproximada de 30 cm.; luego se mezclaron las sub muestras para obtener 1 kg de muestra, que fue llevada al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis.

c. Semilla

La semilla empleada fue de la variedad 'Red Kidney' procedente de Lima y comprada en el mercado de Tingo María; antes de su siembra, fue desinfectada con Homai WP (Metiltiofanato + Thiram) a la dosis de 5 g por kilogramo de semilla.

d. Siembra

La siembra se efectuó a "tacarpo" el 27 de junio del 2007, depositándose 4 semillas por golpe a 4 cm de profundidad considerándose las diferentes densidades ya mencionadas en el acápite 3.3.

e. Recalce

El recalce se realizó a la semana después de la siembra, en los hoyos donde las semillas no llegaron a germinar.

f. Raleo

A los 13 días después de la siembra, se eliminaron las plantas raquíticas, mal formadas y en exceso, dejándose las tres plantas más vigorosas por golpe.

g. Aporque

El aporque se realizó con azadón a los 15 días después de la siembra.

h. Fertilización

Para la fertilización se aplicó una sola dosis para todos los tratamientos: 6,80 g de Úrea (46% N), 7,36 g.de Superfosfato triple (46% P₂O₅) y 2,35 g Cloruro de Potasio a cada planta. El P se aplicó el 100% a la siembra mientras que el N y K se aplicaron el 50% a una semana de la siembra y el 50% antes de la floración.

i. Control de malezas

El control de malezas se realizó manualmente a los 15, 30 y 65 días después de la siembra. Las malezas predominantes fueron: "arrocillo" (*Echinocloa celonum*), "coquito" (*Cyperus rotundus*) y "pata de gallo" (*Digitaria sanguinalis*).

j. Control de plagas y enfermedades

Plagas.

Las plantas sufrieron ataques leves de gusano de tierra (*Spodoptera frugiperda*) y grillos, los que fueron controlados con Fenkil (Phenthoate) en polvo (20 kg ha⁻¹). Los daños ocasionados por Chrysomelidos fueron controlados en su oportunidad con Oncol (Benfuracaban) a razón de 3 cucharadas por mochila.

Enfermedades.

Las enfermedades se manifestaron con un severo ataque ocasionando la muerte de algunas plántulas. Se presentaron: "chupadera fungosa" (*Rhizoctonia solani*) y *Cercospora* sp., los cuales se lograron controlar con Protexin (3 cucharadas por mochila) y Parachupadera (Frutolamil + Captan en polvo) (3 cucharadas por mochila). La mancha en las hojas y vainas (*Cercospora* sp.) se controlaron con Homai en polvo (2 cucharas por mochila).

k. Cosecha

Esta labor se realizó a los 92 días. La cosecha se llevó a cabo en forma individual, manualmente tanto en horas de la mañana como en horas de la tarde.

l. Secado

Después de la cosecha, las vainas fueron expuestas al sol durante tres días para reducir la humedad del grano y facilitar la trilla.

m. Trilla

La trilla se realizó en forma manual, al garrote, poniendo las vainas en un saco. Una vez que los granos salieron de las vainas se hizo el venteado dejando la semilla limpia y libre de impurezas.

n. Pesado

Después del secado, cuando las semillas habían alcanzado una humedad aproximada de 14%, se realizó el pesado por tratamiento, registrándose los rendimientos de cada unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de variancia para el rendimiento de grano, materia seca, área foliar, número de vainas y número de nódulos, se presentan en el Cuadro 5 y mostraron alta significación para el efecto de los tratamientos en las tres primeras características y significación para el número de vainas y número de nódulos; a nivel de bloques en dichas características, resultaron no significativos. En el Cuadro 6 se presentan los análisis de variancia de las características cuyos efectos entre tratamientos resultaron sin significación estadística.

4.1 Rendimiento de grano

En los análisis estadísticos para el rendimiento del grano que se aprecia en el Cuadro 5, se observa que no hubo diferencias estadísticas entre bloques lo que indicaría una homogeneidad del terreno y conducción eficiente del trabajo, pero sí alta significación entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad (1,03%), muestra excelente homogeneidad y por lo tanto los resultados son confiables.

La prueba de Duncan del Cuadro 7, nos indica que el mejor distanciamiento fue el de 0,60 x 0,30 x 0,30m conducidos en hileras pares (222 222 plantas por hectárea) con 1 760,32 kg ha⁻¹, rendimiento significativamente mayor ($\alpha=0,05$) a los otros tratamientos, estos resultados guardan cierta contradicción con los de ECHEGARAY (1976), quien al justificar sus resultados experimentales, manifiesta que el uso de un mayor número de plantas por unidad de superficie produciría un aumento en el rendimiento, ya que

Cuadro 5. Resumen del análisis de variancia del rendimiento de grano, materia seca, área foliar, número de vainas número de nódulos del frijol variedad 'Red Kidney'.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS					
		Rendimiento grano	Materia seca	Área foliar	Número vainas	Nº nódulos	
Bloques	4	260,55 NS	0,085 NS	70,20 NS	4,30 NS	3,86 NS	
Tratamientos	4	52534,70 AS	0,144 AS	32475,40 AS	71,80 S	24,86 S	
Error	16	276,24	0,040	54,30	4,48	5,79	
Total	24						
C.V. (%)		1,03	10,49	2,00	12	10	

N.S: No existe significación estadística

A.S: Alta significación estadística al 1% de probabilidad

S. : Significación estadística al 5% de probabilidad

Cuadro 6. Resumen del análisis de variancia de la longitud de vainas, peso de 100 semillas, longitud de tallo y número de semillas del frijol variedad 'Red Kidney'.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		Longitud de vainas	Peso 100 semillas	Longitud de tallo	Nº de semillas
Bloques	4	0,034 NS	0,14 NS	0,04 NS	0,14 NS
Tratamientos	4	0,170 NS	0,34 NS	0,04 NS	0,14 NS
Error	16	0,080	0,24	0,02	0,14
Total	24				

C.V. (%)

2,8

1,4

8,9

9,8

N.S : No existe significación estadística

Cuadro 7. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de grano del frijol.

Tratamientos			Rendimiento	Significación
N°	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹	(kg ha ⁻¹)	Duncan($\alpha=0.05$)
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	1 760,32	a
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	1 699,82	b
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	1 566,11	c
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	1 547,84	c d
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	1 531,31	d

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no tienen significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

permite una mejor utilización del área cultivada, siempre que no se produzca competencia entre plantas por agua, luz o nutrientes.

De este modo, como se aprecia en el mencionado cuadro los rendimientos no han mantenido una relación estrecha con la densidad de siembra o número de plantas por hectárea, resultados parecidos a los de CABRERA (2004) quien comparó 6 distanciamientos de siembra en hileras simples en frijol "chaucha", obteniendo los menores rendimientos (891,93 y 846,44 kg ha⁻¹) con los dos tratamientos con más altas densidades (250 000 y 300 000 plantas ha⁻¹); en el presente experimento, con 249 999 y 285 714 plantas ha⁻¹ se obtuvo también los menores rendimientos de 1 547,84 y 1 531,31 kg ha⁻¹, inferiores a los otros tratamientos ($\alpha=0.05$).

Contradictorios también son los resultados de BRUNO (1990), quien manifiesta que con distanciamientos mayores, mejores son las condiciones de crecimiento y desarrollo debido a la menor competencia por nutrientes, luz y humedad, de modo que el crecimiento del frijol aumentará en función a la intensidad luminosa, lo que traería consigo el aumento en el rendimiento fotosintético, desarrollo vegetativo y la producción.

Sin embargo, en justificación de este resultado podría argumentarse que esta densidad permitiría un mejor aprovechamiento de la luz, la fertilidad del suelo y otros factores que podrían influenciar en el rendimiento. En el caso del tratamiento 4 con 285 714 plantas ha⁻¹, que ocupó el último lugar con 1 531,31 kg ha⁻¹, es probable que el autosombreamiento haya originado menores rendimientos, ya que la competencia por el recurso suelo resulta improbable debido a la fertilidad media del suelo y al abonamiento adicional realizado y a que los factores climáticos como precipitación y temperatura afectaron por igual a todos los tratamientos.

4.2. Materia seca (biomasa)

Los resultados del análisis estadístico para el peso de materia seca se aprecian en el Cuadro 5, e indicaron alta significación entre tratamientos con un coeficiente de variabilidad aceptable para las condiciones de campo.

En el Cuadro 8 se presenta la prueba de Duncan de los tratamientos y se observa que a mayor densidad de siembra, mayor fue la biomasa obtenida, indicando que la fertilidad del suelo de nivel medio (Cuadro 2) fue suficiente para satisfacer la demanda del cultivo en todas las densidades de siembra.

Estos resultados que se considerarían lógicos, sin embargo, no han guardado relación con los rendimientos de grano obtenidos, desde que se consideraría que a mayor biomasa mayor sería la capacidad de la planta para la producción de fotosintatos y mayores los rendimientos. Es probable que el contenido medio de N del suelo más la fertilización nitrogenada, podría haber producido un excesivo desarrollo foliar en perjuicio del rendimiento de grano.

En relación a la producción de materia seca, es importante si se considera que para incrementar en 1% el contenido de materia orgánica de un suelo, según SELKE (1968) se requerirían aproximadamente 22,5 t ha⁻¹ de materia seca y añade que las variedades más rendidoras en la Región Centro – Oeste de Brasil tienen una capacidad de producción de materia seca de más de 3 000 kg ha⁻¹.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en la biomasa a nivel radicular y parte aérea del frijol.

Tratamientos			Biomasa	Significación
Nº	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹	(kg ha ⁻¹)	Duncan($\alpha=0,01$)
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	2 050	a
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	2 000	a b
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	1 750	b c
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	1 740	c
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	1 670	c

Entre tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

4.3. Área foliar

Los resultados del análisis estadístico para la característica de área foliar se muestran en el Cuadro 5, e indicaron alta significación para el efecto de los tratamientos y un coeficiente de variabilidad 2%, calificado como de excelente homogeneidad de variancia, por lo que los resultados son confiables.

En la prueba de Duncan del Cuadro 9 se observa que existen diferencias estadísticas entre todos los tratamientos, siendo el T5 (0,60 x 0,30m a hilera simple) con 166 666 plantas ha⁻¹ el que logró la mayor área foliar (1 879,9 cm²); en términos generales, el área foliar se fue incrementando paralelamente con la densidad de siembra.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para el área foliar por planta al momento de la floración del frijol.

N°	Tratamientos		Área foliar por planta (cm ²)	Significación Duncan($\alpha=0,01$)
	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	1 879,9	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	1 535,7	b
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	1 371,1	c
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	1 307,0	d
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	1 243,8	e

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

De esto se deduce que el área foliar es una característica que puede ser fácilmente influenciada por las densidades de siembra como lo manifiesta el CIAT (1984), desde que a medida que los distanciamientos entre plantas se incrementan, éstas aceleran su desarrollo al tener condiciones edafoclimáticas favorables para su nutrición, lo que no sucede con plantas sembradas a distanciamientos cortos, que se ven obligadas a una fuerte competencia. De este modo, los resultados del Cuadro 9 muestran que cuanto menor fue el número de plantas sembradas por unidad de área, mayor fue el área foliar de las plantas; así, con 166 666 plantas ha^{-1} , se tuvo 1 879,9 cm^2 , área que fue disminuyendo conforme se incrementó la densidad de siembra hasta que con 285 714 plantas ha^{-1} , se tuvo 1 243,8 cm^2 , con diferencias altamente significativas ($\alpha=0,01$) entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, estas diferencias no se reflejaron en el rendimiento de grano.

4.4. Número de vainas por planta

Los resultados del análisis estadístico para el número de vainas por planta se aprecian en el Cuadro 5, e indican que no hubo diferencias estadísticas entre repeticiones, pero sí entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad (12%), es calificado como muy buena homogeneidad de variancia, por lo que los resultados son confiables.

En el Cuadro 10 se observa que al aplicar la prueba de Duncan, existen diferencias estadísticas entre el tratamiento T5 (166 666 plantas ha^{-1}) respecto a los demás tratamientos es decir que el tratamiento T5 (0,60 x 0,30m a hilera simple) logró un mayor número de vainas por planta al momento de la

cosecha con 24 vainas, a diferencia de los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ que produjeron 19, 16, 16 y 14 vainas respectivamente.

Los resultados del Cuadro 10 muestran que el número de vainas por planta, que son coincidentes con los resultados de ALQUEJAYA (1984) en Guatemala, fue el componente del rendimiento más afectado por la densidad de siembra, mas no así el número de semillas por vaina ni el peso de las semillas.

En el presente experimento, a menores densidades de siembra se obtuvieron mayor número de vainas por planta, y de esta manera, el Testigo con 166 666 plantas ha⁻¹ fue el que produjo mayor número de vainas (24 vainas), pero que sin embargo, no se tradujeron en un mayor rendimiento por hectárea.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el número de vainas por planta del frijol.

Tratamientos			Número de vainas por planta	Significación Duncan($\alpha=0.05$)
Nº	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	24	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	19	b
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	16	c
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	16	c
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	14	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

Este incremento en el número de vainas a mayores distanciamientos (menores densidades) podría atribuirse a la más alta actividad fotosintética, por lo que el mismo autor recomienda el uso de genotipos erectos y poco ramificados. Como se sabe, el número de vainas es un carácter genético de naturaleza cuantitativa que difiere entre variedades pero que sin embargo, se puede ver afectado por las densidades de siembra y características edafoclimáticas. Similares resultados obtuvo BENNET (1977), quien encontró que el número de vainas por nudo y el número de ramas por planta se redujeron significativamente con altas densidades de siembra.

4.5. Número total de nódulos por planta

Los resultados del análisis estadístico para el número de nódulos se aprecian en el Cuadro 5, y se observa que no existe diferencia estadística entre repeticiones, pero sí entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad (10%), es calificado como de excelente homogeneidad de variancia y por lo tanto los resultados son confiables.

En el Cuadro 11 se observa que al aplicar la prueba de Duncan existen diferencias estadísticas entre los tratamientos T_5 , T_3 y T_4 respecto a los tratamientos T_2 y T_1 , es decir, que dichos tratamientos lograron un mayor número de nódulos por planta al momento de la floración con 27, 26 y 25 nódulos por planta a diferencia de los tratamientos T_2 y T_1 que presentaron 23 y 21 nódulos respectivamente.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para el número de nódulos por planta al momento de la floración del frijol.

Tratamientos			Número de nódulos	Significación Duncan($\alpha=0,05$)
Nº	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60 x 0,30m ⁽¹⁾	166 666	27	a
T ₃	0,50 x 0,30 x 0,30m	249 999	26	a b
T ₄	0,50 x 0,20 x 0,30m	285 714	25	a b
T ₂	0,60 x 0,20 x 0,30m	249 999	23	b c
T ₁	0,60 x 0,30 x 0,30m	222 222	21	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

Sin embargo, los resultados encontrados y mostrados en el Cuadro 11, no indican ninguna relación con las densidades de siembra utilizadas; de esta manera, los tratamientos que tuvieron tanto el menor como el mayor número de plantas ha⁻¹, no difirieron estadísticamente en el número de nódulos.

Como se sabe, la nodulación en las leguminosas es dependiente de una serie de factores entre los que se pueden mencionar, la fertilidad del suelo, pH, humedad, aireación, entre otros. En trabajos realizados en nuestra zona no se han reportado resultados en la variedad 'Red Kidney' por lo que no es posible establecer comparación con el presente trabajo.

4.6. Longitud de vainas

Los resultados del análisis estadístico para la longitud de vainas se aprecian en el Cuadro 6 y se deduce que no existe diferencia estadística entre

bloques y tratamientos. Asimismo el coeficiente de variabilidad (2.8%), nos muestra una excelente homogeneidad y resultados confiables.

Los resultados del Cuadro 12 muestran que la longitud de las vainas de esta variedad de frijol variaron de 10,01 a 10,42, valores menores a los reportados por CHOY (1973), CHIAPPE (1994) y DEL AGUILA (1997).

Cuadro 12. Prueba de Duncan para el efecto de la densidad de siembra en la longitud de vainas del frijol.

N°	Tratamientos		Longitud de vainas (cm)	Significación Duncan($\alpha=0,05$)
	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	10,42	a
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	10,41	a
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	10,37	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	10,13	a
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	10,01	a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

Al igual que en el caso del peso de cien semillas, esta característica tampoco tuvo influencia en el rendimiento de grano, desde que las diferencias entre tratamientos careció de significación estadística y más aún considerando que, como se verá más adelante, en el número de semillas por vaina tampoco se observó diferencias de significación entre tratamientos.

4.7. Peso de 100 semillas

Los resultados del análisis estadístico para el peso de 100 semillas se aprecian en el Cuadro 6, y se deduce que no existe significación estadística entre bloques ni tratamientos, indicando que ninguna de las densidades de siembra tuvo efecto en el tamaño o peso de las semillas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad de 1.4%, nos muestra una excelente homogeneidad y que por lo tanto los resultados son confiables.

En el Cuadro 13 se observa que los pesos de 100 semillas fluctuaron entre 34,4 y 35,0 g, sin diferencias estadísticas entre los tratamientos; sin embargo, existe cierta tendencia a reducirse el peso de las semillas al incrementarse la densidad de siembra o número de plantas por hectárea, resultados que concuerdan con los de LOLLATO (1982) quien encontró que a menor distanciamiento entre hileras el peso individual de las semillas se vio afectado y a mayor espaciamento dio como resultado mayor peso de ellas y adicionalmente, menor número de plantas infectadas por hongos.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para el peso de 100 semillas del frijol.

Tratamientos			Peso (g)	Significación Duncan($\alpha=0,05$)
Nº	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	35,0	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	34,8	a
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	34,6	a
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	34,4	a
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	34,4	a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos, en hileras pares.

El mismo autor atribuye el bajo peso de las semillas en distanciamientos altos, a la competencia por nutrientes, temperatura, luz y humedad del suelo, reflejándose ello en plantas desnutridas y menos desarrolladas, preparados fisiológicamente para una menor carga productiva. La falta de significación entre tratamientos en el presente experimento, indicaría que el peso de las semillas no tuvieron mayor efecto en el rendimiento del frijol 'Red Kidney'.

4.8. Longitud de tallo

Los resultados del análisis estadístico para la característica de longitud de tallo se muestran en el Cuadro 6; se observa que no existen diferencias estadísticas entre bloques y tratamientos. Asimismo el coeficiente de variabilidad (8.9%), nos muestra una excelente homogeneidad de variancia, por lo que los resultados son confiables.

En el Cuadro 14 se muestran los resultados de longitud de tallo, observándose que sólo hubo diferencias de significación numérica entre los tratamientos que tuvieron 166 666 y 222 222 plantas ha^{-1} , con 1,70 y 1,49 m respectivamente, y que corresponden a las longitudes extremas. Estos resultados podrían parecer contradictorios, desde que podría suponerse que con altas densidades, las plantas tienden a crecer más en longitud por una competencia por luz.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para la longitud de tallo por planta del frijol.

Tratamientos			Longitud de tallo (m)	Significación Duncan($\alpha=0.05$)
N°	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	1,70	a
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	1,62	a
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	1,54	a
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	1,53	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	1,49	a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

4.9. Número de semillas por vaina

Los resultados del análisis estadístico para la característica del número de semillas por vaina se muestran en el Cuadro 6, deduciéndose que no existen diferencias estadísticas entre bloques ni tratamientos. Asimismo el coeficiente de variabilidad (9.8%), nos muestra una excelente homogeneidad de variancia, por lo que los resultados son confiables.

El Cuadro 15 muestra el número de semillas por vaina en los tratamientos en estudio, observándose ausencia de significación estadística entre tratamientos, confirmando los resultados de CHOY (1973) y DEL ÁGUILA (1997) en el sentido que el número de semillas por vaina de esta variedad varía entre 4 y 6 semillas.

Cuadro 15. Prueba de Duncan del efecto de la densidad de siembra en el número de semillas por vaina del frijol.

Nº	Tratamientos		Número de semillas por vaina	Significación Duncan($\alpha=0,05$)
	Distanciamientos	Plantas ha ⁻¹		
T ₅	0,60x0,30m ⁽¹⁾	166 666	4	a
T ₄	0,50x0,20x0,30m	285 714	4	a
T ₂	0,60x0,20x0,30m	249 999	4	a
T ₃	0,50x0,30x0,30m	249 999	4	a
T ₁	0,60x0,30x0,30m	222 222	4	a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística.

⁽¹⁾ El tratamiento 5 fue conducido en hileras simples; los demás tratamientos fueron en hileras pares.

Podría inferirse entonces, que en las condiciones del presente experimento, el número de semillas no influyó en el rendimiento de cada uno de los tratamientos en esta variedad.

4.10. Calidad externa del grano

El Cuadro 16 muestra la característica de calidad determinada básicamente por la longitud de los granos y el porcentaje de dicha medida en la cosecha total. La evaluación de la calidad de los granos procedentes de la costa (Lima), indicó que el 90% de los granos tenían un tamaño mayor de 13 mm y diámetro 6,15 mm en promedio.

De las observaciones efectuadas resulta evidente que los granos traídos de la ciudad de Lima presentaron una mayor longitud y diámetro, pues el

porcentaje de granos que tenían longitud mayor de 13 mm en nuestros tratamientos variaron de 63 a 71%, con diámetros de 5,85 a 6,0 mm.

Por otra parte, entre los tratamientos evaluados, los que presentaron mayor porcentaje de granos grandes fueron el T₅ (166 666 plantas ha⁻¹) y T₁ (222 222 plantas ha⁻¹), es decir los tratamientos que llevaron el menor número de plantas por unidad de superficie. Esto significaría, que el incremento de las densidades de siembra, podrían conducir a una reducción de la calidad de grano, lo que es confirmado por los resultados del peso de cien semillas; sin embargo, dado a que no se tuvo en cuenta la ejecución de análisis estadísticos, no se podría llegar a situaciones más concluyentes.

Cuadro 16. Resultados de la calidad externa del grano del frijol.

Tratamiento	Longitud > 13mm (%)	Diámetro ≥ 5,85 (mm)
Grano de Lima	90	6,15
T ₁ (222 222 plantas ha ⁻¹)	70	6,00
T ₂ (249 999 plantas ha ⁻¹)	66	5,85
T ₃ (249 999 plantas ha ⁻¹)	68	5,95
T ₄ (285 714 plantas ha ⁻¹)	63	5,85
T ₅ (166 666 plantas ha ⁻¹)	71	6,05

4.11. Análisis económico

El Cuadro 17, muestra el análisis económico realizado a los tratamientos en estudio; el mencionado cuadro fue confeccionado considerando la venta del grano sin tener en cuenta su calidad comercial. Se observa en dicho cuadro

Cuadro 17. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

Clave	Distancia- miento (cm)	Densidad de población (plantas ha ⁻¹)	Costo de producción (S/.)				Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (S/.)	Utilidad (S/.)	Relación B/C	Índice de rentabilidad
			Mano de obra	Insumos	Trpans- porte	Inversión Total					
T ₁	60X30X30	222 222	1 778	1 830	50,00	3 658,00	1 760,32	4 401	743,00	1,20	0,20
T ₂	60X30X20	249 999	1 793	2 102	50,00	3 945,00	1 547,84	3 870	-75,00	0,98	0,02
T ₃	50X30X30	249 999	1 793	2 102	50,00	3 945,00	1 699,81	4 250	305,00	1,08	0,08
T ₄	50X20X30	285 714	2 003	2 423	50,00	4 476,00	1 531,31	3 828	-648,00	0,86	0,14
T ₅	60X30	166 666	1 643	1 297	50,00	2 990,00	1 566,11	3 915	925,00	1,31	0,31

Utilidad neta = Ingreso bruto – Inversión total
 Relación beneficio/costo = Ingreso bruto / Inversión total
 Índice de rentabilidad = Utilidad / Inversión total
 Precio de 1 kg de frijol 'Red Kidney' = S/. 2,50

que el mayor índice de rentabilidad (0,31) fue obtenido con el tratamiento 5 ó tratamiento testigo debido a los menores costos de producción (fertilizantes, semilla, mano de obra) y a la relativamente poca diferencia en rendimiento alcanzado entre los tratamientos evaluados. Este valor indicaría que por cada nuevo sol de inversión, se obtendría un ingreso de 1,31 Nuevos Soles, es decir, aproximadamente el 30%

El segundo mejor tratamiento en lo que respecta al índice de rentabilidad, correspondió al tratamiento que obtuvo los más altos rendimientos de grano (T_1 , con 222 222 plantas ha^{-1}) con un valor de 1,20 (20% de rentabilidad), debido a los mayores rendimientos alcanzados.

El Cuadro 18 muestra el análisis económico de los tratamientos, cuando los granos fueron clasificados de acuerdo a su calidad comercial, es decir, por tamaño. Se aprecia en el cuadro que al seleccionar los granos y venderlos según su calidad (longitud y diámetro), se obtienen mayores utilidades en los tratamientos T_1 (222 222 plantas ha^{-1}) con S/. 285,10 y T_5 (166 666 plantas ha^{-1}) con S/. 568,20, resultando en pérdidas en los otros tratamientos debido a su menor calidad comercial.

Considerando que los granos calificados como de segunda por su menor longitud y diámetro, también pueden ser comercializados pero a un menor precio, se confeccionó el Cuadro 19 donde se aprecia que adicionando la utilidad obtenida por la venta del grano de segunda a la utilidad obtenida en los granos de primera, se obtiene una utilidad final. De este modo, los tratamientos mencionados líneas arriba, incrementan su utilidad diferencialmente:

Cuadro 18. Análisis de rentabilidad considerando la calidad comercial de primera de los granos

Calidad de semilla comercial				Variables económicas		
Tratamiento	Calidad primera > 13 mm de Longitud (%)	Diámetro (mm) $\geq 5,85$	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto soles (S/.)	Total Inversión (S/.)	Utilidad (S/.)
LIMA	90	6,15				
T ₁	70	6,00	1 232,22	3 943,10	3 658,00	285,10
T ₂	66	5,85	1 021,57	3 269,02	3 945,00	-675,98
T ₃	68	5,95	1 155,87	3 698,78	3 945,00	-246,22
T ₄	63	5,85	964,73	3 087,14	4 476,00	-1388,86
T ₅	71	6,05	1 111,94	3 558,20	2 990,00	568,20

Precio del grano: S/. 3,20 por mayor y S/.3,50 (por menor)

Cuadro 19. Análisis de rentabilidad de los granos de segunda calidad y total

Tratamiento	Calidad Segunda y descarte < 13 mm (%)	Rendimiento Bruto (kg ha ⁻¹)	Rendimiento Calidad 1ra. (kg ha ⁻¹)	Rendimiento Segunda y descarte (kg ha ⁻¹)	Utilidad Calidad segunda (S/.)	Utilidad Calidad primera (S/.)	Utilidad General (S/.)
LIMA	10						
T ₁	30	1 760,32	1 232,22	528,10	792,15	285,10	1 077,25
T ₂	34	1 547,84	1 021,57	526,27	789,41	-675,98	113,43
T ₃	32	1 699,81	1 155,87	583,94	875,91	-246,22	629,69
T ₄	37	1 531,31	964,73	566,58	849,89	-1388,86	-538,97
T ₅	29	1 566,11	1 111,94	454,17	681,26	568,20	1 249,46

Precio de grano de segunda: S/. 1,50 (por mayor)

El tratamiento 5 se incrementó de S/. 568,20 (Cuadro 17) a S/. 1 249,46 (Cuadro 18) mientras que el tratamiento 1, lo hizo de S/. 285,10 (Cuadro 17) a S/. 1 077,00 (Cuadro 18).

El Cuadro 20 nos muestra la relación Beneficio: Costo y el Índice de rentabilidad general cuando se comercializan los granos de primera y segunda calidad, cada uno al precio que le correspondería por su calidad. Se aprecia que con excepción del tratamiento 4 (285 714 plantas ha⁻¹), el de más alta densidad de siembra, los demás tratamientos resultaron con índices de rentabilidad positivos, siendo el tratamiento 5 (166 666 plantas ha⁻¹) con un índice de 0,42 el más rentable, seguido del tratamiento 1 (222 222 plantas ha⁻¹) con 0,29 de índice de rentabilidad.

Cuadro 20. Análisis de rentabilidad global de los tratamientos en estudio

CLAVE	Inversión Total	Ingreso Bruto (S/.)			Utilidad total Primera y Segunda	Relación B/C	Índice de rentabilidad
		Primera	Segunda	Total			
T ₁	3 658	3 943,10	792,15	4 735,25	1 077,00	1,29	0,29
T ₂	3 945	3 269,02	789,41	4 058,43	133,41	1,03	0,03
T ₃	3 945	3 698,78	875,91	4 574,69	629,91	1,24	0,24
T ₄	4 476	3 087,14	849,89	3 937,06	-539,11	0,88	-0,12
T ₅	2 990	3 558,20	681,26	4 239,46	1 249,46	1,42	0,42

Relación beneficio: costo = Utilidad total / Inversión total
Índice de rentabilidad = Utilidad total / Inversión total

V. CONCLUSIONES

1. El distanciamiento que resultó con más alto rendimiento de grano fue el de 60 x 30 x 30 cm en hileras pares (222 222 plantas ha⁻¹), con 1 760,32 kg ha⁻¹.
2. Las características que influenciaron en el rendimiento de grano fueron el número de plantas ha⁻¹ (222 222 plantas ha⁻¹) y el número de vainas por planta (19 vainas planta⁻¹).
3. Los tratamientos con un mayor porcentaje de granos de primera calidad fueron aquellos que tuvieron el menor número de plantas ha⁻¹, es decir el tratamiento 5 (166 666 plantas ha⁻¹) con 71% y el tratamiento 1 (222 222 plantas ha⁻¹) con 70% de granos de primera calidad.
4. Los tratamientos más rentables fueron el tratamiento 5 (166 666 plantas ha⁻¹) y 1 (222 222 plantas ha⁻¹) con índices de rentabilidad de 0,31 y 0,20 cuando los granos no son clasificados y 0,42 y 0,29 cuando son clasificados.
5. La mayor producción de biomasa fue obtenida con los distanciamientos de siembra de 0,50x0,20x0,30 m (285 714 plantas ha⁻¹) y 0,60x0,20x0,30 m (249 999 plantas ha⁻¹), es decir, las mayores densidades de siembra. Los valores alcanzados fueron de 2 050 y 2 000 kg ha⁻¹, respectivamente.
6. La mayor área foliar se obtuvo con el tratamiento testigo (0,60x0,30 m), es decir, la menor densidad de siembra con 166 666 plantas ha⁻¹.

VI. RECOMENDACIONES

- 1. Para la comercialización del frijol variedad 'Red Kidney', es recomendable seleccionar los granos por tamaños, debido a los mejores precios que se podrían conseguir.**
- 2. Proseguir con la siembra al distanciamiento tradicional de 0,60x0,30 m en hileras simples.**
- 3. Utilizar menores niveles de fertilización nitrogenada en próximos trabajos de investigación, con el fin de reducir los costos de producción.**
- 4. La variedad 'Red Kidney' es muy sensible a factores de manejo agronómicos y ambientales, y para su cosecha con éxito, se requiere más atención que otras variedades de frijol.**

VII. RESUMEN

De junio a setiembre del 2007, fue conducido el presente experimento en la localidad de Naranjillo en la provincia de Leoncio Prado, con la finalidad de evaluar el efecto de la densidad de siembra en hileras pares en el rendimiento y calidad de grano del frijol variedad 'Red Kidney', y obtener información sobre el análisis económico. El experimento fue instalado en suelo aluvial reciente de fertilidad media. Los tratamientos incluyeron cuatro densidades de siembra en hileras pares: 0,60x0,30x0,30m (222 222 plantas ha⁻¹) 0,60x0,30x0,20m (249 999 plantas ha⁻¹), 0,50x0,30x0,30m (249 999 plantas ha⁻¹), 0,50x0,30x0,20m (285 714 plantas ha⁻¹), como testigo se utilizó el distanciamiento de 0,60x0,30m en hileras simples (166 666 ha⁻¹).

Los resultados mostraron que el distanciamiento que produjo el mayor rendimiento de grano fue el de 0,60x0,30x0,30m en hileras pares con (222 222 plantas ha⁻¹), con 1 760,32 kg ha⁻¹, mientras que el menor rendimiento (1 531,31 kg ha⁻¹), se obtuvo con el tratamiento que tenía el mayor número de plantas por hectárea (285 714 plantas ha⁻¹), la característica que más influyó en el rendimiento de grano fue el número de plantas ha⁻¹ y el número de vainas por planta mientras que los tratamientos que tuvieron el mayor porcentaje de granos de primera fueron aquellos que tenían 166 666 y 222 222 plantas ha⁻¹, con índice de rentabilidad de 0,42 y 0,29 cuando los granos son clasificados, y 0,31 y 0,20 cuando no son clasificados respectivamente.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ADRIANZEN, R. 1988. Evaluación de la modalidad y densidad de siembra del frijol tipo caraota B.T.A. 445 campaña de verano en La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 88p.
2. ALQUEJALLA, S. 1984. Efecto de densidades de siembra y la fertilización en seis genotipos diferentes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos. Guatemala. 72p.
3. BEINGOLEA, G. 1973. Estimación actualizada de las pérdidas que las plagas ocasionan a la agricultura en el Perú. Boletín de la Sociedad Entomológica del Perú. Vol. 4(1):30-42.
4. BENNET, J.A. 1977. Ped yield component variation and interrelation in *Phaseolus vulgaris* as affected by planting density. Crop Science 67(4):73 – 75.
5. BRUNO, J. A. 1990. Leguminosas de alimentos. Edit. Fraele. S.A. Lima, Perú. 136 p.
6. BOCANEGRA, E.1972. El cultivo de las menestras en el Perú. 3ra. Edic. – Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 44 p.
7. CABRERA, J. 2004. Efecto de seis densidades de siembra en el rendimiento de frijol variedad "Chaucha" en un suelo ácido de Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 25 p.
8. CIAT. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*).2da. Edic. Edit. Fundación WK Kellogg. Cali, Colombia. 135p.

9. CHIAPPE V., L. 1969. Labores culturales, época de siembra y cultivo del frijol, garbanzo y pallar. Boletín técnico N°12. UNA La Molina. Lima, Perú. 146 p.
10. CHIAPPE V., L. 1981. Requerimientos ambientales del frijol. Copias mimeografiadas, UNALM. Lima-Perú. 10p.
11. CHIAPPE V., L. 1994. Leguminosas. Cultivos Alimenticios I. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 117p.
12. CHOY T., O. 1973. Aplicación de elementos menores en el cultivo de la soya. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp.53-54.
13. CUBERO, J. I. 1983. Leguminosas de grano. Madrid, Mundi – Prensa Pp 95 – 106
14. DE LA CRUZ, R. 1979. Características más importantes de los herbicidas recomendados para el control de malezas en el cultivo de soya. In: Palmira-Valle, Nov 26 – Dic.14. Palmira, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. INTSOY – AID. 349.
15. DEL AGUILA P., A. 1997. Determinación del grado de susceptibilidad de cuatro variedades de frijol al ataque de crisomélidos. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 84 p.
16. ECHEGARAY, C. 1976. Influencia de la fertilización NPK sobre el rendimiento, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y proteína totales en el grano verde y seco de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

- cultivar Caraota UA-102. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 102p.
17. LOLLATO, M.A. 1982. Estudio de los efectos de las distancias entre hileras y densidades de siembra en la calidad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Pesquisas Agropecuarias. Brasil. 37p.
 18. MANDUJANO, E.A. 1986. Ensayo comparativo de nueve variedades de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) a dos distanciamientos en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú. 84p.
 19. MONTALVO, A. 1984. Efecto de la Interacción de la frecuencia de riego y densidad de siembra en el cultivo de frijol negro variedad 'Caraota' L.M. 80 (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de grado Magister Scientiae. UNALM. Lima, Perú. 76p.
 20. OHLER, J. G. 1986. El cocotero: árbol de vida. FAO. Boletín de producción y proyección vegetal N° 57. 13p.
 21. ROBLES, M. 1982. Evaluación de 25 cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano de color en siembras de verano-otoño en costa central. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 102p.
 22. SALAS, J. 1994. Comportamiento de 13 genotipos de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) en condiciones de Costa. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 111p.
 23. SALAZAR, M. 1997. Ensayo avanzado de genotipos promisorios de pallar sieva bajo condiciones de Costa Central. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima, Perú. 91p.

24. SELKE, W. 1968. Los abonos. Edit. Academia. León, España 441p.
25. SINGH, J. 1965. Effects of modelling the environmental composition of the snap bean. Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Cali, Colombia. 25: 7 – 44p.
26. TOSSO, Y. 1974. Cuando y como regar un cultivo de frijol. Investigación y progreso agrícola. Chile. 38p.
27. VEGA, C. 2000. Cuatro tipos de soportes y dos densidades de siembra en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad 'Huallaguino' en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 84p.
28. VICENT, J.M. 1975. Manual Práctico de Rhizobiología. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 200p.

IX. ANEXO

Cuadro 21. Resultados originales del rendimiento de grano según tratamientos

Tratamientos	Rendimiento (kg parcela ⁻¹)					Promedio (kg parcela ⁻¹)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 5	
T ₁	1,142	1,139	1,141	1,140	1,140	1,14
T ₂	0,893	0,890	0,892	0,890	0,890	0,89
T ₃	0,981	0,980	0,981	0,982	0,973	0,98
T ₄	0,963	0,964	0,964	0,965	0,966	0,97
T ₅	0,999	1,056	1,056	1,010	1,000	1,01

Cuadro 22. Resultados originales de materia seca expresada en gramos en 10 plantas por parcela.

Tratamientos	Biomasa seca de 10 plantas (g)					Promedio de 10 plantas (g)
	1	2	3	4	5	
T ₁	59,85	77,78	77,85	89,10	89,10	78,75
T ₂	76,80	68,00	90,00	80,80	84,00	79,92
T ₃	56,80	84,00	70,00	66,80	70,00	69,52
T ₄	70,00	61,95	73,15	73,15	80,85	71,82
T ₅	91,80	108,00	111,00	84,00	106,80	100,32

Cuadro 23. Presupuesto para instalar una hectárea de frijol variedad 'Red
Kidney' en Tingo María

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR S/.	PARCIAL S/	TOTAL(S/)
Preparación de terreno					610,00
Alquiler de terreno	Hectárea	1	300	300	
Limpieza del terreno	Jornal	17	15	255	
Quema y shunteo	Jornal	2	15	30	
Delimitación del terreno	Jornal	2	15	30	
Semilla Red Kidney					1 995,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Kilo	100	3,5	350	
T ₂ = 60x20x30 cm	Kilo	120	3,5	420	
T ₃ = 50x30x30 cm	Kilo	120	3,5	420	
T ₄ = 50x20x30 cm	Kilo	170	3,5	595	
T ₅ = 60x30 cm	Kilo	64	3,5	210	
Siembra					765,00
T ₁ = 74 074 golpes x ha ⁻¹	Jornal	10	15	150	
T ₂ = 83 333 golpes x ha ⁻¹	Jornal	10	15	150	
T ₃ = 83 333 golpes x ha ⁻¹	Jornal	10	15	150	
T ₄ = 95 238 golpes x ha ⁻¹	Jornal	12	15	180	
T ₅ = 55 556 golpes x ha ⁻¹	Jornal	9	15	135	
Recalce					150,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Jornal	2	15	30	
T ₂ = 60x20x30 cm	Jornal	2	15	30	
T ₃ = 50x30x30 cm	Jornal	2	15	30	
T ₄ = 50x20x30 cm	Jornal	2	15	30	
T ₅ = 60x30 cm	Jornal	2	15	30	
Desmalezado y aporque					2 010,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Jornal	24	15	360	
T ₂ = 60x20x30 cm	Jornal	28	15	420	
T ₃ = 50x30x30 cm	Jornal	28	15	420	
T ₄ = 50x20x30 cm	Jornal	34	15	510	
T ₅ = 60x30 cm	Jornal	20	15	300	
Fertilización					1 050,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Jornal	14	15	210	
T ₂ = 60x20x30 cm	Jornal	14	15	210	
T ₃ = 50x30x30 cm	Jornal	14	15	210	
T ₄ = 50x20x30 cm	Jornal	14	15	210	
T ₅ = 60x30 cm	Jornal	14	15	210	
Aplicación de pesticidas y Abono foliar	Jornal	7	15	105	105,00
Cosecha					690,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Jornal	6	15	90	
T ₂ = 60x20x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₃ = 50x30x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₄ = 50x20x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₅ = 60x30 cm	Jornal	10	15	150	

Trilla					750,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₂ = 60x20x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₃ = 50x30x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₄ = 50x20x30 cm	Jornal	10	15	150	
T ₅ = 60x30 cm	Jornal	10	15	150	
Transporte					250,00
T ₁ = 60x30x30 cm	Flete	1	50	50	
T ₂ = 60x20x30 cm	Flete	1	50	50	
T ₃ = 50x30x30 cm	Flete	1	50	50	
T ₄ = 50x20x30 cm	Flete	1	50	50	
T ₅ = 60x30 cm	Flete	1	50	50	
Sanidad					204,00
Parachupadera (fungicida)	400 gramos	2	23	46	
Oncol (insecticida y nematesida)	1/4 LITRO	2	24	48	
Adherente	Unidad	2	5	10	
FENQUIL en polvo	Bolsa de 1 kilo	20	5	100	
Insumos para el T₅					853,00
Urea	Sacos de 50 Kg.	6	45	270	
Súper triple	Sacos de 50 Kg.	8	56	448	
Cloruro de potasio	Sacos de 50 Kg.	3	45	135	
Insumos para el T₁					1 246,00
Urea	Sacos de 50 Kg.	10	45	450	
Súper triple	Sacos de 50 Kg.	11	56	616	
Cloruro de potasio	Sacos de 50 Kg.	4	45	180	
Insumos para el T₂					1 448,00
Urea	Sacos de 50 kg.	12	45	540	
Súper triple	Sacos de 50 kg.	13	56	728	
Cloruro de potasio	Sacos de 50 Kg.	4	45	180	
Insumos para el T₃					1 448,00
Urea	Sacos de 50 Kg.	12	45	540	
Súper triple	Sacos de 50 Kg.	13	56	728	
Cloruro de potasio	Sacos de 50 Kg.	4	45	180	
Insumos para el T₄					1 594,00
Urea	Sacos de 50 Kg.	13	45	585	
Súper triple	Sacos de 50 Kg.	14	56	784	
Cloruro de potasio	Sacos de 50 Kg.	5	45	225	
Otros					98,00
Análisis de suelo	Unidad	1	30	30	
Abono foliar	Bolsa de 1 Kg.	2	15	30	
Rafia	Unidad	1	8	8	
Wincha	Unidad	1	30	30	
Costo por tratamiento					
T ₁ = 60x30x30 cm					3 658
T ₂ = 60x20x30 cm					3 945
T ₃ = 50x30x30 cm					3 945
T ₄ = 50x20x30 cm					4 476
T ₅ = 60x30 cm					2 990

Cuadro 24. Otras características evaluadas en el experimento

Clave	Distanciamiento	Densidad población (plantas ha⁻¹)	Días a la floración	Nº de hojas planta	Días a la madurez fisiológica	Dehiscencia (grado)	Días a la madurez de cosecha	Valnas vanas (%)	Tamaño de semilla
T ₁	0,60X0,30X0,30m	222 222	36	61	68	1	92	3,07	grande
T ₂	0,60X0,30X0,20m	249 999	36	54	68	1	92	3,69	grande
T ₃	0,50X0,30X0,30m	249 999	36	53	68	1	92	3,89	grande
T ₄	0,50X0,30X0,20m	285 714	36	49	68	1	92	7,86	grande
T ₅	0,60X0,30m	166 666	36	64	68	1	92	2,54	grande

4.12. Cálculo para hallar el número de golpes ha⁻¹ para cada tratamiento en estudio.

Fórmulas para el número de golpes ha⁻¹:

Para los tratamientos: T₁, T₂, T₃, T₄

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{2S}{a(b+c)}$$

Donde : a = distancia entre golpes
b = distancia entre hileras

Para el testigo (T₅)

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{S}{a \times b}$$

c = distancia entre hileras pares
S = Superficie (10 000 m²).

Cálculo para el tratamiento T₁

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{2(10000 \text{ m}^2)}{0,30\text{m} (0,30\text{m}+0,60\text{m})} = 740\,474 \times 3 \text{ plantas} = 222\,222 \text{ plantas ha}^{-1}$$

Cálculo para el tratamiento T₂

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{2(10000 \text{ m}^2)}{0,30\text{m} (0,20\text{m}+0,60\text{m})} = 833\,333 \times 3 \text{ plantas} = 250\,000 \text{ plantas ha}^{-1}$$

Cálculo para el tratamiento T₃

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{2(10000 \text{ m}^2)}{0,30\text{m} (0,30\text{m}+0,50\text{m})} = 833\,333 \times 3 \text{ plantas} = 250\,000 \text{ plantas ha}^{-1}$$

Cálculo para el tratamiento T₄

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{2(10000 \text{ m}^2)}{0,30\text{m} (0,20\text{m}+0,50\text{m})} = 95\,238 \times 3 \text{ plantas} = 285\,714 \text{ plantas ha}^{-1}$$

Cálculo para el tratamiento T₅

$$\text{N}^\circ \text{ golpes ha}^{-1} = \frac{(10000 \text{ m}^2)}{0,30\text{m} \times 0,60\text{m}} = 555\,555 \times 3 \text{ plantas} = 166\,666 \text{ plantas ha}^{-1}$$

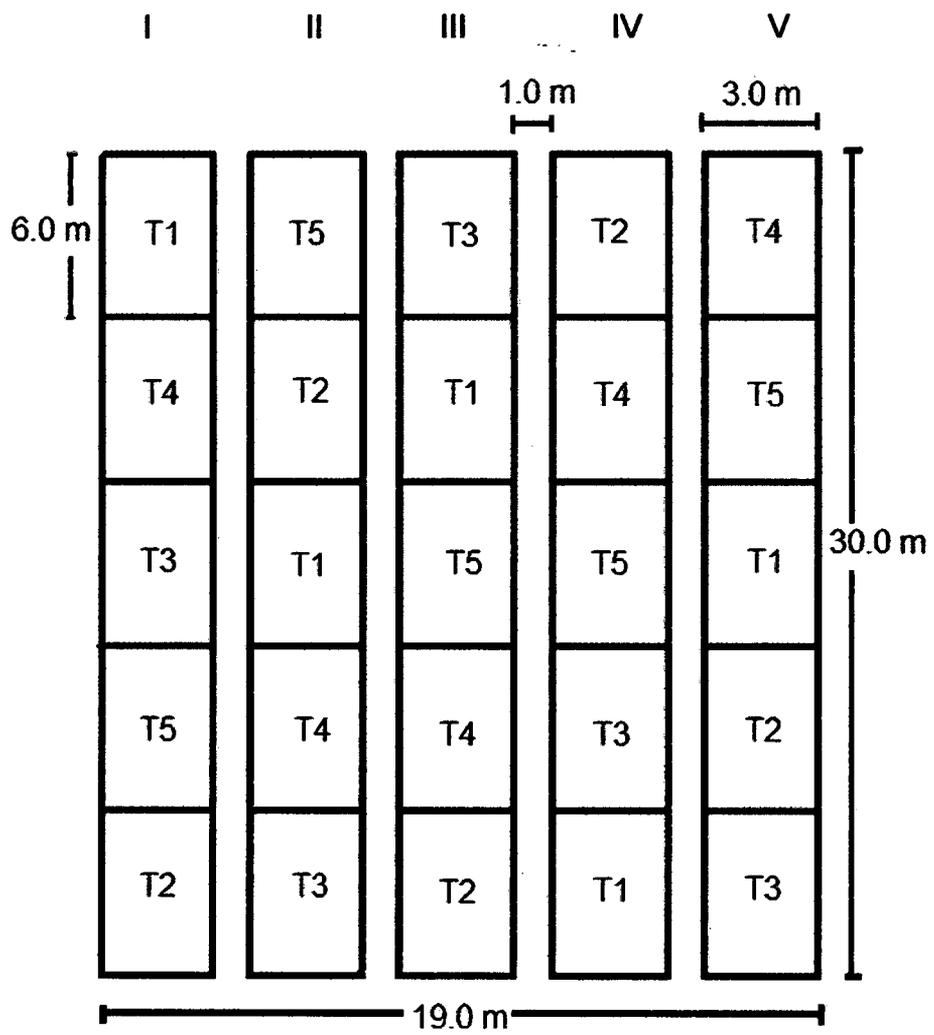


Figura 1. Croquis del campo experimental

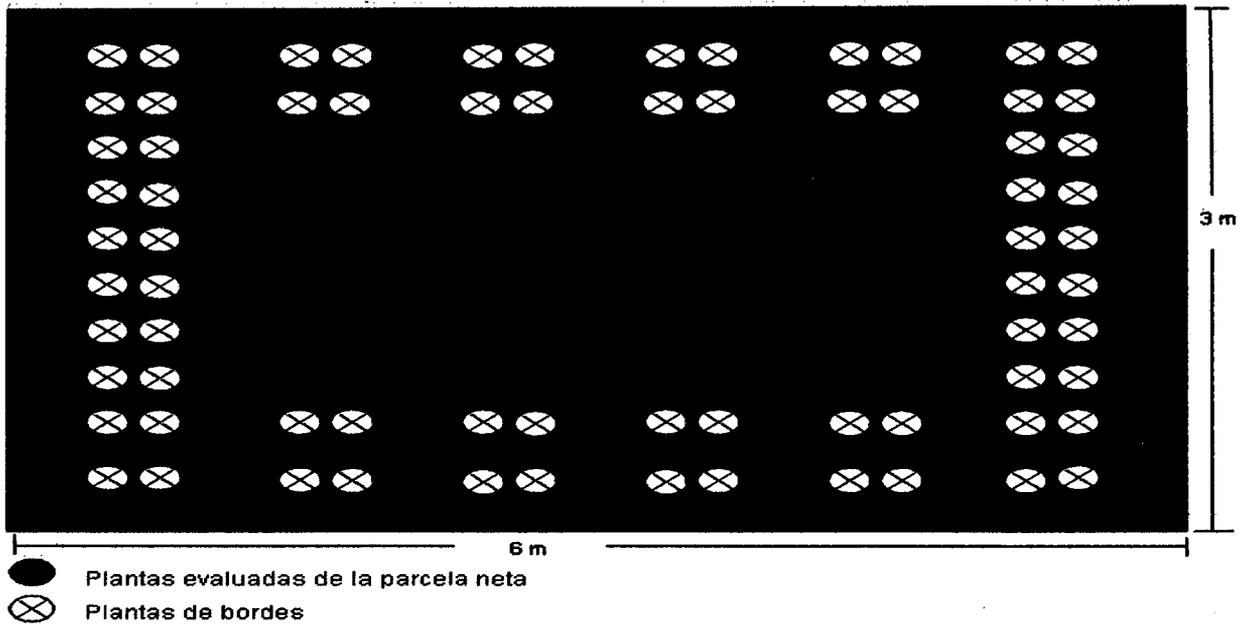


Figura 2. Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30x30 cm en hileras pares (Tratamiento 1)

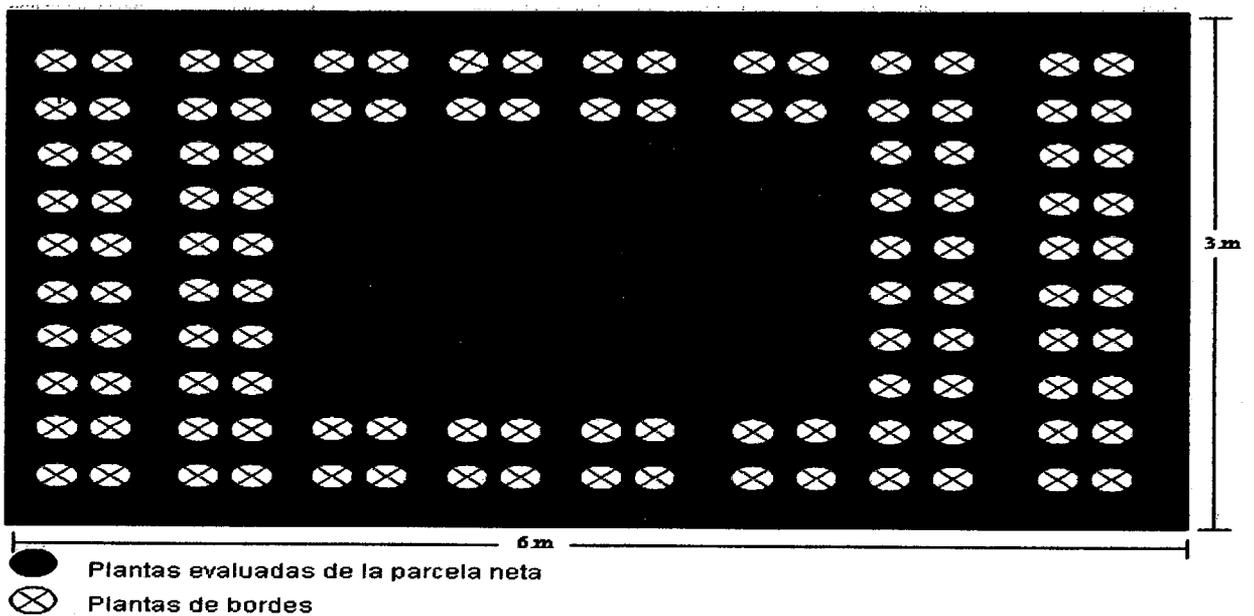


Figura 3. Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30x20 cm en hileras pares (Tratamiento 2)

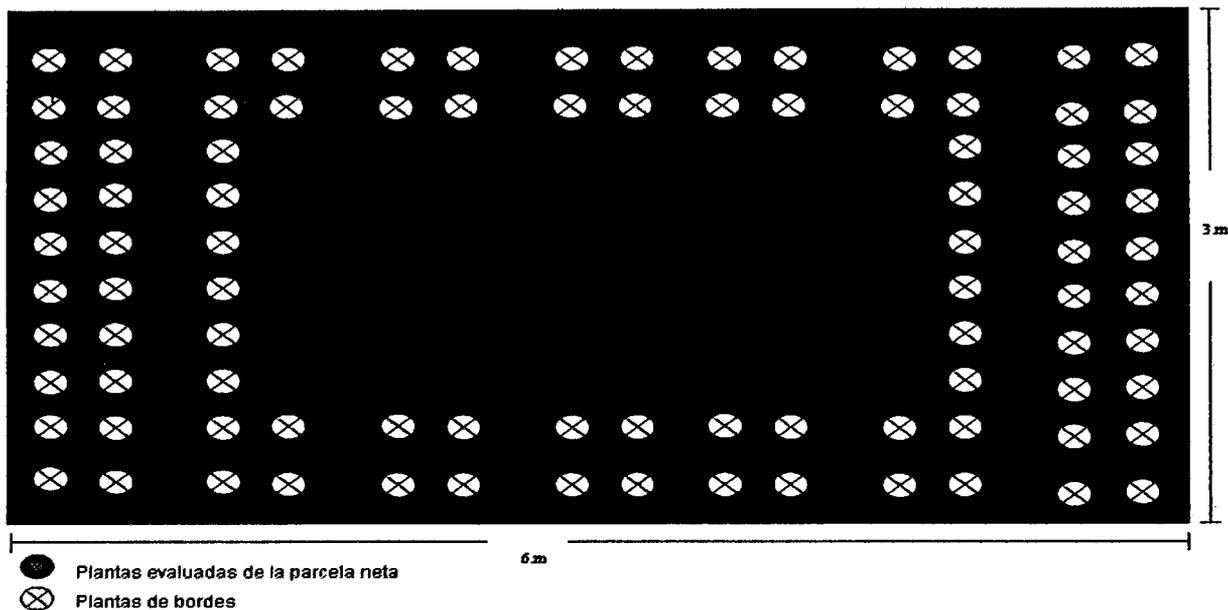


Figura 4. Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 50x30x30 cm en hileras pares (Tratamiento 3)

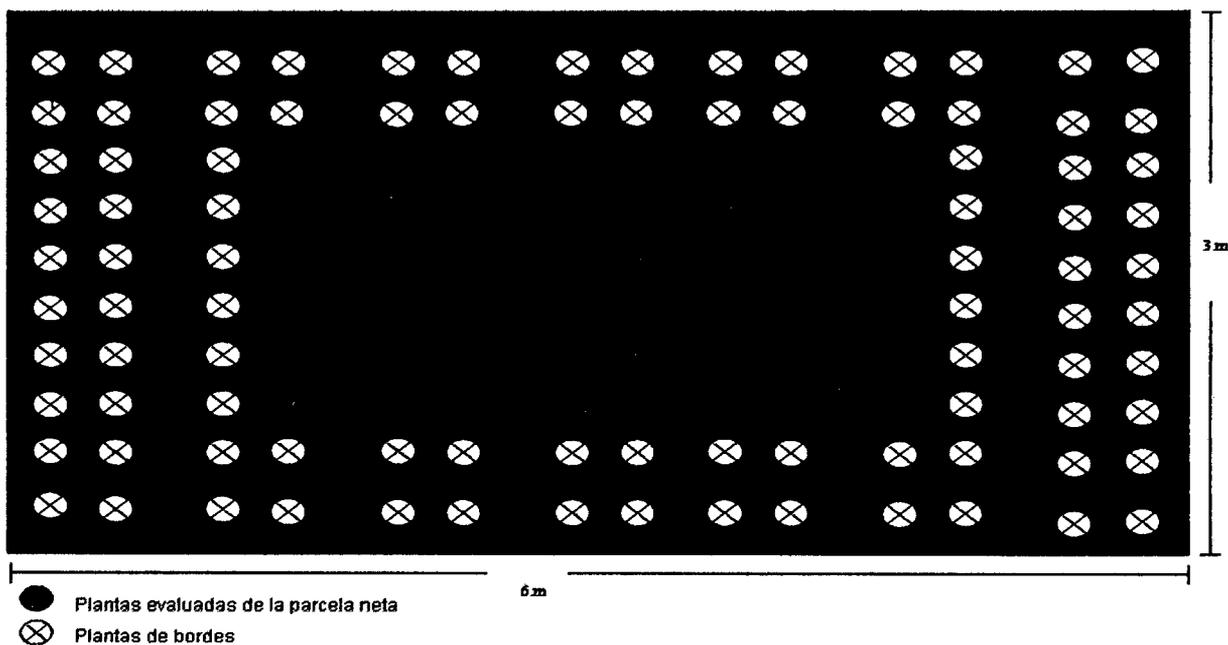


Figura 5. Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 50x20x30 cm en hileras pares (Tratamiento 4)

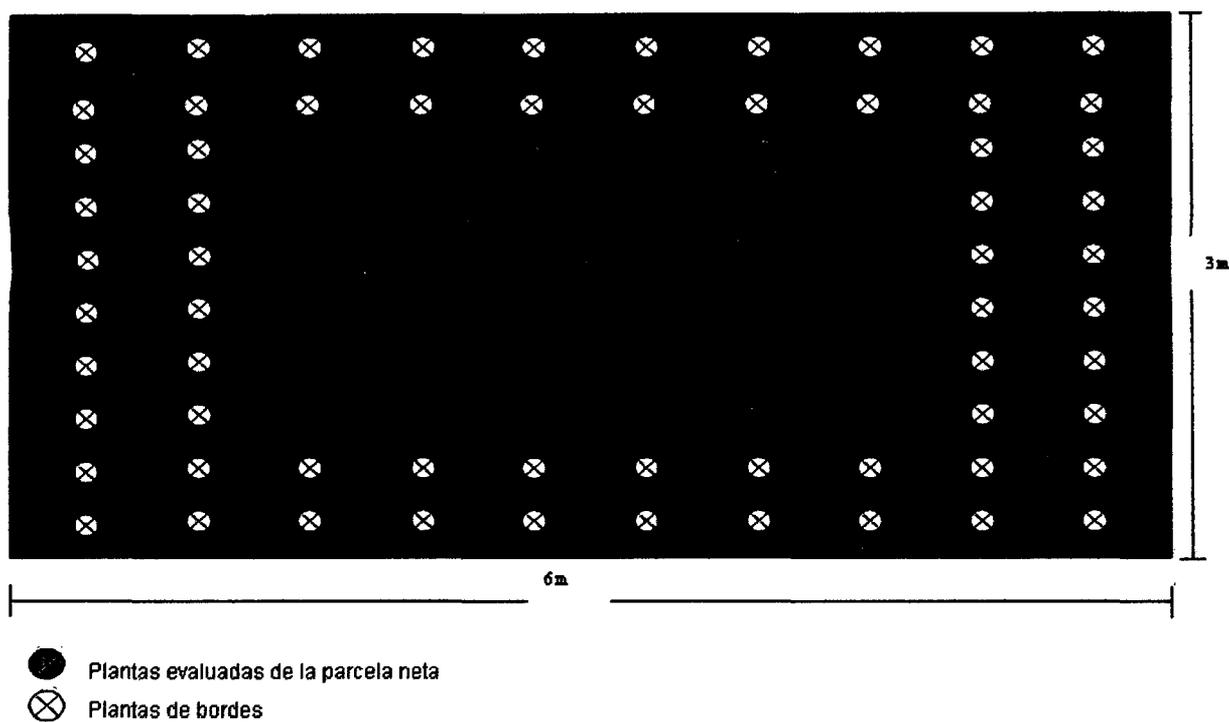


Figura 6. Distribución de las plantas de frijol en la densidad de siembra 60x30 cm en hilera simple (Tratamiento 5)

Fotografías de las diversas fases de crecimiento y desarrollo en el trabajo de investigación del frijol variedad 'Red Kidney'.



Figura 7. Crecimiento en hileras pares



Figura 8. Crecimiento en hileras simples



Figura 9. Aplicación de pesticidas



Figura 10. Inspección a la parcela

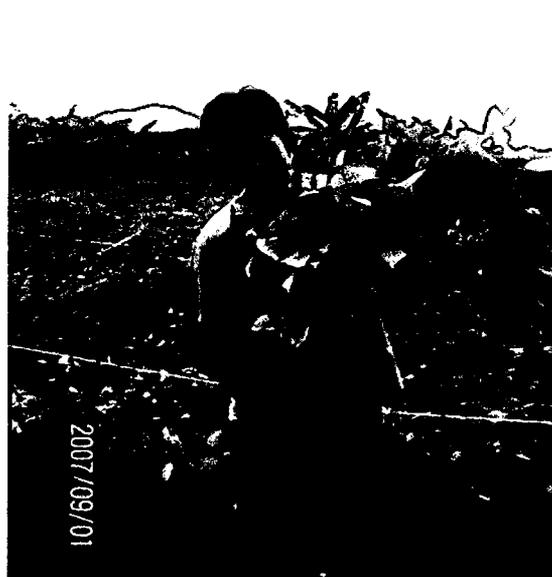


Figura 11. Planta con numerosas hojas

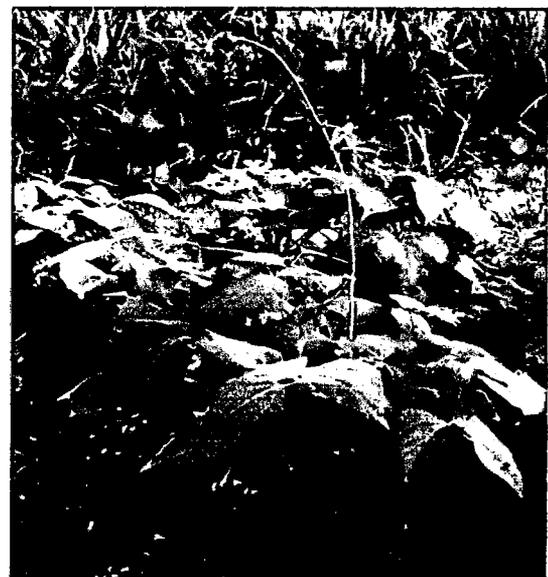


Figura 12. Longitud de tallo

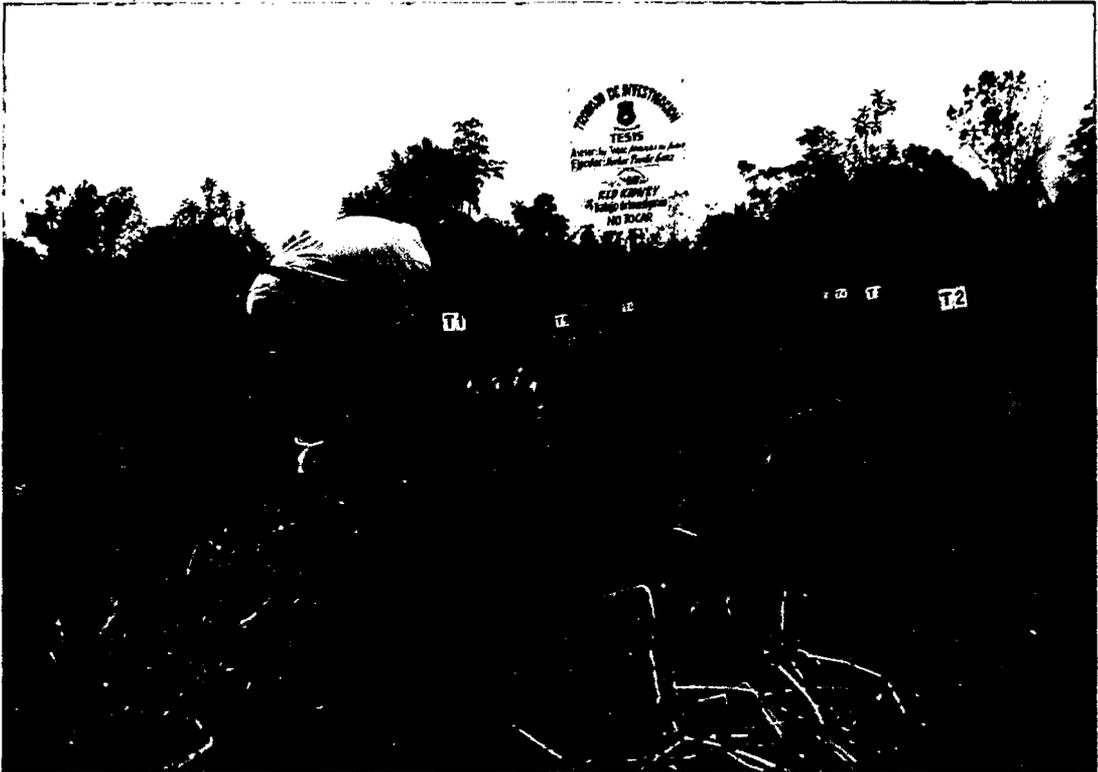


Figura 13. Cosecha selectiva del frijol variedad 'Red Kidney' – Lugar: "Naranjillo"

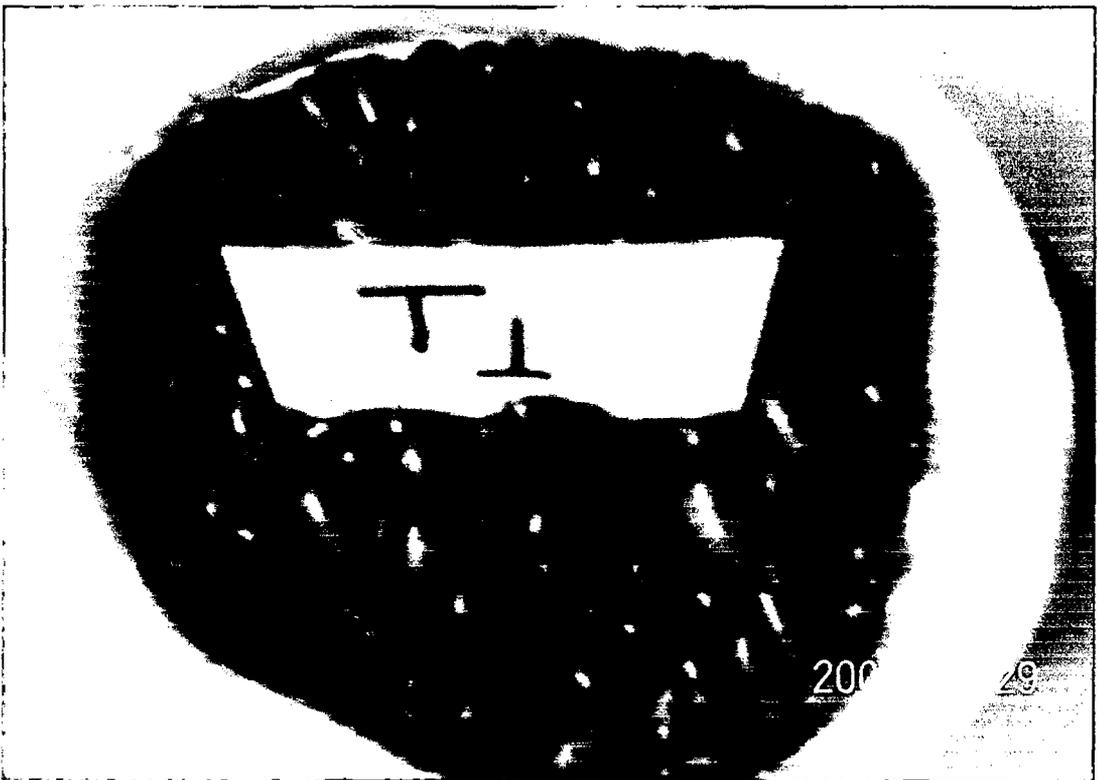


Figura 14. Granos de semilla del frijol variedad 'Red Kidney'