



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Fertilización con biol y completo y su efecto en el
crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común,
El Plantel, Masaya 2017

AUTORES

Br. Juan Francisco Aguirre
Br. Roger Antonio Gutiérrez García

ASESORES

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya
MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Managua, Nicaragua
Mayo, 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Fertilización con biol y completo y su efecto en el
crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común,
El Plantel, Masaya 2017

AUTORES

Br. Juan Francisco Aguirre
Br. Roger Antonio Gutiérrez García

ASESORES

Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya
Ing. Henry Alberto Duarte Canales. M Sc.

Presentado a la consideración del honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Mayo, 2018

CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del ensayo	4
3.2 Diseño Metodológico	4
3.3 Descripción de los tratamientos	5
3.4 INTA Fuerte Sequia	5
3.5 Manejo agronómico	6
3.5.1 Preparación del suelo	6
3.5.2 Siembra	6
3.5.3 Manejo de arvenses	6
3.5.4 Riego	6
3.5.5 Fertilización	7
3.6 Variables	7
3.6.1 Variables de crecimiento	8
3.6.2 Variables de rendimiento	8
3.12 Recolección de datos	9
3.7 Análisis de datos	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1 Variables de crecimiento	11
4.1.1 Altura de planta (cm)	11
4.1.2 Diámetro del tallo (mm)	12
4.1.3 Numero de hojas por planta	13

4.2 Variables de Rendimiento	15
4.2.1 Numero de rama por planta	15
4.2.2 Numero de vaina por planta	16
4.2.3 Número de grano por vaina	17
4.2.4 Rendimiento en (kg.ha ⁻¹)	18
4.3 Análisis económico	19
V. CONCLUSIONES	23
VI. RECOMENDACIONES	24
VII. LITERATURA CITADA	25
VIII. ANEXOS	27

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a ti DIOS padre celestial creador de todo lo existente, por brindarme la vida, sabiduría, inteligencia, entendimiento, fuerza y salud necesaria para lograr culminar exitosamente cada una de mis metas propuestas y ayudarme a mantenerme siempre en pie en los momentos difíciles.

A mis padres Juan Rafael Castro y Dominga Aguirre, por criarme e inculcarme el camino de Dios, el respeto, dignidad, honradez, trabajo y por su apoyo brindado en todos los aspectos y ser motivo de inspiración para ser mejor cada día. A mi hijo y a mi esposa por apoyarme en todos los momentos.

No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia. “Isaías 41:10”

Juan Francisco Aguirre

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, por permitirme vivir, ser guía en mi camino y darme la sabiduría y fuerzas para poder concluir con éxito esta meta, y el quien me seguirá guiando durante todo el transcurso de esta vida.

A mis padres: Sofía del Carmen García Gutiérrez y Roger Antonio Gutiérrez Parrales, por ser mis fuentes de superación, ellos fueron, son y serán parte de mi inspiración para seguir adelante y porque con la ayuda de ellos, pude concluir mis estudios universitarios.

A mis abuelos: Jesús del Carmen Gutiérrez y Santos Simón García, que estuvieron presente en todo momento apoyándome y aconsejándome, en momentos que sentí flaquear y que gracias a ustedes logre alcanzar mi meta que es un triunfo más de ustedes que mío.

A mis hermanas, familiares y amigos que siempre me daban consejos para salir adelante en las circunstancias más difíciles de mi vida.

Roger Antonio Gutiérrez García

AGRADECIMIENTOS

Gracia señor Jesucristo por darnos la vida, salud, sabiduría e insistencia en nuestra vida diaria y en nuestra formación profesional y por Habernos ayudado a culminar con éxito nuestra carrera. A nuestros padres y hermanos(a) por habernos brindado su apoyo económico, moral y sus consejos, ya que estos aspectos fueron fundamentales para lograr a cumplir nuestras metas.

A nuestros asesores Ing. Norland Antonio Méndez Zelaya, Ing. M Sc Henry Alberto Duarte Canales, por darnos siempre animo en los momentos de cansancio en el experimento planteado y en la elaboración de nuestra Tesis.

Gracias por el apoyo económico que nos brindó la Organización de Desarrollo de los Países Bajos (SNV) quien a través de su Programa Biogás Nicaragua financió el 50% de nuestra investigación.

Muchas gracias a la Universidad Nacional Agraria, y a todos los integrantes que hacen posible nuestra formación profesional.

A todos los docentes que estuvieron en el transcurso de la formación de nuestra carrera en la Facultad de Agronomía (FAGRO) por habernos apoyado y brindado toda una serie de conocimiento que serán de una gran ayuda en el desempeño de nuestra carrera profesional.

A nuestros amigos por brindarnos la confianza e impulsarnos a lograr nuestros propósitos.

*Juan Francisco Aguirre
Roger Antonio Gutiérrez García*

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Descripción de los cuatro tratamientos, para el cultivo de frijol El Plantel, Masaya, 2017	5
2. Dosis momentos y métodos de aplicación de los fertilizantes, El Plantel, Masaya 2017	7
3. Características Químicas del biol utilizado en el estudio	7
4. Presupuesto parcial de los tratamientos, finca El Plantel, Masaya 2017	20
5. Análisis de dominancia, finca El Plantel Masaya 2017	21
6. Análisis marginal realizado a los 4 tratamientos no dominados, finca El Plantel Masaya 2017	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de la finca experimental El Plantel, Masaya	4
2. Altura de planta (cm) por efecto de la fertilización con biol y completo, El Plantel, Masaya 2017.	11
3. Diámetro del tallo (mm) por efecto de la fertilización, El Plantel, Masaya 2017	12
4. Número de hojas por planta por efecto del biol y fertilizantes sintético, El Plantel, Masaya 2017	14
5. Número de ramas por planta en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017	15
6. Número de vaina por planta en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017	16
7. Número de granos por vaina en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017	17
8. Rendimiento en (kg ha ⁻¹) en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017	18

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Plano de campo El plantel, Masaya 2017	28
2. Preparación del suelo en finca El Plantel, Masaya 2017	29
3. Piletas almacenadoras de Biol en fincas ganaderas de Boaco	29
4. Transporte de Biol de Fincas ganaderas de Boaco hacia la finca El Plantel, Masaya 2017	29
5. Instalación del sistema de riego por goteo en finca El Plantel, Masaya 2017	29
6. Desarrollo del cultivo de frijol en finca El Plantel, Masaya 2017	30
7. Transporte del cultivo de frijol, finca El plantel Masaya 2017	30
8. Secado del frijol en bodega en Finca El Plantel, Masaya 2017	30
9. Aporreado del cultivo del frijol en finca El Plantel, Masaya 2017	30
8. Cálculo de Lámina de riego aplicada al cultivo de Frijol	31

RESUMEN

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércol de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno (Anaeróticamente). Por otro lado, el frijol es una leguminosa cuyo grano es una fuente de alimentación proteica y es de mucha importancia debido a su demanda nacional e internacional, para el ciclo 2015-2016 se produjeron de 3.2 millones de quintales de los cuales el consumieron y exportaron 2.1 y 0.99 respectivamente. El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar tres dosis de Biol en el cultivo de frijol común variedad INTA Fuerte Sequía. El estudio se realizó en la finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria ubicada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa-Masaya. Se utilizó un Diseño de Bloques Completo al Azar (B.C.A) en unifactorial, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El área experimental fue de 1 032 m² (86 m * 12m), los tratamientos se describen a continuación; T₁ (7 120 l ha⁻¹), T₂ (9 960 l ha⁻¹), T₃ (12 800 l ha⁻¹) y T₄ completo (130 kg ha⁻¹ de 12-30-10). El análisis estadístico mostró diferencia significativa en las variables de crecimiento y en algunas de rendimiento al separar las medias por TUKEY ($\alpha = 95 \%$), el tratamiento T₄ completo (130 kg ha⁻¹ de 12-30-10), domino en todas las variables de crecimiento, el tratamiento T₃ 12 800 l ha⁻¹ domino en las variables número de rama por planta (2.65) y número de vaina por planta (13.9), el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ presentó el mayor rendimiento con 529.48 kg ha⁻¹ sin mostrar diferencias estadísticas este último. Mediante el análisis de presupuesto parcial el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ obtuvo los mejores beneficios netos, seguido por el tratamiento T₄ completo (130 kg ha⁻¹ de 12-30-10) con 11 072.54 y 10 742.16 respectivamente.

Palabras clave: biodigestor, biofertilizante, frijol común, crecimiento y rendimiento.

ABSTRACT

Biol is a liquid organic fertilizer that originates from the decomposition of organic materials, such as animal manures, green plants, fruits, among others, in the absence of oxygen (Anaerobically). On the other hand, the bean is a legume whose grain is a source of protein and is very important due to its national and international demand, for the 2015-2016 cycle produced 3.2 million quintals of which consumed and exported 2.1 and 0.99 respectively. The objective of the research work was to evaluate three doses of Biol in the common bean crop variety INTA Fuerte Sequía. The study was carried out on the El Plantel farm owned by the National Agrarian University located at kilometer 30 of the Tipitapa-Masaya highway. A Randomized Complete Block Design (B.C.A) was used in unifactorial, with four treatments and four repetitions. The experimental area was 1 032 m² (86 m * 12m), the treatments are described below; T₁ (7 120 l ha⁻¹), T₂ (9 960 l ha⁻¹), T₃ (12 800 l ha⁻¹) and T₄ complete (130 kg ha⁻¹ of 12-30-10). The statistical analysis showed a significant difference in the growth variables and in some performance when separating the means by TUKEY ($\alpha = 95\%$), the complete treatment T₄ complete (130 kg ha⁻¹ of 12-30-10), dominated in all the growth variables, the T₃ 12 800 l ha⁻¹ treatment dominated in the variables branch number per plant (2.65) and pod number per plant (13.9), the biol 7 120 l ha⁻¹ treatment presented the highest yield with 529.48 kg ha⁻¹ without showing statistical differences the latter. By means of the partial budget analysis, the T₁ 7 120 l ha⁻¹ treatment obtained the best net benefits, followed by the T₄ complete treatment (130 kg ha⁻¹ of 12-30-10) with 11 072.54 and 10 742.16 respectively.

Keywords: Biodigestor, Biofertilizer, common bean, growth and yield

I. INTRODUCCIÓN

El biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércol de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno (Anaeróbicamente). Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. (Ribera, 2011) Dentro de los abonos orgánicos se destaca el biol, excelente abono orgánico, utilizado especialmente para los cultivos de papa, trigo, hortalizas, frutales, maíz y frijol.

El frijol es una leguminosa cuyo grano es fuente de alimentación proteica; la producción en Nicaragua se caracteriza por ser una actividad de pequeños productores en diferentes zonas del país. El grano se ha cultivado históricamente en función de la dieta alimenticia básica del nicaragüense, constituida por maíz, frijol y arroz. Otros países centroamericanos también son consumidores de fríjol, particularmente Costa Rica y El Salvador, en la medida en que la actividad agrícola en estos países ha disminuido, la necesidad de exportar frijoles ha ido en aumento; de ahí la importancia reciente del producto en las exportaciones del país (Mena, 2009).

El área sembrada de frijol en Nicaragua en el año 2012 fue de 276,824.24 hectáreas, con una producción total de 245, 330, 010 kg con rendimientos de 886.23 kg ha⁻¹ (MAGFOR, 2012). Este rubro es producido en un 95% por agricultores que utilizan bajas tecnología y carecen de apoyo financiero para el cultivo de frijol, (INTA, 2010).

En el 2015-2016 se cosecharon 314 696 manzanas, para una producción de 3 200 000 quintales de los cuales el consumo calculado fue de 2.1 millón de quintales y se exportaron 992 829.4 quintales de frijol rojo, en el ciclo 2016/2017 se sembraron en condiciones de buen invierno 400 mil manzanas con una producción de 4.4 millones de quintales, con rendimientos promedios de 11 quintales por manzanas. Se proyecta un consumo de 2.2 millones de quintales y un volumen exportado de 1 277 608.3 quintales (PPCC, 2016).

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la fertilización con biol y sintética (completo) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol. Se utilizó la fertilización con biol ya que es un fertilizante que poco se ha estudiado en Nicaragua y que presenta en su concentración química altos contenidos en macro y micro nutrientes, además de poseer un alto contenido de materia orgánica y un pH neutro lo que favorece la interacción de microorganismos benéficos en el suelo, en las fincas ganaderas el grado de contaminación es grave debido al mal manejo que se implementa al estiércol, cuando se produce biol al estiércol se le da un manejo adecuado ayudando a disminuir el grado de contaminación al ambiente y aportando nutrientes a las plantas. Se seleccionó el cultivo de frijol por considerarse alimento imprescindible en la dieta diaria de los nicaragüenses que sólo es superado en consumo por el maíz y arroz.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del biol en el crecimiento y rendimiento de frijol común

2.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de tres dosis de Biol en las variables altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas por planta, número de rama por planta, número de vaina por planta, número de grano por vaina y rendimiento del grano.

Determinar la factibilidad económica de las aplicaciones de la fertilización con biol y fertilización sintética.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo

Este ensayo se realizó en los meses de mayo a agosto del año 2017 en la finca experimental El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria ubicada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa – Masaya, municipio de Nindirí, Masaya en las coordenadas $12^{\circ} 06' 57''$ de latitud Norte y $86^{\circ} 05' 10''$ de longitud Oeste.



Figura 1. Ubicación de la finca experimental El Plantel, Masaya

3.2 Diseño Metodológico

Se utilizó un diseño de Bloques Completo al Azar (BCA) en arreglo unifactorial, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El área experimental fue de $1\ 032\ m^2$ ($86\ m * 12\ m$), dentro de esta superficie se establecieron cuatro bloques con un área de $240\ m^2$ ($20\ m * 12\ m$) ubicándose en cada bloque cuatro tratamientos dispuestos al azar. Con una Unidad experimental (parcela) de $60\ m^2$ ($15\ m * 4\ m$) y una parcela útil de $20\ m^2$ ($10\ m * 2\ m$).

3.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en tres dosis de Biol, proveniente de dos fincas ganaderas ubicadas en el departamento de Boaco, y un testigo con fertilización química de fórmula 12-30-10.

Cuadro 1. Descripción de los cuatro tratamientos, para el cultivo de frijol El Plantel, Masaya 2017

Tratamiento	Dosis
T ₁	7 120 l ha ⁻¹
T ₂	9 960 l ha ⁻¹)
T ₃	12 800 l ha ⁻¹
T ₄ Completo (12-30-10)	130 kg ha ⁻¹

3.4 INTA Fuerte Sequía

Es una variedad tolerante a sequía, buena producción con precipitaciones 100-200 mm de agua durante el ciclo. Presenta un color de grano retinto y es aceptado por los consumidores y comerciantes por sus buenas características culinarias.

Presenta característica de cuatro a seis granos por vaina y de 13 a 18 vainas por planta. El grano es de color oscuro brillante con días a floración 33-34, la maduración fisiológica ocurre entre los 63-65 días y se cosecha entre los 72-75 días. El peso de 100 semilla es de 23-25 gramos y presenta un potencial de rendimiento entre 1 272 – 1 590 kg ha⁻¹, (20-25 qq mz⁻¹). Es resistente a mosaico común y mosaico dorado y es recomendable en las zonas secas de todo el país.

3.5 Manejo agronómico

El uso de semilla de buena calidad es muy importante en el cultivo de frijol. Las siembras con buena semilla aumentan las posibilidades de obtener un buen rendimiento en la cosecha. Las labores de manejo se realizaron igual en toda la unidad experimental.

3.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó en la segunda semana de mayo y consistió en chapida, arado, dos pases de arado, dos pases de grada y el surcado.

3.5.2 Siembra

Se realizó el 13 de mayo de forma manual a chorrillo. El espacio entre surcos fue de 50 cm, posteriormente se realizó un raleo dejando 12 plantas por metro lineal para obtener una densidad poblacional de 240 000 plantas por hectárea.

3.5.3 Manejo de arvenses

El manejo de arvenses se realizó de manera mecánica utilizando azadones y machetes, a los 13, 27, 40 y 50 días después de la siembra (dds).

3.5.4 Riego

El sistema usado fue riego por goteo complementario ya que el estudio fue iniciado en época seca, por tanto, el riego no fue un factor totalmente suplementario, sino que complementó el efecto del déficit hídrico. Las láminas aplicadas fueron: lámina bruta (Lb) 5.56 mm día⁻¹, lamina neta (Ln) 5 mm día⁻¹, necesidad bruta del cultivo (Nb) 0.2224 l planta⁻¹ día⁻¹, con respecto al tiempo de riego (Tr) fue de 0.297 h pta⁻¹ día⁻¹. El Caudal total de aplicación (Qt) fue de 57.37 m³.

3.5.5 Fertilización

La fertilización se realizó con biol y fertilizante sintéticos (testigo); las dosis, fechas de aplicación y forma de aplicación se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Dosis momentos y métodos de aplicación de los fertilizantes, El Plantel, Masaya 2017

Tratamientos	Dosis	Fechas de aplicación/porcentaje/forma de aplicación			
		21 dds 10% foliar	22 dds 40 % al suelo	29 dds 10% foliar	41 dds 40% suelo
T ₁	7 120 l ha ⁻¹	712	2 848	712	2 848
T ₂	9 960 l ha ⁻¹	996	3 984	996	3 984
T ₃	12 800 l ha ⁻¹	1280	5120	1 280	5 120
T ₄	Completo 130 kg ha ⁻¹	Se aplicó al momento de la siembra			

Nomenclaturas: kg ha⁻¹ (kilogramo por hectárea), dds (días después de la siembra)

Cuadro 3. Características químicas del biol utilizado en el estudio

Identificación	pH	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	CE
Oswaldo Rocha F.1	7.11	6.61	1.38	0.05	2.38	16.04	11.53	40.88	6.82	33.50	2.80	62.30
Evert F. 2	7.16	9.94	2.14	0.30	3.84	17.1	13.07	20.15	4.08	39.90	12.63	60.30
Promedio	7.14	8.28	1.76	0.18	3.11	16.57	12.30	30.52	5.45	36.70	7.72	61.30

Nomeclatura: Oswaldo Rocha F.1 (propietario de finca 1 ubicada en Boaco productora de biol), Evert F. 2 (propietario de finca 2 ubicada en Boaco productora de biol).

3.6 Variables

Las variables de crecimiento altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas por planta se midieron a los 39 dds y las variables de rendimientos como número de rama por planta, número de vaina por planta, número de grano por vaina se midieron a los 70 dds, peso de 1000 semilla y rendimiento de granos (kg ha⁻¹) se midieron a los 97 dds.

Para el registro de datos se seleccionaron al azar 12 plantas de cada parcela útil y estas fueron señaladas con una cinta de color azul.

3.6.1 Variables de crecimiento

Desde la siembra hasta la cosecha, la planta de frijol pasa por varias etapas de desarrollo; la rapidez con que pasa de una etapa a otra es variable dependiendo principalmente de la temperatura y del genotipo.

Altura de la planta (cm)

Se midió desde la superficie del suelo hasta el final de las hojas superiores en su hábito natural. En la medición se utilizó una cinta métrica.

Diámetro del tallo (mm)

La medición se realizó con vernier, midiendo el grosor del tallo a una altura de cinco centímetros de la superficie del suelo.

Número de hojas por plantas

Se contabilizaron las hojas sanas en plantas seleccionadas.

3.6.2 Variables de rendimiento

Las mediciones se hicieron en la fase próxima a la cosecha, se contaron las ramas por planta y en el momento de la cosecha se evaluaron de manera azarizada 12 plantas por parcela para determinar el número de vaina por planta y el número de grano por vaina. Las variables rendimiento de grano en (kg ha^{-1}) se realizó en la etapa de postcosecha.

Número de vainas por planta

Se seleccionaron 12 plantas al azar de la parcela, a las cuales se le determinó el número de vaina por planta, para posterior obtener el promedio de las 12 plantas.

Número de granos por vaina

Se contabilizaron las vainas por plantas, a las cuales se les determinó el número de grano por vaina. Posteriormente se promedió el número de grano por el total de cada vaina

Peso de 1 000 granos (g)

Se calculó la producción de grano obtenido de la parcela, se tomaron muestras para el peso de 1 000 granos y se utilizó el Dolé para calcular la humedad que presentaban las semillas.

Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

El rendimiento fue medido considerando la cantidad de grano por parcela útil. Aguirre y Peske (1988) expresaron que la producción de granos de cada parcela útil es pesada y ajustada a un 14% de humedad mediante la ecuación siguiente.

$$\text{Ecuación} \quad P_f = \frac{P_i (100 - H_i)}{(100 - H_f)}$$

Dónde:

P_f: Peso final de la semilla en (g)

P_i: Peso inicial en (g)

H_i: Contenido de humedad inicial de la semilla en (%)

H_f: contenido de humedad final de la semilla (%)

Una vez ajustado al 14% de humedad el rendimiento fue expresado en kg ha⁻¹.

3.7 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron ordenados en bases de datos, utilizando los programas Word, Excel, luego fueron procesados estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de rangos múltiples de TUKEY al 95% de confiabilidad utilizando el Software estadístico Infostat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de crecimiento

Cada etapa de crecimiento está asociada con cambios en tamaño, morfología, composición química, composición hormonal en la planta, los cuales pueden influir en forma distinta en respuesta a factores ambientales, enfermedades, sequías, fertilización y difieren según la etapa de desarrollo en el cultivo.

4.1.1 Altura de planta (cm)

Según el INTA (2013), la variedad INTA Fuerte Sequía presenta un crecimiento arbustivo indeterminado con guías medianas con la capacidad de trepar alturas entre 70 y 80 cm.

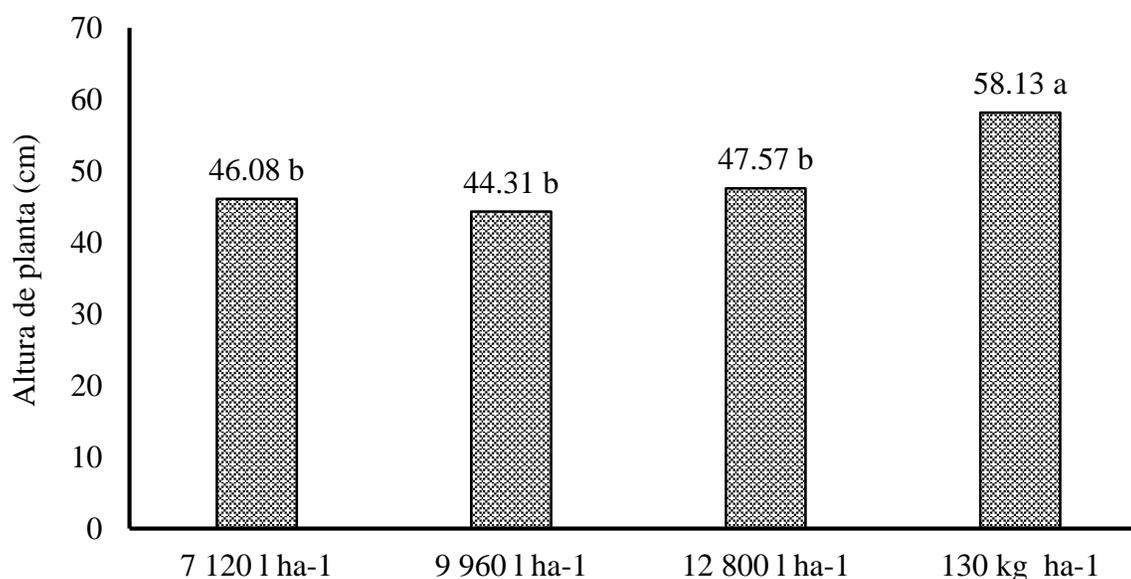


Figura 2. Altura de planta (cm) por efecto de la fertilización con biol y completo, El Plantel, Masaya 2017.

En la figura 2 se puede apreciar que la aplicación del fertilizante completo 12-30-10 supera estadísticamente a las aplicaciones de biol.

Los resultados obtenidos en este estudio, fueron mayores a los obtenidos por Fornos y Meza (2001) quienes obtuvieron altura promedio de 22.25 cm, al estudiar el frijol con fertilización orgánica utilizando gallinaza.

Bermúdez, *et al.*, (2011), en su estudio donde evalúan un biofertilizante obtuvieron que a mayores dosis que se aplican, las plantas presentan mejores respuestas en cuanto a la altura.

Es probable que la diferencia se debe al porcentaje de elementos que se le incorpora a la planta y que los elementos contenidos en el completo 12-30-10 se solubilizan rápidamente teniéndose disponible para las plantas.

4.1.2 Diámetro del tallo (mm)

Las plantas de frijol poseen un tallo principal, el cual dependiendo del cultivar puede presentar un hábito de crecimiento erecto, semi postrado o postrado (González *et al.*; 2013).

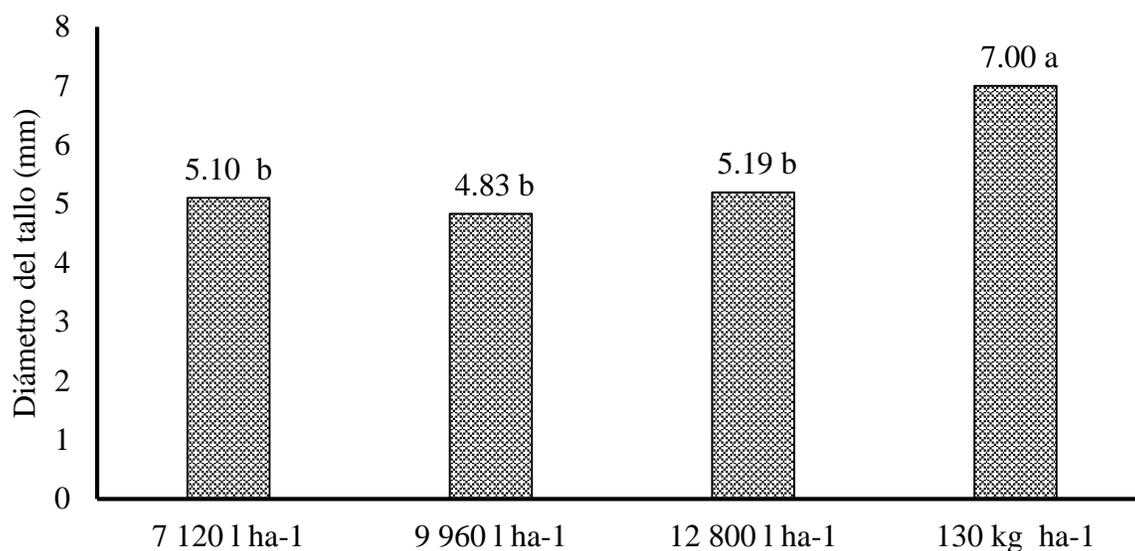


Figura 3. Diámetro del tallo (mm) por efecto de la fertilización, El Plantel, Masaya 2017

En la figura 3 se presenta el efecto de los fertilizantes sobre el diámetro de tallo, detallándose que el fertilizante completo 12 -30 -10 ejerce mayor influencia sobre esta variable.

Bermúdez, *et al.*, (2011), plantea que el tallo es una parte de las plantas que proporciona soporte y sostén, además que es una de las estructuras encargadas del transporte de la savia bruta y elaborada a los distintos órganos de la planta por medio de los tejidos vasculares.

En este caso se refleja que el fertilizante completo 12-30-10 se encarga de estimular el crecimiento de la planta de frijol y por lo tanto el diámetro del tallo, esto se debe al efecto que realizan los elementos que contiene, y su solubilización es más rápida y así los son asimilable por la planta.

4.1.3 Número de hojas por planta

Las hojas de la planta de frijol las constituyen los cotiledones, estos proporcionan las sustancias de reserva en la germinación y emergencia. Después de cumplir su misión, caen a la semana de germinada la semilla (INTA, 2009).

Las hojas primarias son las primeras hojas verdaderas, forman el segundo par de hojas, son simple y opuestas. A partir del tercer nudo se empiezan a desarrollar las hojas compuestas, estas son alternas. Están formados por folíolos, peciolo y raquis (*González et al.*, 2013).

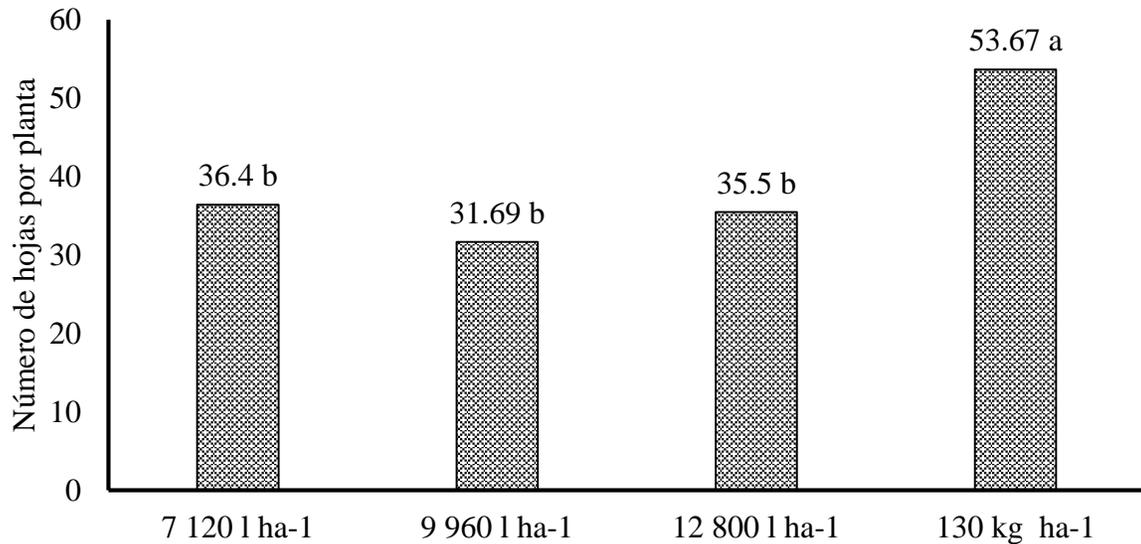


Figura 4. Número de hojas por planta por efecto del biol y fertilizantes sintético, El Plantel, Masaya 2017

En la figura 4 se observa el efecto de los fertilizantes sobre el número de hojas por planta siendo el fertilizante completo 12 – 30 – 10 quién presenta un efecto significativo al superar a las aplicaciones de Biol.

Las hojas son órganos verdes que salen del tallo y que ejecutan importantes funciones en la vida del vegetal, por ejemplo, la fotosíntesis que está destinada a la elaboración de materia orgánica y la transpiración, destinada a eliminar el exceso de agua.

En condiciones normales hay suficiente cantidad de clorofila que a algunas plantas se le puede quitar hasta el 25% de las hojas sin que ello cause perjuicio, sin embargo, la deficiencia de algunos minerales en el suelo pueden ocasionar una disminución peligrosa en la cantidad de clorofila como en el caso del hierro y el magnesio (Fuentes, 1994).

Esta diferencia se debe al grado de absorción de nutrientes que están disponibles para ser asimilados por las plantas, llegando a las zonas de crecimiento y así mismo por las estructuras vegetativas donde se empieza a distinguir claramente como hojas, tallos y ramas.

4.2 Variables de rendimiento

4.2.1 Número de ramas por planta

Las plantas de frijol poseen un número variables de rama las cuales presentan un menor diámetro que el tallo principal, las ramas primarias que comienzan habitualmente a desarrollarse cuando las plantas presentan entre tres y cuatro nudos en el tallo principal, son importante en la producción de vaina (*González et al.*, 2013).

El número de rama por planta es propio de cada variedad, aunque el número de ramificaciones, no necesariamente está asociado a un alto rendimiento. Las ramas son una variable en el cultivo de frijol común, y de su cantidad por planta, se espera un número mayor o menos de vaina y por ende de granos y que será reflejado en el rendimiento alcanzado (MIDINRA, 1986).

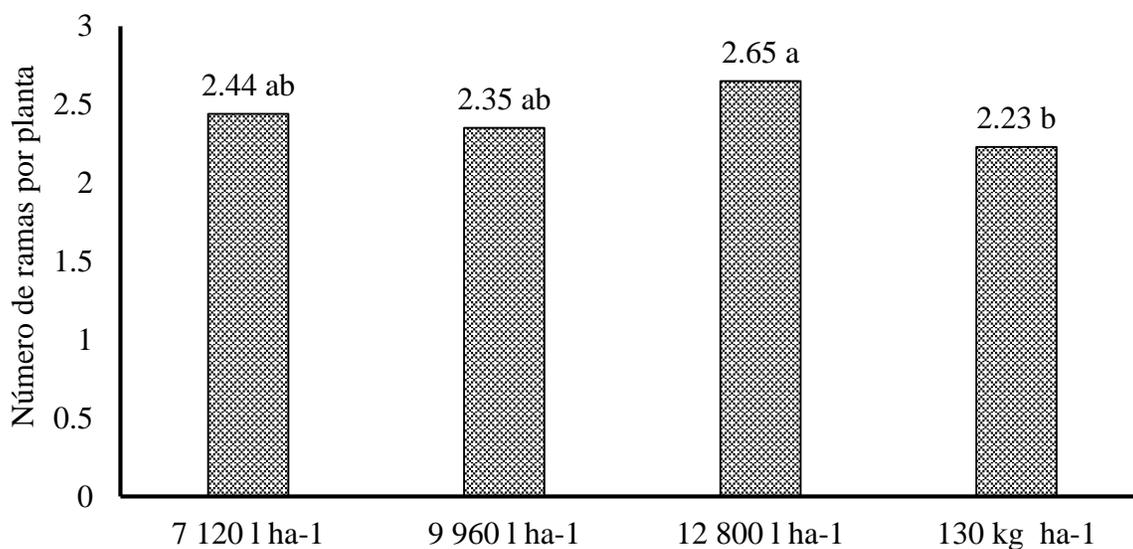


Figura 5. Número de ramas por planta en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017

En la figura 5 se presenta el efecto de los fertilizantes sobre el número de ramas por planta, detallándose que el biofertilizante con dosis de 12 800 l ha⁻¹ ejerce mayor influencia. Es probable que a los (70 dds) el biol estuviera haciendo su efecto, ya que al ser un fertilizante orgánico su proceso de mineralización es prolongado.

Las aplicaciones de fertilizantes tanto orgánico como químicos, además de las concentraciones en el suelo proporcionan un buen desarrollo vegetativo y una buena generación de ramas, además son indispensable para estimular el crecimiento y propiciar plantas vigorosas y de buen desarrollo (Arzola, 1984).

Tapia (1987), citado por Jiménez (1996), reporta un rango de 2-4 ramas por planta. Nuestro resultado se encuentra dentro de este rango.

4.2.2 Número de vainas por planta

El fruto es una vaina formada por dos valvas que pueden ser glabras o sub-glabras, el color es variable (verde, rosado o púrpura). Dependiendo de las vainas se pueden clasificar las variedades (González *et al.*, 2013).

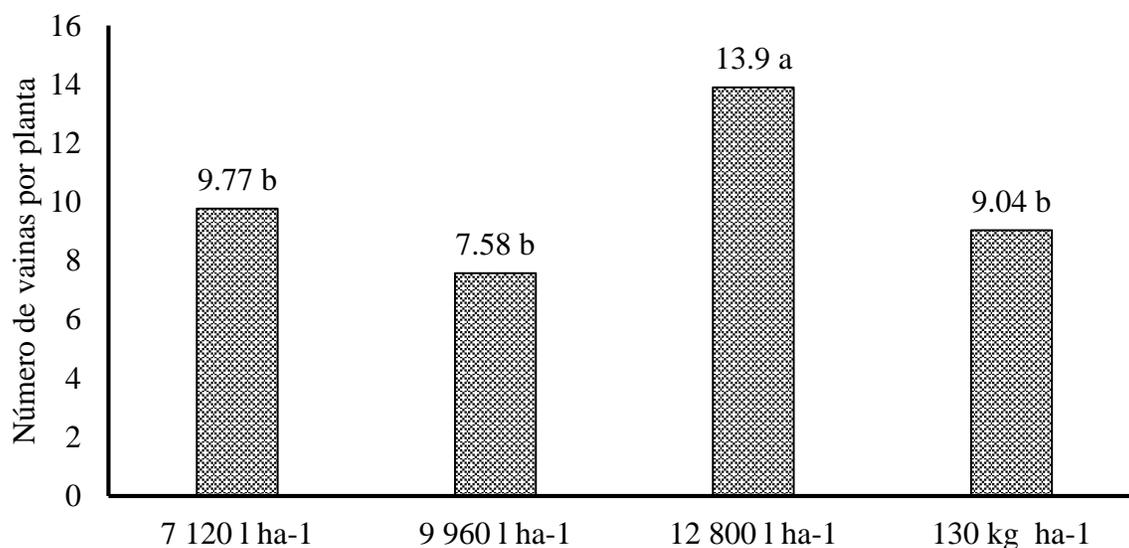


Figura 6. Número de vainas por planta en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017

En la figura 6 se observa que la aplicación de 12 800 l ha⁻¹ supera estadísticamente a las demás aplicaciones. Los demás tratamientos se agrupan en una misma categoría estadística.

Acevedo y Chaves (2010) afirma que las altas temperaturas aumentan la evapotranspiración durante la floración induciendo el aborto de las flores y por consiguiente un pobre número de vainas por planta.

PAPSSAN (2014), reporta un rango de 13-18 vainas por planta para la variedad INTA Fuerte Sequía. En las condiciones del experimento solo la aplicación de 12 800 l ha⁻¹ está entre el rango.

El Biol es un fertilizante relativamente rico en nutrientes, por otro lado el periodo transcurrido desde su aplicación hasta la floración del cultivo, fue suficiente para que se produjera una mineralización del mismo y por consiguiente una aportación de nutrientes que coincidió con el periodo de mayor demanda de nutrientes.

4.2.3 Número de granos por vaina

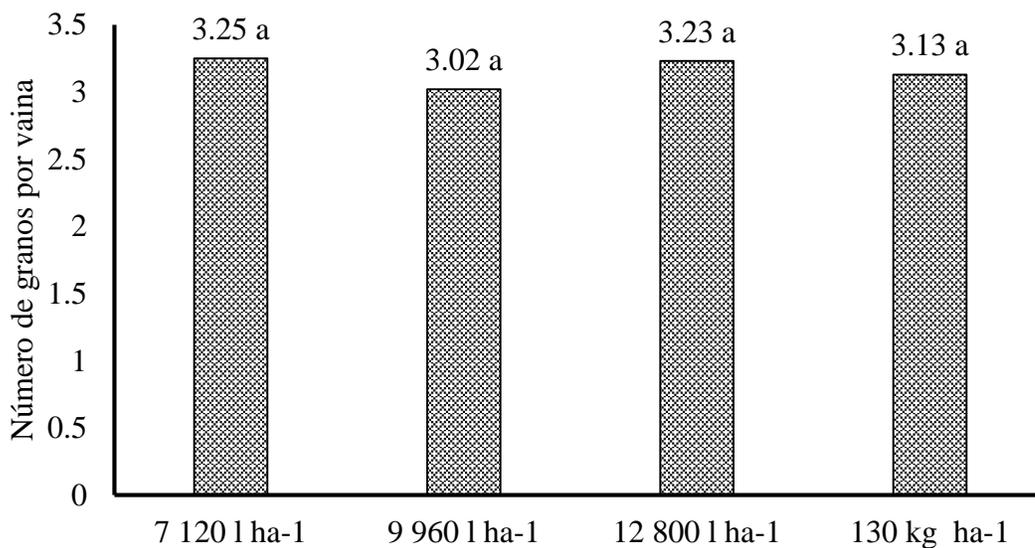


Figura 7. Número de granos por vaina en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017

En la figura 7 se presenta el efecto de los fertilizantes sobre el número de granos por vaina, detallándose que no presentan diferencias. Lo que nos indica que para las condiciones de la investigación da igual aplicar cualquier tratamiento evaluado.

Según Enríquez (1977), el comportamiento de la producción de semilla por vaina está ligado a condiciones de alta intensidad de radiación solar debido al crecimiento del área foliar, aumentando la capacidad fotosintética de la planta, formando de esta manera nutrientes que estimulan la formación de la semilla.

Blandón y Peralta (2016) menciona un número de granos por vaina en los ciclos de primera y postrera que oscilando entre (5 y 6 granos) utilizando biofertilizante a base de estiércol y leche de bovinos. Los resultados obtenidos en la investigación se encuentran por debajo de este rango.

4.2.4 Rendimiento en (kg ha^{-1})

El rendimiento tiene lugar a lo largo de todo el periodo de crecimiento de la planta hasta la formación del último órgano por la influencia de factores ambientales (Binder, 1997).

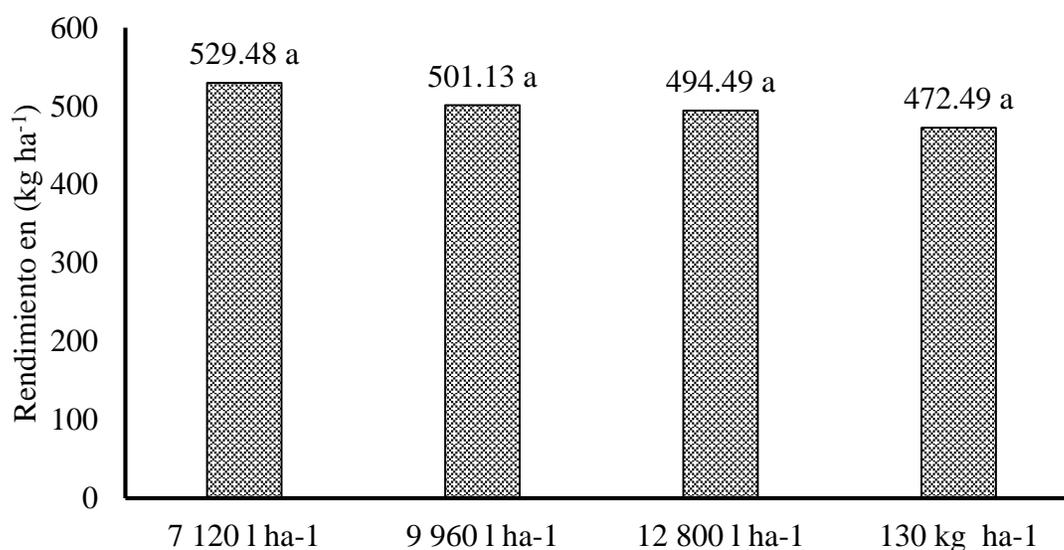


Figura 8. Rendimiento en (kg ha^{-1}) en el cultivo de frijol, El Plantel, Masaya 2017.

En la figura 8 se presenta el efecto de los fertilizantes sobre el rendimiento del grano en kg ha^{-1} , detallándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Somarrriba (1997), plantea que para lograr beneficio en la producción de frijol, resultado de la aplicación de fertilizante, es conveniente considerar el momento de la aplicación, ya que el frijol

tiene un ciclo vegetativo corto en comparación con otros cultivos, por tanto, la aplicación del fertilizante debe hacerse en el momento oportuno antes de la floración.

Los fertilizantes orgánicos aportan diferentes cantidades de nitrógeno y fósforo, así como pequeñas cantidades de potasio y elementos menores. La cantidad de macro elemento aportado es menor que la de los fertilizantes minerales, sin embargo, no solo debe verse como portadores de elementos nutritivos asimilables, sino como compuesto de una acción multifacética que actúa directamente en el mejoramiento del suelo.

Los rendimientos obtenidos fueron bajos, esto se debe a que se cultivó en condiciones edafoclimáticas desfavorables ya que el área donde se realizó el experimento es una zona baja (100 msnm). EL INTA (2009), afirma que en las zonas bajas las lluvias son más intensas esto hace que el cultivo sea vulnerable a daños por lavado de cosecha, en climas favorables donde las lluvias son moderadas y tienen mejor distribución los rendimientos son más altos.

La mala distribución de las precipitaciones caídas en esta etapa fenológica pudo afectar negativamente los rendimientos, ya que según él (INTA, 2009) las etapas críticas son de los 18 a los 22 días en la fase de maduración de las primeras vainas. El frijol no tolera exceso de agua ya que cuando las raíces están en un ambiente completamente con agua, el oxígeno llega a ser un factor limitante y el funcionamiento de las raíces.

Esta variedad Inta Fuerte Sequía es tolerante a sequía y bajas precipitaciones, pero no es una variedad tolerante a altas temperaturas es otro factor que se le atribuyen los bajos rendimiento.

4.3 Análisis económico

El presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos, los costos que varían son los costos por hectárea relacionados con los insumos, mano de obra y uso de maquinaria, que varían de un tratamiento a otro (CIMMYT, 1998).

Los costos variables en el presente experimento se determinaron en costo de aplicación y costo de fertilización. Los rendimientos fueron reducidos en un 10% con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el productor podría lograr utilizando las mismas tecnologías.

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto (C\$ 34 por kg), para obtener el beneficio bruto, al valor obtenido se le restó el total de los costos que varían para obtener los beneficios netos (cuadro 4).

Cuadro 4. Presupuesto parcial de los tratamientos, finca El Plantel, Masaya 2017

Indicadores	T₁ 7 120 l ha ⁻¹	T₂ 9 960 l ha ⁻¹	T₃ 12 800 l ha ⁻¹	T₄ Completo 130 kg ha ⁻¹
Rendimiento kg ha⁻¹	529.48	501.13	494.49	472.49
Rendimiento ajustado al 10 % en kg ha⁻¹	476.53	451.02	445.04	425.24
Costo de fertilizantes en C\$	291.48	408.07	524.66	3416
Costo de aplicación en C\$	4838	6450	8064	300
Costos variables totales en C\$ ha⁻¹	5 129.48	6 858.07	8 588.66	3 716
Beneficio bruto en C\$ ha⁻¹	16 202.09	15 334.58	15 131.39	14 458.19
Beneficio neto en C\$ ha⁻¹	11 072.61	8 476.51	6 542.73	10 742.19

Los resultados del análisis de presupuesto parcial, muestran que los mayores rendimientos y beneficios netos se obtienen con la aplicación del tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ con 476.53 kg ha⁻¹ y 11 072.61 C\$ ha⁻¹ respectivamente, mientras que la mayor relación beneficio costo (B/C) la presenta el tratamiento T₄ completo 130 kg ha⁻¹ con una relación B/C de C\$ 2.89, seguido por el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ con C\$ 2.16.

Análisis de dominancia

El siguiente paso en el análisis económico es determinar cuáles de los tratamientos han sido dominados y cuáles no. Un tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tiene beneficio neto menores o iguales a los de un tratamiento de costo que varían más bajo (CIMMYT; 1998).

El análisis de dominancia demuestra que existen dos tratamientos no dominados (ND) siendo estos el T₄ completo 130 kg ha⁻¹ y T₁ 7 120 l ha⁻¹. El resto de los tratamientos se presentan como dominados (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de dominancia, finca El Plantel Masaya 2017

Tratamiento	Costos variables	Beneficio neto	Dominancia
T ₁ Completo 130 kg ha ⁻¹	3 716	10 742.19	ND
T ₂ 7 120 l ha ⁻¹	5 129.48	11 072.61	ND
T ₃ 9 960 l ha ⁻¹	6 858.07	8 476.51	D
T ₄ 12 800 l ha ⁻¹	8 588.66	6 542.73	D

Análisis de retorno marginal

El análisis del retorno marginal realizado a los tratamientos no dominados se presenta en el cuadro 6. El resultado se muestra que al cambiar del tratamiento T₄ completo 130 kg ha⁻¹ por el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ se obtiene una tasa de retorno marginal de 23.38%.

Esto significa que al pasarme de un tratamiento con fertilización convencional a un orgánico con Biol por cada C\$ 1 que invierto en el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹, se obtiene una ganancia de C\$ 0.23 por cada córdoba invertido.

Cuadro 6. Análisis marginal realizado a los 4 tratamientos no dominados, finca El Plantel Masaya 2017

Tratamiento	Costos variables	Costos variables marginales	Beneficio neto	Beneficio neto marginal	Tasa de retorno marginal en %
T ₄ Completo 130 kg ha ⁻¹	3716	0	10742.19	0	
T ₃ 7 120 l ha ⁻¹	5129.48	1413.48	11072.61	330.41	23.38

El análisis de retorno marginal me compara dos o más tratamientos no dominados. Para este caso no se recomienda pasar de un tratamiento convencional a uno orgánico utilizando la menor dosis de biol ya que la tasa de retorno marginal para que sea rentable deberá ser mayor en el sector agropecuario de 150 %, pero en nuestro caso es 23.38 %.

Desde el punto de vista de retorno marginal se sugiere seguir aplicando fertilización sintética con T₄ completo 12-30-10 al momento de la siembra.

Desde el punto de vista agroecológico se recomienda la aplicación de biol en la dosis Biol 7 120 l ha⁻¹, ya que en su relación B/C nos dio un valor de C\$ 2.16 y se obtuvo el mayor rendimiento y el mayor beneficio neto.

V. CONCLUSIONES

El tratamiento T₄ completo 130 kg ha⁻¹ (12 - 30 – 10) presentó diferencia significativa en las variables de crecimiento; altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas por planta en comparación con los demás tratamientos.

El tratamiento T₃ 12 800 l ha⁻¹ (biol 3) domino en las variables número de rama por planta (2.65) y número de vaina por planta (13.9), para la variable número de grano por vaina no se encontró diferencia significativa y el mayor rendimiento con 529.48 kg ha⁻¹ se obtuvo con el tratamiento T₁ 7 120 kg ha⁻¹ (Biol 1).

Desde el punto de vista económico, los resultados muestran que es conveniente el tratamiento T₁ 7 120 l ha⁻¹ ya que la inversión C\$ 5 129.48 es recuperada con un beneficio neto de C\$ 11 072.54 es decir que por cada córdoba invertido podemos obtener C\$ 2.16.

VI. RECOMENDACIONES

Utilizar la dosis de Biol 7 120 l ha⁻¹ como alternativa de fertilización ya que presentó el mejor rendimiento en kg ha⁻¹ y el mayor beneficio neto.

Continuar investigaciones sobre la misma temática que permitan demostrar si los resultados se mantendrán a través del tiempo y si la fertilización orgánica iguala o supera los rendimientos obtenidos con las dosis de Biol.

Utilizar técnicas de aplicación de biol de menor costo para que económicamente el biol sobrepase a la aplicación de fertilizantes sintéticos.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguirre, R.; Peske, S. 1988. Manual para el beneficio de semillas (en línea). Cali, CO. 281 p.
- Arzola, N; Fundora, J; Machado. 1982. Suelo, planta y abonado. La Habana Cuba. Editorial. Pueblo y Educación. 461 p.
- BINDER, U. 1997. Leguminosas: bacterias fijadoras del nitrógeno, sistema de cultivo; leguminosas forrajeras; biodiversidad; Nicaragua, NI. P11 p197 p521.
- CIMMYT. 1988. Un manual metodológico de evaluación económica: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos México, DF, Recuperado de <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>.
- Enríquez, A.G. 1977. Mejoramiento genético sobre otros factores limitantes de la producción de frijol, diferente de enfermedades e insecto, Turrialba Costa Rica, CATIE. 15-29 p.
- FORNOS; D. MEZA; J. 2001. Comparación del efecto de la fertilización mineral, Orgánico y Control de Maleza en el cultivo de frijol Común (*Phaseolus Vulgaris L.*). Establecido en callejones de madera negro (*Gliricidia Sepium*) y convencional. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, NI 59 p.
- FUENTE; Y. J. L. 1994. El suelo y los fertilizantes. 4ta. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 315 p.
- González, VS., Jarquín, R. I., Joya, T. M. 2013. Evaluación de 13 Líneas Avanzadas de Frijol Rojo (*Phaseolus vulgaris*) y un testigo INTA Rojo, para la tolerancia a la sequía, y adaptación a condiciones agroecológicas. Nicaragua, NI. 5 p.

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2009). Guía Tecnológica Cultivo Del Frijol. 2. ed. Managua, NI. Impresión Comercial La Prensa. 6 p.

Mena, T. 2009. Cadena de frijol rojo en nicaragua. Nicaragua, NI 4 p.

MIDINRA, 1986. Guía tecnológica para la producción de frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L) Dirección de granos básicos. Managua Nicaragua.

Proyecto de Producción de Semillas de Granos Básicos para la Seguridad Alimentaria de Nicaragua (PAPSSAN). 2014. Catálogo de semilla de granos básicos: variedades de arroz, frijol, maíz, y sorgo liberadas por el INTA. Managua, Nicaragua. 15 p.

Ribera, BJ. 2011. Preparacion y uso del Biol. Bolivia Y Ecuador: Centro de Multiservicios Educativos – CEMSE 2 p.

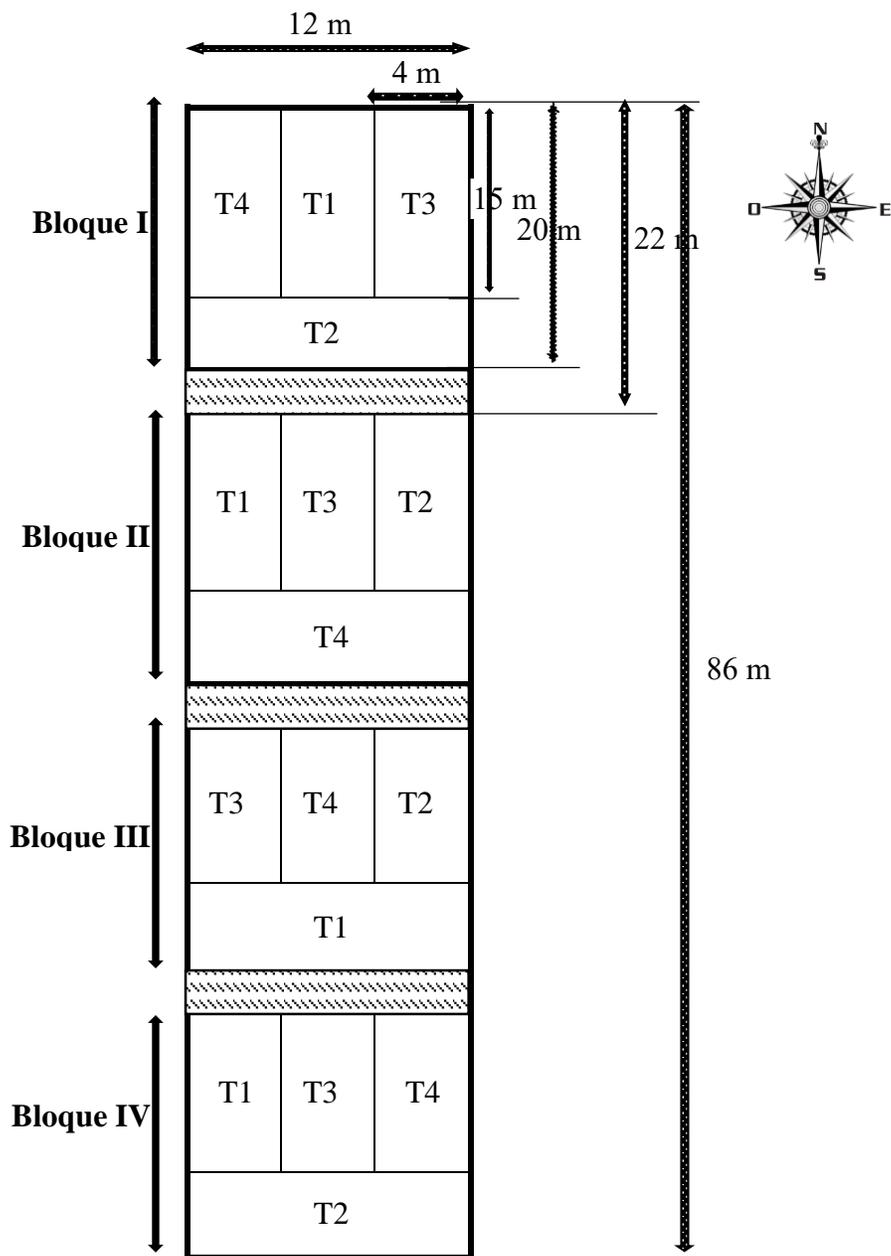
Sistema de Producción, Consumo y Comercio (SPCC). 2016. Plan de Producción, Consumo y Comercio (PPCC) Ciclo 2016/2017. Nicaragua. 15 p.

Somarriba; C. 1997. Texto de granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua 191 p.

Tapia, H. B. 1987. Manejo de malas hierbas en plantaciones de frijol en Nicaragua. Instituto Superior de Ciencia Agropecuaria (ISCA). Dirección de investigación, extensión y Post-grado (DIEP), Managua, Nicaragua 20 p.

VIII: ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo





Anexo 2. Preparación del suelo finca el plantel Masaya 2017



Anexo 3. Piletas almacenadoras de Biol en fincas ganaderas de Boaco



Anexo 4. Transporte de Biol de Fincas ganaderas de Boaco hacia la finca El Plantel, Masaya 2017



Anexo 5. Instalación del sistema de riego por goteo en finca El Plantel, Masaya 2017



Anexo 6: Desarrollo del cultivo de frijol, finca El plantel Masaya 2017



Anexo 7: Transporte del cultivo de frijol, finca El plantel Masaya 2017



Anexo 8: Secado del frijol en bodega en Finca El Plantel, Masaya 2017



Anexo 9: Aporreado del cultivo del frijol en finca El Plantel, Masaya 2017

Anexo 10. Lámina bruta de riego (Lb)

Evtp (promedio) = 5mm/día

$$L_n = E_{vtp}$$

$$L_p = \frac{L_n}{E_a}$$

$$L_b = \frac{5 \text{ mm/día}}{90 \%} \times 100$$

$$L_b = 5.56 \text{ mm/día}$$

Necesidad bruta del cultivo (Nb)

$$N_b = L_b \times M_p$$

$$N_b = 5.56 \text{ mm/día} \times (0.5\text{m} \times 0.08\text{m})$$

$$N_b = 5.56 \text{ l/m}^2 \times (0.04\text{m}^2)$$

$$N_b = 0.2224 \text{ l/pta.día}$$

Tiempo de riego

$$T_r = \frac{N_b}{q_a} = \frac{0.2224 \frac{\text{l}}{\text{pta. día}}}{0.75 \text{ l/día}}$$

$$T_r = 0.297 \text{ h/pta.día}$$

Caudal total de Aplicación Q_t

$$Q_t = N_b \times \text{No de plantas}$$

$$Q_t = 0.2224 \frac{\text{l}}{\text{pta. d}} \times 25\,800 \text{ plantas}$$

$$Q_T = 5737.92 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$Q_T = 5.738 \text{ m}^3/\text{día} \times 10 \text{ días}$$

$$Q_T = 57.37 \text{ m}^3$$

Donde

E_{vtp} = Evapotranspiración promedio en mm/día

L_n = Lámina neta en mm/día

L_b = lámina bruta en mm/día

E_a = Eficiencia de aplicación (90 % para riego por goteo)

M_p = Marco de plantación (área que se obtiene multiplicando el espacio entre surco por el espacio entre plantas) $1 \text{ m} * 0.15 \text{ m} = 0.15 \text{ m}^2$

q_a = Caudal del aspersor en litros/hora.

Q_T = Caudal total que se aplicará en todo el ciclo del cultivo en m^3 .