

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) UTILIZANDO TRES FERTILIZANTES QUÍMICOS GRANULADOS Y DOS FOLIARES EN LA VARIEDAD CLAVIJA

POR:

JOSUÉ ARMANDO PACHECO BARDALES

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A

JUNIO, 2016

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) UTILIZANDO TRES FERTILIZANTES QUÍMICOS GRANULADOS Y DOS FOLIARES EN LA VARIEDAD CLAVIJA

POR:

JOSUÉ ARMANDO PACHECO BARDALES

JOSÉ ANDRÉS PAZ M.Sc.

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

JUNIO, 2016

DEDICATORIA

A MI DIOS TODO PODEROSO que con su amor y misericordia desde el cielo ilumina mi vida, le doy gracias a mi Padre Celestial porque fue mi guía y fortaleza en todo el trayecto de mi carrera, por ser mi apoyo para sobre pasar todas las dificultades.

A MIS QUERIDOS PADRES Orlando Pacheco y Ania Bardales que me han regalado el derecho de nacer y crecer, y que en este proceso han estado conmigo, aunque la mayor parte del tiempo distantes pero son el motor de mi motivación. Los amo con todo mi corazón. Gracias por enseñarme a luchar y ser perseverante.

A MIS HERMANOS Ania, Marta, Rafael, y Samuel han sido mis amigos en todo momento y me han motivado a seguir adelante, los quiero mucho.

A MIS SOBRINOS Daniel, Perla, Ruth, Josué Gabriel, y Moisés que de una u otra manera me han inspirado para seguir adelante con mis estudios los quiero muchos mis chiquitines.

A MIS AMIGOS Alex Oseguera, Ricky Núñez, José Mejía, Moisés Méndez, Mercy Padilla, Iliana Osorio, Carmen Paguada, Salvador Pinto, Miguel Urbina, Esaú Banegas, Orbin Castro, Naín Pineda y Franklin Pacheco por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas al estar pendiente de mí siempre. Los quiero amigos.

A MI AMOR YENDI CRUZ, por estar siempre a mi lado y demostrarme que todo en la vida se puede lograr a pesar de las circunstancias en las que me encuentre.

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODO PODEROSO por darme la oportunidad de estudiar a nivel UNIVERSITARIO.

A MIS PADRES Orlando Pacheco y Ania Bardales por su perseverancia y comprensión al educarme en todo momento y enseñarme los principios familiares.

AL SEÑOR ALCALDE DE MANGULILE Rony Bladimir Pacheco por su apoyo económico y moral.

A MIS ASESORES M.Sc. JOSÉ ANDRÉS PAZ, M.Sc. CARLOS HUMBERTO AMADOR e ING. YONI ANTÚNEZ por sus consejos tiempo y paciencia que invirtieron en la revisión de este documento investigativo.

A MI ALMA MATER UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA por haberme formado ACADÉMICAMENTE transmitiéndome tres valores fundamentales para la vida (Estudio, Trabajo y Disciplina).

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN CLASE JETZODIAM por ser como fueron en el tiempo que convivimos juntos, tantos momentos interesantes e inolvidables.

A TODO EL PERSONAL DE LA EMPRESA GRUPO EL CEDRAL por su oportunidad de realizar la tesis en su empresa y por su incondicional apoyo durante estuve realizando la investigación.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. OBJETIVOS.	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1. Fertilización en el cultivo de frijol.....	3
4.2. Comportamiento del nitrógeno (N) en el suelo, proceso de pérdida y absorción por las plantas.....	3
4.2.1. Comportamiento del N en el suelo.	3
4.2.2. Proceso de pérdida de N en el suelo.	4
4.2.3. Absorción de N por las plantas.	4
4.3. Comportamiento del fósforo (P) en el suelo, proceso de pérdida y adsorción de las .. plantas.	5
4.3.1. Comportamiento del P en el suelo.	5
4.3.2. Procesos de pérdida del P en el suelo.	6
4.3.3. Absorción del P por las plantas.....	6
4.4. Comportamiento del potasio (K) en el suelo, proceso de pérdida y absorción por las plantas.	6
4.4.1. Comportamiento del K en el suelo.	6
4.4.2. Procesos de pérdida de K del suelo.....	7

4.4.3. Absorción de K por las plantas.	7
4.5. Comportamiento del azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el suelo, proceso de	8
pérdida y absorción por las plantas.	8
4.5.1. Comportamiento del S en el suelo.	8
4.5.2. Comportamiento del Ca en el suelo.	8
4.5.3. Comportamiento del Mg en el suelo.	9
4.6. Procesos de pérdida de Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) del suelo.	9
4.7. Absorción por las plantas del Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).	10
A. Absorción del azufre.	10
B. Absorción de Ca.	10
C. Absorción de Mg.	10
4.8. Funciones y síntomas de deficiencias de los macronutrientes.	11
A. Funciones y síntomas de deficiencias del N en la planta.	11
B. Funciones y síntomas de deficiencias del P en la planta.	11
C. Funciones y síntomas de deficiencias del K en la planta.	12
D. Funciones y síntomas de deficiencias del S en la planta.	12
E. Funciones y síntomas de deficiencias del Ca en la planta.	12
F. Funciones y síntomas de deficiencias del Mg en la planta.	13
4.9. Importancia del frijol.	14
4.10. Situación del frijol en el país.	15
V. MATERIALES Y MÉTODO.	16
5.1. Localización del sitio experimental.	16
5.2. Análisis de suelo.	16
5.3. Materiales y equipo.	16
5.4. Factor bajo estudio.	17
5.5. Tratamientos y diseño experimental.	17
5.6. Modelo estadístico.	18
5.7. Análisis estadístico.	18
5.8. Dimensiones del ensayo.	18
5.9. Relación Beneficio-Costo.	19
5.10. Registro de Precipitación Pluvial.	19
5.11. Manejo agronómico del experimento.	19

5.11.1. Preparación del terreno.	19
5.11.2. Siembra.	19
5.11.3. Fertilización.	19
5.11.4. Control de malezas.	20
5.11.5. Control de plagas.	20
5.11.6. Cosecha.	20
5.12. Variables a evaluar.	20
5.12.1. Variables de crecimiento.	21
5.12.1.1. Altura de planta (cm).	21
5.12.1.2. Promedio área foliar (cm ²).	21
5.12.1.3. Días a floración.	21
5.12.1.4. Días a madurez fisiológica.	21
5.12.2. Variables de rendimiento.	22
5.12.2.1. Promedio de vainas por planta.	22
5.12.2.2. Promedio de granos por vaina.	22
5.12.2.3. Peso de cien granos en gramos (g).	22
5.12.2.4. Rendimiento en kg ha ⁻¹	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Variables agronómicas del cultivo.	23
5.2. Análisis de Relación Beneficio-Costo.	29
5.3. Análisis de suelo.	29
5.4. Exigencias minerales del frijol.	30
5.5. Registro de precipitación Pluvial.	32
VII. CONCLUSIONES	33
VIII. RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFIA	35
ANEXOS	39

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Cantidades de fertilizante a usar según zona o región.....	13
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.....	17
Cuadro 3. Costos por aplicación de los tratamientos expresados en hectárea.	29
Cuadro 4. Exigencias minerales del frijol.	30
Cuadro 5. Resultado análisis de suelo.....	30
Cuadro 6. Nutrientes que aporta cada fertilizante.	31
Cuadro 7. Nivel de fertilización de cada fertilizante en kg. ha ⁻¹	31
Cuadro 8. Registro de precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo.	32

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Altura de planta 21, 28, 35 y 42 días en el cultivo de frijol.....	24
Figura 2. Área foliar (cm ²) 21, 28 y 35 días en el cultivo de frijol por tratamiento.....	25
Figura 3. Vainas por planta en el cultivo de frijol por tratamiento.	26
Figura 4. Granos por vaina en el cultivo de frijol por tratamiento.	27
Figura 5. Peso de 100 granos en el cultivo de frijol por tratamiento.	27
Figura 6. Rendimiento en kg.ha ⁻¹ en el cultivo de frijol por tratamiento.	28

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. ANAVA para la variable altura de planta 21 días.	39
Anexo 2. ANAVA para la variable altura de planta 28 días.	39
Anexo 3. ANAVA para la variable altura de planta 35 días.	39
Anexo 4. ANAVA para la variable altura de planta 42 días.	40
Anexo 5. ANAVA para la variable área foliar (cm ²) 21 días.....	40
Anexo 6. ANAVA para la variable área foliar (cm ²) 28 días.....	40
Anexo 7. ANAVA para la variable área foliar (cm ²) 35 días.....	40
Anexo 8. ANAVA para la variable días a floración.....	41
Anexo 9. ANAVA para la variable días a madurez fisiológica.	41
Anexo 10. ANAVA para la variable número de vainas por planta.....	41
Anexo 11. ANAVA para la variable número de granos por vaina.....	41
Anexo 12. ANAVA para la variable peso de 100 granos (g).....	42
Anexo 13. ANAVA para la variable rendimiento en kg.ha ⁻¹	42
Anexo 14. Porcentaje de plantas cosechadas.	42

Pacheco Bardales, JA. 2016. Evaluación del rendimiento en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizando tres fertilizantes químicos granulados y dos foliares en la variedad Clavija. Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho, Honduras C.A. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 52.

RESUMEN

En la Empresa Grupo el Cedral ubicada en la aldea de Jutiquile municipio de Juticalpa, Olancho, se realizó el estudio de fertilización química en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Se utilizó tres fertilizantes químicos granulados (Novatec solub 21, Blauckor y Fertifrijol Inicio) y dos foliares (Fertifrijol y Poliquelmulti) y un testigo relativo (Urea foliar). Se evaluaron siete tratamientos con seis repeticiones cada uno, utilizando un diseño completamente al azar DCA. Las variables evaluadas fueron, días a floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, área foliar, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de cien granos y rendimiento. La fertilización se realizó en base a tres diferentes fertilizantes granulados y diferentes dosis 1.4 qq/ha Novatec Solub 21, 2.8 qq/ha Blauckorn, 4.3 qq/ha Fertifrijol Inicio estos se aplicaron en el momento de la siembra y dos fertilizantes foliares 1.4 L/ha Fertifrijol foliar, 1.4 L/ha Poliquelmulti y el testigo relativo 11.4 Lbs/ha Urea foliar la cual se aplicaron a los 26 y 34 días después de la siembra. El tratamiento aplicado con 1.4 qq/ha Novatec Solub 21 + Poliquelmulti presentó el mejor rendimiento numérico ya que no presentó diferencia estadística con un promedio de 616.79 kg.ha⁻¹, siendo el tratamiento siete el mejor económicamente. De todas las variables evaluadas solamente se encontró diferencia estadística significativa en altura de planta, área foliar, número de granos por vaina y peso de cien granos.

Palabras claves: *Phaseolus vulgaris*, fertilizantes granulados, foliares.

I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo del frijol es el segundo cultivo básico de importancia en Honduras después del maíz. La especie *Phaseolus vulgaris* o frijol común es originaria del área mesoamericana ya que en estos países se encuentra una gran diversidad de variedades tanto en forma silvestre como en forma cultivada (Voysset, 1983 citado por Pagoaga, 2003).

Fassbender (1967), señala que la deficiencia de nitrógeno en frijol causa un amarillamiento en las hojas inferiores con desarrollo raquítico y cuando la deficiencia es severa, esta decoloración avanza hacia la parte superior de la planta y el crecimiento se atrofia. Existen muchos factores de suelo que hacen variar la proporción de elementos a incorporar al mismo, tales como salinidad, pH, cantidad de materia orgánica que pueden ser nulos, beneficiosos o perjudiciales en el rendimiento de frijol (Forsythe y Díaz, 1969).

La técnica de fertilización foliar tiene como ventajas la economía, eficiencia y rapidez en la aplicación y no es considerada como un sustituto a la fertilización tradicional, sino una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutricionales de los cultivos que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo (Carlson, 1982). Es una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutricionales de la plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad de los productos (Sansted, 1976 citado por Pagoaga 2003).

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto de la aplicación de tres fertilizantes granulares y dos fertilizantes foliares sobre el comportamiento agronómico y el rendimiento del cultivo de frijol en la variedad Clavija.

2.2. Objetivos específicos.

- Determinar que tratamiento presenta mejor efecto en base al rendimiento del cultivo de frijol en la variedad Clavija.
- Identificar qué tipo de fertilizante foliar presenta mayor rendimiento en el cultivo de frijol mediante la utilización del análisis estadístico y pruebas de media.
- Definir qué tipo de fertilizante granulado presenta mayor rendimiento en el cultivo de frijol mediante la utilización del análisis estadístico y pruebas de media.
- Describir el análisis económico de la relación beneficio-costos.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1. Fertilización en el cultivo de frijol.

La fertilización mineral se ha centrado sobre unos pocos tipos de fertilizantes que se han utilizado en forma tradicional y muy moderada (Domínguez, 1997). Así el uso de estos fertilizantes ha incrementado en los últimos 20 años, contabilizando un incremento de producción en este período (Brady y Weil, 1999).

La realidad es que los nutrientes agregados por aplicaciones normales ya sean orgánicos o inorgánicos son incorporados dentro del ciclo de nutrientes del suelo, y relativamente una pequeña cantidad de los nutrientes se quedan en la planta que fue fertilizada durante el año de aplicación. Generalmente cuando las tasas de fertilizantes se incrementan, la eficiencia de los nutrientes decrecen, incrementando la proporción de nutrientes agregados a la solución del suelo (Brady y Weil, citado por Flores, 2001).

4.2. Comportamiento del nitrógeno (N) en el suelo, proceso de pérdida y absorción por las plantas.

4.2.1. Comportamiento del N en el suelo.

El N existente en el suelo se encuentra en forma de Nitrógeno orgánico, en forma de Nitrógeno amoniacal y en forma de Nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). El Nitrógeno orgánico ingresa al suelo por restos orgánicos en descomposición. Representa el 83% de N total del suelo. Para que las plantas puedan aprovechar el nitrógeno que proviene de la materia orgánica, primero, éste debe ser mineralizado en nitrógeno inorgánico que las plantas puedan

absorber. El Nitrógeno amoniacal se encuentra retenido en las arcillas del suelo. Es lentamente disponible para las plantas. Los Nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) aprovechable inmediatamente por las plantas. N_2O NO N_2 (Formas de nitrógeno en el suelo s.f. citado por Padilla, 2012).

4.2.2. Proceso de pérdida de N en el suelo.

Según Moreno (2006) el N que se aplica por medio de fertilizantes puede perderse por distintas vías o caminos entre ellos se encuentra la desnitrificación esta forma de pérdida es un proceso importante ya que las pérdidas por esta pueden alcanzar hasta el 70% del N aplicado, la desnitrificación es realizada por microorganismos facultativos anaeróbicos los cuales tienen la capacidad de utilizar como fuente de oxígeno los iones nitrato y nitrito, reduciendo estos compuestos a gases de N los cuales se pierden en la atmósfera, debido a que este es un proceso microbiano, es influenciado por la temperatura.

La siguiente forma de pérdida de N es por lavado, al existir este proceso los nitratos quedan fuera del alcance de las raíces, al no ser absorbidos bajan en el perfil del suelo y se pierden por causa de las lluvias esto en gran medida desfavorece la fertilidad y disponibilidad de nutrientes, la urea a diferencia del nitrato tiene la capacidad de hidrolizarse y producir un ion amonio por el suelo, siendo disponible para la planta (Gonzales citado por Padilla, 2012).

4.2.3. Absorción de N por las plantas.

El N puede ser absorbido por las plantas en la forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). La absorción de nitrato y amonio varia conforme la especie, variedad, temperatura, pH e intensidad luminosa como puede ser constatado en diversos cultivos. Ambos iones se mueven hacia las raíces de las plantas ya sea por flujos en masa o difusión, antes de ser utilizado por la planta el NO_3^- debe ser reducido a NH_4^+ involucrando tres procesos y cuatro enzimas nitrato reductasa (NR), nitrito reductasa (NiR) glutamina sintetasa (GS) y glutamato sintetasa (Glu) (Contreras *et al.*, 2009).

4.3. Comportamiento del fósforo (P) en el suelo, proceso de pérdida y adsorción de las plantas.

4.3.1. Comportamiento del P en el suelo.

El P en el suelo se encuentra tanto en formas orgánicas como inorgánicas y su disponibilidad para las plantas está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas. El fósforo orgánico está constituida por los residuos vegetales y animales que se adicionan al suelo. Los compuestos fosfatados más importantes de la materia orgánica son nucleoproteínas, fosfolípidos y fosfoazúcares. La mineralización de la materia orgánica es lenta y por vía microbiana, requiriendo temperaturas de aproximadamente 25 a 30 °C, pH neutro y humedad cercana capacidad de campo. El proceso de mineralización está regido por la relación C/P de la materia orgánica, cuyo valor crítico es aproximadamente 200. Por encima de este valor se produce depresión del fosfato inorgánico (fenómeno similar al de la depresión de los nitratos) (Conti, M. 1998).

Al igual que el N, las plantas absorben el fósforo en la forma inorgánica, pero es de forma orgánica que se encuentran en mayor cantidad en el suelo pudiendo representar desde un 15 a 80% del contenido total del P en el suelo. El fósforo inorgánico desde el punto de vista edafológico se clasifica de acuerdo a su disponibilidad mediata o inmediata para las plantas en: fósforo soluble, intercambiable e insoluble (Boschetti *et al.*, 2003.).

Fósforo soluble son las formas aprovechables para las plantas en forma inmediata, es decir son fosfatos en la solución del suelo. Fósforo intercambiable es también llamado fósforo lábil o adsorbido, y su disponibilidad es más lenta que el anterior. La adsorción de fosfatos, como en general toda adsorción aniónica en el suelo, es un fenómeno que depende del pH. Fósforo insoluble es el que está formando parte de los minerales primarios y secundarios, y constituye la gran reserva de fósforo inorgánico en el suelo (Sanzano, s.f.).

4.3.2. Procesos de pérdida del P en el suelo.

Las principales vías de pérdida de fósforo del sistema suelo son la remoción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), la erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0.1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial (0.01 a 3 kg/ha año) (Sanzano, s.f.).

4.3.3. Absorción del P por las plantas.

El fósforo forma compuestos débilmente solubles con cationes bivalentes y monovalentes. Por esta razón, la cantidad de fósforo de la solución suelo es muy pequeña. Las plantas que crecen en el suelo, absorben esta pequeña cantidad de la solución suelo, que a su vez se encuentra en equilibrio con el fósforo de la fase sólida. Así, cada una de las formas químicas del suelo contribuye de manera distinta a enriquecer el fósforo disponible para el cultivo. La cantidad de fósforo disponible en el suelo, no es un valor único y constante, ya que varía de acuerdo a las condiciones ambientales que a su vez influyen sobre el suelo y el desarrollo de las plantas (Díaz, s.f.).

4.4. Comportamiento del potasio (K) en el suelo, proceso de pérdida y absorción por las plantas.

4.4.1. Comportamiento del K en el suelo.

El potasio es un constituyente abundante y vastamente distribuido en las rocas superficiales de la tierra; se calcula que representa, en peso, un 2,6% de la corteza terrestre. La mayor parte del potasio en las fracciones arena y limo de los suelos se halla en los minerales clasificados como feldespatos y micas y, entre ellos, los más importantes son los feldespatos ortoclasa y microclina y las micas biotita y muscovita. La illita, es el principal mineral portador de potasio en la fracción arcilla de los suelos. Como dato ilustrativo de la íntima afinidad y relación

entre la illita y el potasio cabe indicar aquí que la formación de illita por alteración de otros minerales en los sedimentos del fondo de los océanos explica el bajo contenido de potasio en las aguas oceánicas en comparación con el de sodio (Moscatelli *et al.*, s.f.).

4.4.2. Procesos de pérdida de K del suelo.

Las pérdidas de este pueden considerarse cuatro absorción por las plantas, lixiviación, fijación, erosión, aunque la absorción por las plantas se considera como remoción ya que es utilizable por estas. La lixiviación se da en las capas inferiores del perfil del suelo, lejos de las raíces, se da más en los suelos arenosos. La fijación ocurre cuando existe la presencia de arcillas sin embargo está perdida no es definitiva. La perdida por erosión puede tener un efecto importante cuando existen pequeñas cantidades de este elemento en el suelo (Martínez citado por Padilla, 2012).

4.4.3. Absorción de K por las plantas.

El potasio de la solución de suelo está inmediatamente disponible y puede ser absorbido por las plantas en forma inmediata, pero las cantidades presentes son muy pequeñas. Las plantas en crecimiento, rápidamente extraen el potasio de la solución del suelo, pero a medida que el potasio es absorbido y extraído, su concentración es renovada y restituida inmediatamente por las formas menos accesibles ubicadas en las zonas de adsorción de los coloides minerales y orgánicos del suelo. El proceso de adsorción-desorción es el que repone y equilibra la concentración de potasio de la solución del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), específicamente el K intercambiable es el que regula y mantiene la concentración de K en solución, esta forma de potasio es la clave de la liberación y renovación de la solución del suelo (Sánchez, 2001).

La velocidad a la cual el potasio se vuelve disponible para las raíces es afectada por la cantidad de intercambiable, no intercambiable y por la velocidad de movimiento del potasio a través del suelo. A medida que la raíz absorbe potasio, el intercambiable próximo a las

raíces disminuirá o se agotará. Al disminuir la concentración de potasio intercambiable, éste se moverá desde zonas más enriquecidas y distantes de la raíz hasta restablecer nuevamente el equilibrio. La velocidad con que se moviliza o difunde el potasio, dependerá de los materiales constituyentes del suelo y las condiciones ambientales, siendo más alta en suelos húmedos (Moscatelli *et al.*, s.f.).

4.5. Comportamiento del azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el suelo, proceso de pérdida y absorción por las plantas.

4.5.1. Comportamiento del S en el suelo.

La mayor parte de rocas ígneas contienen entre 0.05 y 0.3% de azufre, principalmente como sulfuros de hierro, níquel y cobre. Las rocas ígneas básicas generalmente tienen un contenido más alto que las de tipo ácido. Durante los procesos de meteorización los sulfuros pasan a sulfatos, de ahí que muchas rocas sedimentarias tienen contenidos apreciables de sulfato (Fertilidad de suelos s.f.).

El contenido de azufre en los suelos inorgánicos varía entre 0.02 y 0.2%, encontrándose este nutrimento en la mayor parte de los terrenos arables acompañado con la materia orgánica, como sulfatos solubles en la solución del suelo, o adsorbido en el complejo coloidal. Distintos análisis indican que el suministro de azufre a las plantas a través de la precipitación pluvial y directamente de la atmósfera puede ser de gran importancia, especialmente alrededor de centros de gran actividad industrial (Orjuela, 1973).

4.5.2. Comportamiento del Ca en el suelo.

Según Foht (1986) el Ca juega un papel fundamental en la estructura del suelo siendo el catión que predomina en el complejo sorbente de un suelo que no sea ácido o que el aluminio sea el catión predominante. Cuando se presenta un suelo ácido, la recuperación del mismo

será resuelta mediante la práctica conocida como encalado, que consiste en una aplicación de enmienda cálcica que reduce la acidez del suelo al enriquecer el contenido de calcio intercambiable en la partícula coloidal. En muchos suelos la principal fuente de calcio para las plantas es el Calcio intercambiable y el calcio de minerales fácilmente meteorizables (como carbonatos).

4.5.3. Comportamiento del Mg en el suelo.

El Mg se localiza dentro de los minerales arcillosos del suelo o está asociado con el intercambio de cationes en la superficie de las arcillas. Arcillas como la clorita, vermiculita y montmorillonita han pasado por una etapa intermedia de meteorización y todavía contienen cierta cantidad de Mg como parte de la estructura interna del cristal. La liberación gradual del Mg no intercambiable se ha demostrado en varias condiciones. Este Mg no intercambiable podría provenir de la capa de octaedros de las arcillas así como del material ubicado entre estas capas. En agricultura de baja productividad, el Mg de lenta liberación puede ser suficiente para reponer el nutriente a la solución del suelo y satisfacer las demandas de Mg de la planta (Mikkelsen, 2010).

4.6. Procesos de pérdida de Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) del suelo.

Las principales pérdidas que existen en suelo de estos elementos son por lixiviación en mayor cantidad y en segundo lugar por erosión producto de las lluvias sin dejar de mencionar la salida de estos en los cultivos. En general han existido trabajos de investigación enfocados al aprovechamiento de los nutrientes perdidos por escorrentía la cual se da principalmente por malas prácticas de manejo en los suelos de laderas. Bajo el sistema de aprovechamiento de escurrimientos en laderas evaluó cuatro dosis de fertilizantes, demostrando que bajo este sistema no hubo diferencia entre cada uno de los tratamientos, comprobando así la buena fertilidad de la zona debido a las pérdidas de nutrientes por escorrentía hacia las zonas más bajas (Rodríguez *et al.*, 2005).

4.7. Absorción por las plantas del Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

A. Absorción del azufre.

Algunas plantas tienen la capacidad de absorber azufre de la atmósfera en forma de dióxido de azufre (SO_2), pero la mayoría de las plantas lo absorben del suelo en forma de sulfato (SO_4)⁻², y a la vez es incorporado al aminoácido cisteína en los tejidos fotosintéticos. La absorción de sulfato por las raíces es, en su mayor parte, un proceso metabólico mediado por proteínas acarreadoras las cuales son sujetas a un control negativo de su actividad por medio del monitoreo de la concentración intracelular de sulfato y de los productos del metabolismo del azufre. Sin embargo, tal parece que dichos mecanismos regulatorios son incapaces de evitar la presencia de SO_4 ⁻² intracelular en exceso (Wainwright y Rennenberg, citado por Benavides, 1998).

B. Absorción de Ca.

La absorción del calcio por la planta es pasiva y no requiere una fuente de energía. El calcio se transporta por la planta principalmente a través del xilema junto con el agua. Por lo tanto, la absorción del calcio, está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta. A pesar de que la gran absorción, la concentración en el citoplasma es baja, evitando la precipitación del fósforo inorgánico y la inactivación de ciertas enzimas (NAD-quinasa). El calcio se absorbe en forma catiónica y se transporta mejor por el apoplasto que por el simplasto (por eso solo es absorbido por las raíces jóvenes) (El calcio en las plantas, s.f.).

C. Absorción de Mg.

Las plantas absorben el Magnesio en su forma iónica Mg^{+2} , que es la forma de Mg disuelto en la solución del suelo. Esta absorción está dominada por dos procesos principales: la absorción pasiva, impulsada por la corriente de transpiración o flujo de masa, estimada en un 85%, y la difusión, movimiento de iones de Mg desde zonas de alta concentración hacia

zonas de menor concentración. La absorción de Mg por parte de la planta es influenciada negativamente por una relación K/Mg, Ca/Mg y NH_4/Mg alta, así como un bajo valor de pH de los suelos. De esta forma, a pesar de que el suelo pueda tener un alto contenido de Mg, puede aparecer una deficiencia de Magnesio latente o aguda para las plantas. El Mg es muy móvil en la planta e importante para diferentes procesos del metabolismo de la planta (Carmak, 2013).

4.8. Funciones y síntomas de deficiencias de los macronutrientes.

A. Funciones y síntomas de deficiencias del N en la planta.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de 1-4% del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Es el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Plantas de crecimiento retrasado (comunes a todas las deficiencias), plantas poco saludables y pequeñas. Pérdida del color verde decoloración amarillenta de las hojas a partir de la punta (clorosis en las puntas), viejas hojas parduscas (FAO, 2002).

B. Funciones y síntomas de deficiencias del P en la planta.

El Fósforo (P), que suple de 0.1-0.4 % del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. Crecimiento retrasado, hojas verdes oscuras azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta (a menudo también en los tallos). Plantas lentas a madurar, permaneciendo verdes. Los frutos pueden ser deformados, los granos pobremente rellenos (FAO, 2002).

C. Funciones y síntomas de deficiencias del K en la planta.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. Crecimiento retrasado, hojas que muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores desde las extremidades a la base. Bordes exteriores de las hojas amarillentos o rojizos, llegando a ser parduscos o quemados y muertos (necrosis de los bordes); hojas marchitas. Las hojas de los árboles son amarillentas, rojizas, dobladas o curvadas. Los frutos son pequeños, pueden tener lesiones o puntos dañados, pobre almacenamiento y mantenimiento de la calidad (FAO, 2002).

D. Funciones y síntomas de deficiencias del S en la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0.2 al 0.3 (0.05 a 0.5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada. Toda la planta es amarilla (a menudo es confundido con deficiencia de N). Hojas más altas amarillentas, aún las hojas más jóvenes y madurez del cultivo retrasado (FAO, 2002).

E. Funciones y síntomas de deficiencias del Ca en la planta.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo. Hojas jóvenes de amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones). Las plantas parecen marchitas (FAO, 2002).

F. Funciones y síntomas de deficiencias del Mg en la planta.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta. Decoloración amarillenta entre venas de hojas verdes (clorosis típica de franjas; el Mg es parte del pigmento de las plantas verdes, la clorofila, necesario para la fotosíntesis), seguido finalmente por manchas y necrosis (muerte de los tejidos), comenzando en las viejas hojas bajas (FAO, 2002).

Las recomendaciones de fertilización están orientadas al suministro de N y P, que son los elementos de mayor demanda del cultivo, lógicamente los requerimientos varían de un valle a una ladera, un análisis de suelo nos resuelve el problema de inmediato, desgraciadamente esta práctica no está disponible ni es accesible para esta clientela de pequeños productores. En términos generales y a través de las investigaciones realizadas en los últimos años se definió las recomendaciones de fertilización, en base a dos fuentes de fertilizante comercial más dos aplicaciones de fertilizante foliar completo para cada una de las diferentes regiones del país, como se muestra en el Cuadro 1 (DICTA, 2004).

Cuadro 1. Cantidades de fertilizante a usar según zona o región.

Zona	Formula qq/mz		Foliar aplicación
	12-24-12	18-46-0	
Olancho	2.0	1.0	2.0
El Paraíso y Yoro	2.0	1.0	2.0
Zona Alta, La Paz, Intibucá	3.0	1.5	2.0
Litoral Atlántico	3.0	1.5	2.0
Quimistán	2.0	1.0	2.0
Copán	2.0	1.5	2.0

Fuente: DICTA 2004

Se debe aplicar la fórmula al momento de la siembra. Debido a que la fijación biológica de Nitrógeno en el cultivo de frijol es baja en comparación con otras leguminosas, se recomienda aplicar Nitrógeno a razón de 1qq/mz. después de la siembra y antes de la floración (DICTA, 2004.)

4.9. Importancia del frijol.

El rubro de frijol (*Phaseolus vulgaris*) es importantísimo en la dieta diaria de nuestra gente, superado en consumo solamente por el maíz. Representa un eslabón importante al momento de hablar de seguridad alimentaria en la región. (Escoto, 2004).

Según Rosas (1998), el frijol común es un cultivo principalmente de pequeños agricultores en las regiones de América Latina, África y Asia, donde predominan países en proceso de desarrollo, y donde se produce aproximadamente 77% de la producción mundial. Sin embargo, en países desarrollados de América del Norte, Europa y la región Pacífica es un cultivo de alta tecnología y un rubro de exportación, que representa aproximadamente el 23% de la producción mundial.

En el país se consume principalmente el frijol rojo pequeño de ciertas variedades, mismas que se cultivan en pocas zonas del mundo. Las preferencias del consumidor hondureño están basadas principalmente en color, tamaño del grano, sabor y el tiempo de cocción. Puede decirse que este grano se considera un elemento difícilmente sustituible en la dieta de la familia hondureña. Se estima que el consumo per cápita promedio en 2013 anduvo entre 26 a 50 libras, dependiendo de criterios como la disponibilidad del grano, otras opciones alimenticias, el estrato social y el lugar de consumo (rural versus urbano) (SAG, 2012).

La producción está en manos de pequeños y medianos productores que en su mayoría lo siembran como monocultivo, primero para cubrir las necesidades de autoconsumo y otra producción orientada a los mercados internos para la generación de ingresos monetarios. Estos productores han demostrado una gran capacidad para sobrellevar situaciones adversas

de tipo climáticas, manejo de plagas y enfermedades, inestabilidad de precios en el mercado (Cruz, 2010).

4.10. Situación del frijol en el país.

En Honduras se siembra alrededor de 150 mil manzanas que generan una producción promedio anual de 1.8 millones de quintales con un rendimiento promedio de 12 quintales por manzana, lo que ha permitido ser autosuficiente en los últimos años, a excepción del resto de rubros que conforman la canasta básica familiar. Según estimaciones, la población consume anualmente dos millones de quintales de frijol rojo. El país ha sido autosuficiente en años anteriores, incluso se registra un excedente de 300,000 quintales, considerando una producción que ronda 2.3 millones de sacos de 100 libras. No obstante, en el costo actual del grano interviene una baja en la cosecha por exceso de lluvias a finales de 2013, la venta masiva a comerciantes salvadoreños y el acaparamiento de parte de “coyotes” nacionales (Escoto, 2011).

Se observan en forma general tres épocas de siembra: de primera sale un 20 por ciento de la producción nacional, que es de mayo a junio. Siembras de postrera o segunda, de septiembre a octubre cuando sale el 80 por ciento. También está la siembra de apante, de diciembre a enero especialmente en el norte y Litoral Atlántico. Honduras se sitúa en el tercer lugar en cuanto a área sembrada, después de Nicaragua y de Guatemala, esta última con producción de frijol negro. Sin embargo, en cuanto a producción total, Nicaragua mantiene el primer lugar, seguido por Guatemala y El Salvador, que con menor área de siembra tiene mejor rendimiento y supera a productores hondureños. Una proyección a nivel de cultivo de riego, establecía 5,000 manzanas de frijol con un rendimiento promedio por cosecha de 35 quintales, lo que iba generar alrededor de 175,000 quintales en este mes (SAG, 2012).

V. MATERIALES Y MÉTODO.

5.1. Localización del sitio experimental.

El experimento se instaló en conjunto con la Empresa Grupo El Cedral. Los lotes se ubicaron en la aldea de Jutiquile municipio Juticalpa del departamento de Olancho a una altura de 425 msnm, precipitación pluvial anual 1231 mm, temperatura media anual 24.3 °C, humedad relativa 69.2% (DICTA, 2015).

5.2. Análisis de suelo.

Se realizó un análisis de suelo y se tomaron muestras por cada tratamiento, para obtener las características de pH, M.O, Textura y las concentraciones de cada elemento encontrado en el suelo, N%, y P (ppm).

5.3. Materiales y equipo.

Para la instalación y desarrollo del experimento se utilizó la variedad de frijol “Clavija”. Fertilizantes granulares (Fertifrijol Inicio, Novatec Solub 21, Blaukor), fertilizantes foliares (Fertifrijol, Poliquelmulti y Urea diluida en agua), Anexo 15, medidor de humedad, balanza, cinta métrica, cuerda, machetes, marcador indeleble, etiquetas, sacos, grapadora, calculadora, tractor, sembradora, bombas de mochila.

5.4. Factor bajo estudio.

El principal factor bajo estudio fué el efecto de los diferentes tipos de fertilizantes sobre el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*).

5.5. Tratamientos y diseño experimental.

Para este estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) usando lotes comerciales de 0.5 mz cada tratamiento. El total de tratamientos fueron siete y seis repeticiones para cada uno. Cada repetición fué una unidad experimental la cual se ubicaron al azar dentro de cada lote, usando el método del zig-zag, cada unidad experimental tenía una dimensión de cuatro metros de ancho por seis metros de largo. Se tomaron cinco muestras al azar en cada unidad experimental. La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.

No	Tipos de Fertilizantes	Dosis	Dosis
T1	Novatec Solub 21 + foliar 1*	1qq/mz + 1L/mz	1.4qq/ha + 1.4 L/ha
T2	Novatec Solub 21+ foliar 2*	1qq/mz + 1L/mz	1.4qq/ha + 1.4 L/ha
T3	Blauckor + foliar 1*	2qq/mz + 1L/mz	2.8qq/ha + 1.4 L/ha
T4	Blauckor + foliar 2*	2qq/mz + 1L/mz	2.8qq/ha + 1.4 L/ha
T5	Fertifrijol inicio + foliar 1*	3qq/mz + 1L/mz	4.3qq/ha + 1.4 L/ha
T6	Fertifrijol inicio + foliar 2*	3qq/mz + 1L/mz	4.3qq/ha + 1.4 L/ha
T7	Urea 1Lb/20L de agua	8Lb/mz	11.4Lb/ha

*Foliar 1 = Poliquelmulti, Foliar 2 = Fertifrijol

Fuente: Empresa Grupo el Cedral

5.6. Modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3 \dots t \\ j = 1, 2, 3 \dots n \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

5.7. Análisis estadístico.

Los datos se procesaron usando el programa estadístico INFOSTAT (2009). Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para cada variable y prueba estadística de rangos múltiples de TUKEY al 5% de confiabilidad.

5.8. Dimensiones del ensayo.

El ensayo experimental establecido fué usando lotes comerciales de 0.5 mz cada lote, la cual consistió de siete tratamientos y seis repeticiones. Una repetición fué una unidad experimental la cual se ubicaron al azar dentro de cada lote, usando el método del zig-zag, la unidad experimental tuvo una dimensión de cuatro metros de ancho por seis metros de largo.

5.9. Relación Beneficio-Costo.

El análisis se realizó al final de la investigación en base a los resultados obtenidos de la variable rendimiento expresada en kg/ha, para obtener cuanto es el beneficio por cada lempira invertido.

5.10. Registro de Precipitación Pluvial.

Se llevó un registro de precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo instalando un pluviómetro dentro del ensayo.

5.11. Manejo agronómico del experimento.

5.11.1. Preparación del terreno.

Se realizó de forma convencional: limpia del terreno, arado y posteriormente un pase de rastra. Estas actividades se realizaron para que el suelo quedara bien mullido y listo para la siembra.

5.11.2. Siembra.

La siembra se realizó de manera convencional a una distancia de 61 cm entre surco y 5.8 cm entre planta para obtener una densidad de siembra aproximada de 282602 plantas/ha .La variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizada fué Clavija.

5.11.3. Fertilización.

La fertilización se realizó al momento de la siembra para los fertilizantes granulares y 27 DDS para los fertilizantes foliares y se aplicó un regulador de hormonas (Biosyme con dosis

de 427 ml/ha), se hizo una segunda aplicación a los 35 días dds. Las dosis medias de aplicación de los fertilizantes fueron ajustadas a los requerimientos del cultivo de frijol.

5.11.4. Control de malezas.

Se realizó un primer control de malezas a los 22 días después de la siembra, (de manera química con Whip (Fenoxaprop -p Ethyl) con dosis de 40 cc / bomba de mochila de 21 litros), y Escolta (Imidacloprid 23,3% + Tebuconazole 1,3%) a una dosis de 50 cc / bomba de mochila siendo este el período más crítico del cultivo en que puede ser afectado por las malezas, y se efectuó un segundo control a los 30 días después de la siembra de forma manual con machete.

5.11.5. Control de plagas.

Se realizó en dos momentos en conjunto con las aplicaciones de los fertilizantes foliares con el objetivo de prevenir el ataque de insectos la cual se utilizó Monarca (Thiacloprid y Beta-cyfluthrina) con una dosis de 498ml/ha y enfermedades producidas por hongos, se utilizó Antracol (700 g/kg polymeric zinc 1,2 propylenebis dithiocarbamate) y Nativo (Tebuconazole + Trifloxystrobin) ambos a una dosis de 1.4 sobres/ha.

5.11.6. Cosecha.

La cosecha se realizó de forma manual ya concluido el ciclo del cultivo a los 78 días después de la siembra, teniendo presente que el grano este con el porcentaje de humedad requerido, de esta forma se realizó el arranque y posteriormente el aporreo, la producción de grano para cada una de las parcelas fué pesada y ajustada al 14% de humedad y reflejada en kg.ha⁻¹.

5.12. Variables a evaluar.

5.12.1. Variables de crecimiento.

5.12.1.1. Altura de planta (cm).

Para evaluar la variable altura de planta, se tomaron cinco plantas al azar dentro del área útil, basándose en la longitud de la planta, midiendo desde el nivel del suelo hasta la última hoja trifoliada bien formada mediante el uso de cinta métrica. . Esta variable fué evaluada a los 21, 28, 35 y 42 días después de la siembra durante su ciclo biológico.

5.12.1.2. Promedio área foliar (cm²).

La evaluación se realizó en diferentes etapas durante el ciclo del cultivo tomando al azar cinco plantas y seleccionando la hoja del centro de cada trifolio dentro del área útil utilizando una cinta métrica y midiendo el largo y ancho de la hoja, lo que nos dió como resultado el área foliar expresada en cm² después de multiplicarlo por un factor de corrección estimado en 0.75. Esta variable fué evaluada a los 21, 28 y 35 días después de la siembra durante su ciclo biológico.

5.12.1.3. Días a floración.

Se estimó realizando un conteo desde el día de la siembra de cada unidad experimental hasta que el 50% de las plantas presentaron su primera flor completamente abierta, dentro del área útil.

5.10.1.4. Días a madurez fisiológica.

Se contaron los días que transcurrieron desde la siembra hasta que el 50% de las plantas perdieron la pigmentación en las vainas, iniciando a secarse y a defoliarse, dentro del área útil en este momento el cultivo se encontraba en la etapa R9.

5.12.2. Variables de rendimiento.

5.12.2.1. Promedio de vainas por planta.

El conteo de número de vainas se realizó en el campo a los 70 días después de la siembra, tomando cinco plantas al azar dentro del área útil y determinando su promedio.

5.12.2.2. Promedio de granos por vaina.

Esta variable fué registrada a los 70 días después de la siembra, contándose los granos de las vainas en las cinco plantas tomadas al azar dentro del área útil y luego se determinó su promedio.

5.12.2.3. Peso de cien granos en gramos (g).

De la producción de granos que se obtuvieron del área útil se tomaron las muestras para el peso de cien granos, los cuales fueron ajustados a un 14% de humedad.

5.12.2.4. Rendimiento en kg.ha⁻¹.

Esta variable fué obtenida una vez cosechado el frijol extraído del área útil a los 78 dds ajustado a kg. ha⁻¹ utilizando la siguiente formula:

$$\text{kg. ha}^{-1} = \frac{\text{peso de campo} \times 10,000 \text{ m}^2}{\text{Área útil}} \times \frac{100 - \% \text{ hc}}{100 - \% \text{ hd}}$$

Dónde: hc : humedad de campo

 hd: humedad de almacenamiento

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables agronómicas del cultivo.

Días a floración: no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.7952 > 0.05$) entre los tratamientos evaluados. La floración fué uniforme con un rango promedio de 36 a 37 días en el experimento debido a la genética de la variedad utilizada. En estudios realizados por Vallejos (2005) obtuvo resultados similares a los de este experimento que oscilaron entre 36 a 38 días.

Según Rosas (1998), en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado Tipo II la floración comienza en la parte baja del tallo y continua en forma ascendente, coincidiendo plenamente con lo observado en el experimento.

Días a madurez fisiológica: no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.9231 > 0.05$) entre los fertilizantes químicos evaluados. Esta variable fué uniforme en el experimento en un rango promedio de 66 y 67 días del cultivo. En estudios realizados por Padilla (2012) los resultados obtenidos andan cerca a los de esta investigación con valores que oscilaron entre los 69 a 72 días.

Altura de planta: se realizó cuatro mediciones a los 21, 28, 35 y 42 días respectivamente. A los 21 días la altura promedio osciló de 21 a 25 cm y presentó diferencia estadística ($P\ 0.0374 < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Por otra parte a los 28 días las plantas medían entre los 29 a 32 cm, no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.2044 > 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Cuando las plantas tenían 35 días medían entre 40 a 48 cm, la cual presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.0105 < 0.05$) entre los tratamientos. Por último cuando las plantas tenían 42 días medían entre los 48 a 56 cm, y presentó diferencia

estadística significativa ($P\ 0.0065 < 0.05$) entre los fertilizantes químicos, siendo los tratamientos 3 (Blauckor + Poliquelmulti foliar), 6 (Fertifrijol inicio + Fertifrijol foliar) y 7 (Urea foliar) los que presentaron mayor altura a los 42 días con 56.78, 53.94 y 53.69 cm respectivamente. En la Figura 1 se observa la altura de cada tratamiento a los 21, 28 35 y 42 días.

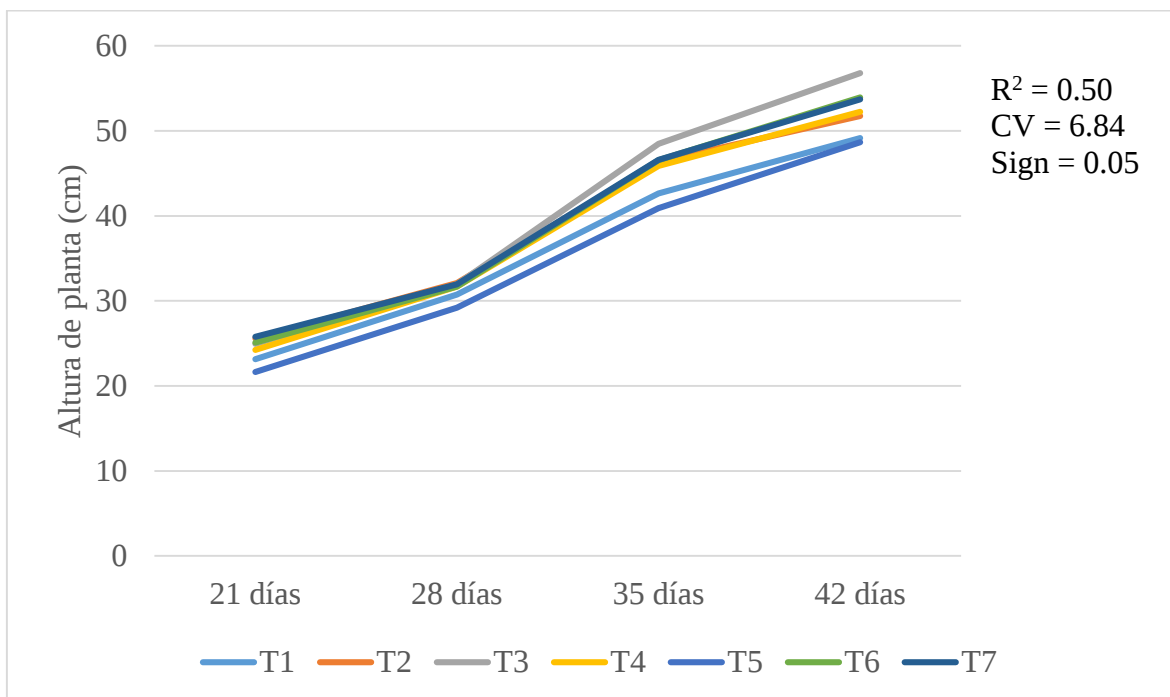


Figura 1. Altura de planta 21, 28, 35 y 42 días en el cultivo de frijol.

Según Pagoaga (2003) en su investigación obtuvo resultados de altura de planta los cuales oscilaron entre 37 a 42 cm. Por otro lado según Coello (1997) las variedades de grano rojo crecen en promedio entre 50 a 70 cm en condiciones de fertilización química y algunas obtienen crecimiento de hasta 90 cm. Mientras que los resultados obtenidos en esta investigación a los 42 días del cultivo alcanzaron promedios entre los 48 a 56 cm lo cual anda en el rango de otras investigaciones.

Área foliar (cm²) se realizó tres mediciones a los 21, 28 y 35 días. A los 21 días el área foliar promedio fué de 22 a 29 cm² y no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.1160 >$

0.05). Luego a los 28 días el rango de las medias oscilaron entre 33 a 40 cm² la cual no presentaron diferencia estadística ($P\ 0.5063 > 0.05$). Por último a los 35 días el rango de las medias oscilaron entre 43 a 61 cm² por lo cual presentaron diferencia estadística significativa ($P\ 0.0005 < 0.05$) siendo los tratamientos 5 (Fertifrijol inicio + Poliquelmulti foliar) y 4 (Blauckor + Fertifrijol foliar) los que presentaron mayor área foliar con valores de 61.94, y 59.96 cm² respectivamente.

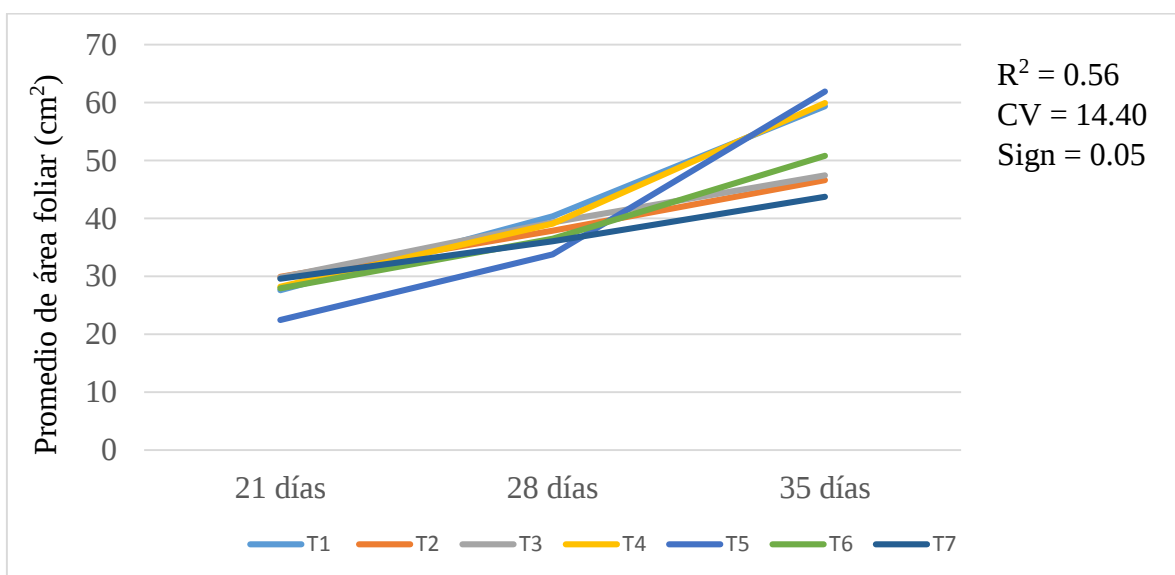


Figura 2. Área foliar (cm²) 21, 28 y 35 días en el cultivo de frijol por tratamiento.

En estudios realizados por Estrada 2004 obtuvo resultados de 57 cm² a los 36 días después de la siembra. En este experimento el promedio de área foliar obtuvo buenos rendimientos ya que el tamaño de la hoja fué excelente para la fotosíntesis por lo tanto son similares a los de Estrada 2004.

Vainas por planta: el número de vainas por planta no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.0658 > 0.05$) en la comparación entre los tratamientos químicos. En los resultados de esta investigación los rangos oscilaron entre 16 a 22 vainas por planta. No presentó diferencia debido a que en el experimento hubo aborto de flores y secado de vainas por la gran sequía que hubo durante el transcurso del experimento.

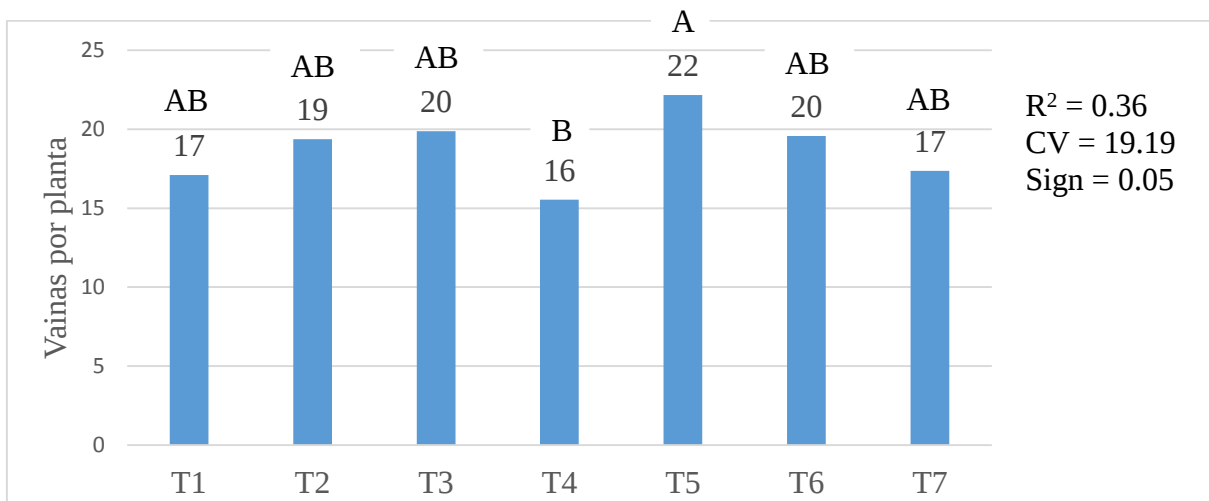


Figura 3. Vainas por planta en el cultivo de frijol por tratamiento.

Según Martínez (2005) en su estudio obtuvo resultados similares a los de esta investigación la cual oscilaron entre 11 a 17 vainas por plantas. En esta variable el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento fué el T5 (Fertifrijol inicio +Poliquelmulti foliar) con un promedio de 22 vainas por planta.

Granos por vaina: el promedio de granos por vaina (tres a cuatro granos) presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.0110 < 0.05$) entre los tratamientos. Siendo el tratamiento 7 (Urea foliar) y 1 (Novatec solub 21 + Poliquelmulti foliar) los que presentaron mayor número de granos por vaina, con valores de 4 granos por vaina ambos tratamientos. El promedio tan bajo de esta variable fué debido a la muy poca disponibilidad de agua ya que durante el llenado de grano no precipitó.

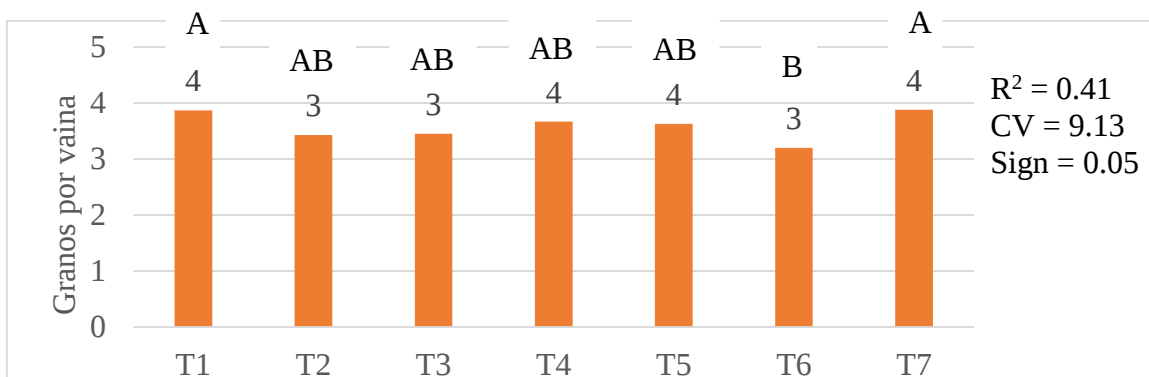


Figura 4. Granos por vaina en el cultivo de frijol por tratamiento.

Según Padilla (2012) en su investigación presentó valores entre 5 a 6 granos por vaina. En este experimento el principal factor por el que no tuvo buenos rendimientos el ensayo fue debido a la sequía que se prolongó a lo largo del cultivo por lo tanto el promedio está por debajo, en comparación a otros estudios realizados.

Peso de 100 granos (gr): en la Figura 5 se observa el peso de 100 granos en gramos, la cual presentó diferencia estadística significativa ($P 0.0008 < 0.05$) entre los tratamientos. Los tratamientos que presentaron mayor peso de granos fueron el 1 y 7 con valores de 25 y 23 g, los demás tratamientos andan en promedios de 21 g. Estos datos son similares a los resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas para variedades de color rojo.

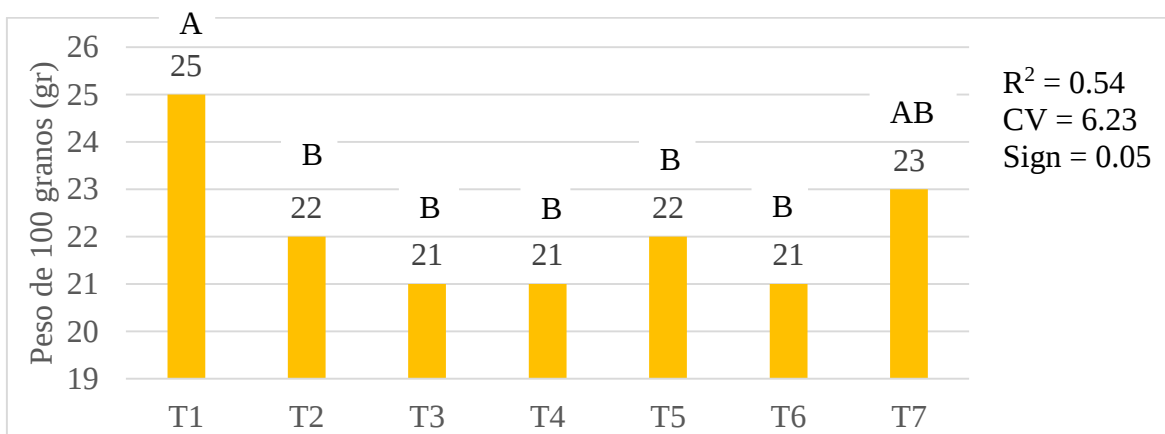


Figura 5. Peso de 100 granos en el cultivo de frijol por tratamiento.

Según Suazo (2013) en su investigación presentó valores entre 20 a 23 g. Esta variable en este ensayo obtuvo valores similares a los de otras investigaciones con valores que oscilan entre 21 a 25 gramos.

Rendimiento en kg.ha⁻¹: no presentó diferencia estadística significativa ($P\ 0.5235 > 0.05$) entre el promedio de los tratamientos. Sin embargo hay variabilidad en el rendimiento teniendo como resultados que oscilaron entre 318.89 a 616.79 kg.ha⁻¹. Esto se debe a la poca cantidad de agua disponible en la etapa más crítica del cultivo como ser la floración ya que todo este periodo la planta no recibió agua.

En la Figura 6 se muestran los rendimientos obtenidos por cada tratamiento en los cuales los que presentaron mayor rendimiento fué el T1 (Novatec Solub 21 + Poliquelmulti) y T3 (Blauckorn + Poliquelmulti) con valores de 616.79 y 572.71 kg.ha⁻¹ respectivamente.

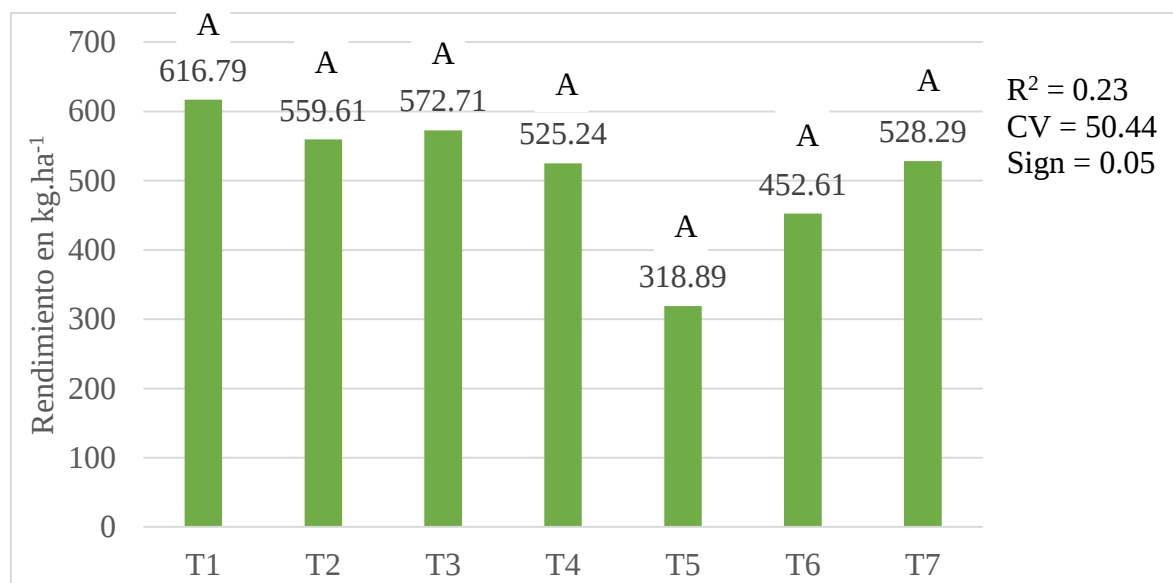


Figura 6. Rendimiento en kg.ha⁻¹ en el cultivo de frijol por tratamiento.

El rendimiento obtenido en este experimento está muy por debajo con los resultados de otras investigaciones, según Sance (1998) citado por Suazo 2013 utilizando bayfolan obtuvo resultados de 1146.0 kg.ha⁻¹.

5.2. Análisis de Relación Beneficio-Costo.

Cuadro 3. Costos por aplicación de los tratamientos expresados en hectárea.

Trat	Nombre	Costos Totales/ha (Lps)	Rend kg/ha	Beneficios Totales/ha (Lps)	R B/C
T1	Novatec solub 21 + Poliquelmulti foliar	15381.14	616.79	18997.13	1.24
T2	Novatec solub 21 + Fertifrijol foliar	12388.00	559.61	17235.99	1.39
T3	Blauckor + Poliquelmulti foliar	12595.43	572.71	17639.47	1.40
T4	Blauckor + Fertifrijol foliar	12816.57	525.24	16177.39	1.26
T5	Fertifrijol inicio + Poliquelmulti foliar	12516.86	318.89	9821.81	0.78
T6	Fertifrijol inicio + Fertifrijol foliar	12738.00	452.61	13940.39	1.09
T7	Urea foliar	8629.71	528.29	16271.33	1.89

Fuente: Propia

En el Cuadro 3 se observan los costos de aplicación de cada tratamiento expresados en ha. Observando que el tratamiento con menos costos es el T7 testigo relativo (Urea foliar) seguido del T2 (Novatec Solub 21 + Fertifrijol foliar), dejando a los tratamientos T1 (Novatec Solub 21 + Poliquelmulti foliar) y T3 (Blauckorn + Poliquelmulti foliar) con los mayores costos, sin embargo estos tratamientos obtuvieron los mejores rendimientos considerables.

5.3. Análisis de suelo.

Se realizó un análisis de suelo por cada tratamiento para determinar si fué adecuado aplicar las dosis de fertilización utilizados en el ensayo, comparando la cantidad de nutrientes presentes en el suelo más lo que aportan los fertilizantes utilizados, con las exigencias minerales del cultivo de frijol en el caso de N y P que son los que se identificaron en dicho análisis (Cuadro 4). Según los resultados del análisis, el suelo se encontró con deficiencia de N siendo los tratamientos uno, dos, cuatro y cinco que resultaron bajos en nitrógeno, el

tratamiento tres resultó bajo-normal el tratamiento seis resultó neutral y el siete resultó muy bajo. También fué deficiente en P, los resultados son los siguientes: los tratamientos uno, dos, cuatro, cinco y siete resultaron bajos en fósforo, el tratamiento tres resultó bajo-normal y el seis neutro. Con estos resultados tan deficientes las dosis de los fertilizantes utilizados no fueron adecuados porque no suplieron los requerimientos del cultivo.

Cuadro 4. Resultado análisis de suelo.

Universidad Nacional de Agricultura Catacamas, Olancho.

Laboratorio de Suelos

Responsable: Emilio Javier Fuentes, MSc.

Resultados del Análisis, de las muestras del trabajo de tesis, pertenecientes a lotes que son manejados por el Grupo el Cedral

No. Muestra	Nombre del Productor	pH	% M. O.	% N	P (ppm)	Textura
1	GRUPO EL CEDRAL	6.4 L. A.	2 % B.	% 0.10 B.	5.2 ppm B.	ARENOSO FRANCO
2	GRUPO EL CEDRAL	6.6 N.	2.6% B.	% 0.13 B.	5.8 ppm B.	FRANCO ARENOSO
3	GRUPO EL CEDRAL	6.5 L. A.	3.8% B/N	% 0.20 B/N	6.4 ppm B/N	FRANCO ARENOSO
4	GRUPO EL CEDRAL	6.4 L. A.	1.8 % B.	% 0.08 B.	4.1ppm B.	FRANCO ARENOSO
5	GRUPO EL CEDRAL	6.5 L. A.	1.6 % B.	% 0.06 B.	3.8 ppm B.	FRANCO ARENOSO
6	GRUPO EL CEDRAL	6.3 L. A.	4.5 % N/A	% 0.22 N	8.0 ppm N.	FRANCO ARENOSO
7	GRUPO EL CEDRAL	5.8 M. A.	1.1% M. B.	% 0.05 M. B.	1.2 ppm B.	FRANCO ARENOSO

Interpretación del pH:

L. A. = Ligeramente Acido

N: Neutral

Interpretación de M. O.:

B. = Bajo

B/N: Bajo Normal

N/A: Normal Alto

M/B: Muy Bajo

5.4. Exigencias minerales del frijol.

Un parámetro fundamental para una buena producción en el cultivo de frijol es conocer los requerimientos de este, a continuación se describe en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Exigencias minerales del frijol.

Cultivo	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)
Frijol	1.5	80	30	60

Fuente: Quintana, *et al.*, (1992) citado por Peralta, 2004.

En el Cuadro 6 se observan los niveles de fertilización en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, las cantidades aplicadas al cultivo no fueron lo suficiente para suplir las necesidades de requerimiento nutricional, además de que estos fertilizantes son muy pobres en nitrógeno y fósforo ya que son los nutrientes que más demanda el cultivo, esto le afectó en el rendimiento además de los requerimientos hídricos por eso los resultados fueron bajos.

Cuadro 6. Nivel de fertilización de cada fertilizante en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Trat	Nombre	Nivel de fertilización en kg ha^{-1}
1	Novatec Solub 21 + Poliquelmulti foliar	14.9 N, 42 SO_2 , 0.6 DMPP + 0.14 MgO, 0.007 B, 0.001 Mo
2	Novatec Solub 21 + Fertifrijol foliar	14.9 N, 42 SO_2 , 0.6 DMPP + 0.04 Mn, 0.02 Zn, 0.02 Cu, 0.004 B, 0.003 Mo, 0.001 Co
3	Blauckorn + Poliquelmulti foliar	15.7 N, 10.4 P_2O_5 , 20.8 K_2O_5 3.8 MgO, 32.5 SO_3 , 0.03 B, 0.07 Fe, 0.013 Zn + 0.14 MgO, 0.007 B, 0.001 Mo
4	Blauckorn + Fertifrijol foliar	15.7 N, 10.4 P_2O_5 , 20.8 K_2O_5 3.8 MgO, 32.5 SO_3 , 0.03 B, 0.07 Fe, 0.013 Zn + 0.04 Mn, 0.02 Zn, 0.02 Cu, 0.004 B, 0.003 Mo, 0.001 Co
5	Fertifrijol Inicio + Poliquelmulti foliar	35 N, 52.5 P_2O_5 , 3.9 K_2O_5 , 3.9 MgO, 0.17 S, 0.58 B_2O_3 , 1.4 Zn + 0.14 MgO, 0.007 B, 0.001 Mo
6	Fertifrijol Inicio + Fertifrijol foliar	35 N, 52.5 P_2O_5 , 3.9 K_2O_5 , 3.9 MgO, 0.17 S, 0.58 B_2O_3 , 1.4 Zn + 0.04 Mn, 0.02 Zn, 0.02 Cu, 0.004 B, 0.003 Mo, 0.001 Co
7	Urea	1.6 N

Fuente: Grupo El Cedral

En el Cuadro 7 se muestran las formulaciones de cada fertilizante utilizado en este experimento, lo cual los porcentajes de los elementos que más demanda el cultivo son muy bajos y no suplen con los requerimientos que exige el cultivo.

Cuadro 7. Nutrientes que aporta cada fertilizante.

Trat	Nombre	Nutrientes que aportan
1	Novatec Solub 21 + Poliquelmulti foliar	21% N, 60% SO_2 , 0.8% DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) + 10% Ca, 1% MgO, 0.50% B, 10 ppm Mo
2	Novatec Solub 21 + Fertifrijol foliar	21% N, 60% SO_2 , 0.8% DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) + 2.9% Mn, 1.4% Zn, 1.4% Cu, 0.3% B, 0.24% Mo, 0.1% Co

3	Blauckorn + Poliquelmulti foliar	12% N, 8% P ₂ O ₅ , 16% K ₂ O ₅ , 3% MgO, 25% SO ₃ , 0.02% B, 0.06% Fe, 0.01% Zn + 10% Ca, 1% MgO, 0.50% B, 10 ppm Mo
4	Blauckorn + Fertifrijol foliar	12% N, 8% , P ₂ O ₅ 16% K ₂ O ₅ , 3% MgO, 25% SO ₃ , 0.02% B, 0.06% Fe, 0.01% Zn + 2.9% Mn, 1.4% Zn, 1.4% Cu, 0.3% B, 0.24% Mo, 0.1% Co
5	Fertifrijol Inicio + Poliquelmulti foliar	18% N, 27% P ₂ O ₅ , 2% K ₂ O ₅ , 2% MgO, 9% S, 0.3% B ₂ O ₃ , 0.7% Zn + 10% Ca, 1% MgO, 0.50% B, 10 ppm Mo
6	Fertifrijol Inicio + Fertifrijol foliar	18% N, 27% P ₂ O ₅ 2% K ₂ O ₅ , 2% MgO, 9% S, 0.3% B ₂ O ₃ , 0.7% Zn + 2.9% Mn, 1.4% Zn, 1.4% Cu, 0.3% B, 0.24% Mo, 0.1% Co
7	Urea	46% N

Fuente: Grupo El Cedral

5.5. Registro de precipitación Pluvial.

En el Cuadro 8 se presenta la precipitación pluvial que hubo durante el ciclo del cultivo, observando que la primera pp fué 13 días después de la siembra lo que ocasionó la perdida de plantas, (Anexo 14) también nos indica que la última lluvia fué en la etapa crítica del cultivo (la floración) por lo tanto hubo aborto de flores y consiguiente no hubo buen llenado de grano, obteniendo un total en todo el ciclo del cultivo de 130 mm. Con este dato se justifica los bajos rendimientos obtenidos en el ensayo.

Cuadro 8. Registro de precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo.

Evento	Día cero Siembra 20 Oct 2015	1ra PP 02 Nov	2da PP 03 Nov	3ra PP 08 Nov	4ta PP 11 Nov	5ta PP 19 Nov	6ta PP 20 Nov	7ma PP 21 Nov	Total
PP (mm)	—	8	12	12	18	25	28	27	130

La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia durante todo su ciclo. (Frijol, s.f.).

VII. CONCLUSIONES

Al evaluar el rendimiento no presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo hay diferencia económica, siendo el tratamiento siete (Urea foliar) el más rentable con una relación beneficio-costos de 1.89 Lps.

La aplicación del fertilizante foliar Poliquelmulti obtuvo los resultados más altos en la rentabilidad obteniendo una RB/C de 1.40 Lps en comparación con las aplicaciones de los tratamientos evaluados con el Fertifrijol foliar con una RB/C costo de 1.26 Lps.

La aplicación del fertilizante granulado Blauckorn obtuvo los resultados más altos en la rentabilidad obteniendo una RB/C de 1.40 Lps sobre los tratamientos evaluados con Novatec Solub 21 y Fertifrijol Inicio con una RB/C de 1.24 y 1.09 Lps respectivamente.

La precipitación durante el ciclo del cultivo fué de 130 mm, iniciando la primera precipitación a los 13 dds; el mayor nivel de fertilización de los tratamientos aplicados en kg.ha^{-1} fué de 35 N, 52.5 P_2O_5 , 20.8 K_2O_5 , 3.8 MgO, 32.5 SO_3 y 1.4 Zn; lo que nos indica que no suplieron las exigencias hídricas y nutricionales del cultivo, es por esto que los rendimientos fueron bajos.

Según la relación beneficio-costos a pesar de los rendimientos bajos hubo más beneficios que costos invertidos, por lo cual fué rentable.

La aplicación con el T5 (Fertifrijol Inicio + Poliquelmulti foliar fué el único que resultó con una relación beneficio-costos negativa porque se obtuvieron más gastos que beneficios.

VIII. RECOMENDACIONES

Realizar esta misma investigación considerando la aplicación de fertilizantes granulados y foliares, pero bajo un sistema de riego por goteo ya que este experimento se realizó en seco y la disponibilidad de agua para el cultivo fue muy poca.

Hacer fertilizaciones foliares con Urea ya que se obtienen resultados buenos y los costos son bajos.

No realizar fertilizaciones con ninguno de los tratamientos utilizados en este experimento, a excepción de la urea, en condiciones de sequía debido a que no habrá absorción de los nutrientes.

BIBLIOGRAFIA.

Benavides, A, 1998. El azufre en las plantas. (en linea). Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. http://www.abenmen.com/a/azufre_en_plantas.pdf

Boschetti, NG, Benavides, CE, Giuffre, L, Y Quintero, CE, 2003. Cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos de la Mesopotamia AR. (en linea). Consultado 08 ago. 2015. Disponible http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_21n1/boschetti_1-8.pdf

Carmak, 2013. El magnesio nutriente esencial para los cultivos. (en linea). Consultado el 09 ago. 2015. Disponible en. http://www.compo-expert.com/fileadmin/user_upload/compo_expert/cl/documents/Art%C3%ADculo_Comp_RA58_final.pdf

Coello, L, 1997. Caroni nueva variedad de frijol y variedades de grano rojo. (en linea). Consultado el 21 may. 2016. Disponible en. www.sain.inia.gab.ve/agronomia.pdf

Conti, M. 1998. Principios de edafología. (en linea). Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>

Contreras Espinal F. S.; Coraspe León H. M.; Takashi M.; Franzini V. I; Ocheuze Trivelin P. C. 2009. Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por las plantas. (en linea). Consultado 30 jul. 2015. Disponible en. <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n1/art05.pdf>

Cruz, J, 2010. El cultivo de frijol. (en línea). Consultado 07 ago. 2015. Disponible en. <http://www.latribuna.hn/2014/05/22/exsecretario-del-gobierno-sugiere-inventario-de-frijol/>
Díaz, P. s.f. Conceptos de fertilidad fosfatada. (en línea). Consultado 07 ago. 2015. Disponible en. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25013.pdf>

DICTA, 2004. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. El cultivo de frijol. (en línea). Consultado 07 ago. 2015. Disponible en. <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011.pdf>

DICTA, 2015. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Norte y valles de Olancho. Consultado el 09 ago. 2015. Disponible en. <http://www.dicta.hn/norte-y-valles-de-olancho.html>

El calcio en las plantas, S.f. (en línea). Consultado 10 ago. 2015. Disponible en. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/calcium-in-plants>

Escoto, 2004. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Manual técnico el cultivo de frijol. (en línea). Tegucigalpa M.D.C. Honduras C.A. Consultado 25 jul. 2015. Disponible en. <http://www.dicta.hn/files/Manual-cultivo-de-FRIJOL-2004.pdf>

Escoto, 2011. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. El cultivo de frijol. (en línea). Tegucigalpa M.D.C. Honduras C.A. Consultado 29 jul. 2015. Disponible en. <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011.pdf>

FAO, 2002. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Los fertilizantes y su uso. (en línea). Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>

Flores, 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción y calidad de suelos sembrados con frijol en Olancho Honduras. (en línea). Consultado 10 ago. 2015. Disponible en. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1414>

Formas de nitrógeno en el suelo. S.f. (en línea). Consultado 29 jul. 2015. Disponible en <http://www.sagan-gea.org/>

Forsythe y Díaz, 1969. Factores del suelo. (en línea). Consultado 09 ago. 2015. Disponible en. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2075/1/T1750.pdf>

Foth, H. 1986. Los suelos y la nutrición mineral de las plantas. Calcio y Magnesio. Fundamentos de la ciencia del suelo. Cap. 12 pg. 318.

Frijol, s.f. Frijol *Phaseolus vulgaris* Consultado 20 may. 2016. Disponible en. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_frijol.pdf

Martínez, LH, 2005. Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L) en la estación experimental La Compañía, Carazo. (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en. <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v182c.pdf>

Mikkelsen, R. 2010. Fuentes de magnesio. (en línea). Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. [https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/0FF40EBB414EF2B10525777D0075087B/\\$file/3.+Fuentes+de+Magnesio.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/0FF40EBB414EF2B10525777D0075087B/$file/3.+Fuentes+de+Magnesio.pdf)

Moscatelli, G; Lutters, A; Gómez, L.A; s.f. Niveles de disponibilidad y reservas de potasio. (en línea). Consultado 10 ago. 2015. Disponible en. <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20l.pdf>

Orjuela, 1973. Metabolismo del azufre en suelos agrícolas. (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A2823E/A2823E.PDF>

Padilla, 2012. Evaluación de diferentes dosis de fertilización química en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la zona Concepción sur Santa Bárbara. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas HN. 11 p.

Pagoaga, GA. 2003. Respuesta de tres variedades de frijol a cinco métodos de fertilización. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 18 p. (en línea). Consultado 10 ago. 2015. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2075/1/T1750.pdf>

Rodríguez, GR, Jasso, CD, Rojas, PC, y Salas, CA, 2005. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en sistemas agrícolas que aprovechan escurrimientos. (en línea). Consultado 12 ago. 2015. Disponible en. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/ingenieria/rendfrijol.pdf>
SAG, 2012. El cultivo de frijol en Honduras. (en línea). Consultado 29 jul. 2015. Disponible en. <http://www.dicta.hn/files/El-cultivo-de-Frijol-Honduras-2012.pdf>

Santos, AT, 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art247-255.pdf>

Sanzano, s.f. El fosforo del suelo. (en línea). Consultado 30 jul. 2015. Disponible en. <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>

Suazo Pacheco, JT. 2013. Efecto de caldos minerales y biofertilizantes orgánicos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agr. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. Pág. 62.

Vallejos, B, 2005. Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L) en la estación experimental La Compañía, Carazo. (en línea). Consultado 20 may. 2016. Disponible en. <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v182c.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1. ANAVA para la variable altura de planta 21 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	99.37	11	9.03	1.78	0.1030
Tratamiento	79.37	6	13.23	2.61	0.0374
Repetición	20.00	5	4.00	0.79	0.5664
Error	152.23	30	5.07		
Total	251.29	41			

R^2 0.39

CV 9.26

Anexo 2. ANAVA para la variable altura de planta 28 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	69.96	11	6.36	1.49	0.1856
Tratamiento	38.93	6	6.49	1.52	0.2044
Repetición	31.03	5	6.21	1.46	0.2330
Error	127.76	30	4.26		
Total	197.72	41			

R^2 0.35

CV 6.59

Anexo 3. ANAVA para la variable altura de planta 35 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	318.83	11	28.98	2.43	0.0265
Tratamiento	246.28	6	41.05	3.44	0.0105
Repetición	72.55	5	14.51	1.22	0.3257
Error	357.91	30	11.93		
Total	676.74	41			

R^2 0.47

CV 7.62

Anexo 4. ANAVA para la variable altura de planta 42 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	382.91	11	34.81	2.72	0.0146
Tratamiento	289.52	6	48.25	3.77	0.0065
Repetición	93.39	5	18.68	1.46	0.2323
Error	383.90	30	12.80		
Total	766.82	41			

R² 0.50

CV 6.84

Anexo 5. ANAVA para la variable área foliar (cm²) 21 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	441.82	11	40.17	1.87	0.0855
Tratamiento	243.16	6	40.53	1.89	0.1160
Repetición	198.66	5	39.73	1.85	0.1333
Error	644.57	30	21.49		
Total	1086.40	41			

R² 0.41

CV 16.59

Anexo 6. ANAVA para la variable área foliar (cm²) 28 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	314.30	11	28.57	0.83	0.6148
Tratamiento	186.98	6	31.16	0.90	0.5063
Repetición	127.32	5	25.46	0.74	0.6014
Error	1036.09	30	34.54		
Total	1350.39	41			

R² 0.23

CV 15.64

Anexo 7. ANAVA para la variable área foliar (cm²) 35 días.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2198.92	11	199.90	3.45	0.0034
Tratamiento	1983.10	6	330.52	5.70	0.0005
Repetición	215.83	5	43.17	0.74	0.5961
Error	1738.44	30	57.95		
Total	3937.36	41			

R² 0.56

CV 14.40

Anexo 8. ANAVA para la variable días a floración.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.86	11	0.62	0.48	0.9024
Tratamiento	4.00	6	0.67	0.51	0.7952
Repetición	2.86	5	0.57	0.44	0.8184
Error	39.14	30	1.30		
Total	46.00	41			

R² 0.15

CV 3.09

Anexo 9. ANAVA para la variable días a madurez fisiológica.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.81	11	0.98	0.66	0.7591
Tratamiento	2.81	6	0.47	0.32	0.9231
Repetición	8.00	5	1.60	1.08	0.3899
Error	44.33	30	1.48		
Total	55.14	41			

R² 0.20

CV 1.81

Anexo 10. ANAVA para la variable número de vainas por planta.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	213.57	11	19.42	1.51	0.1807
Tratamiento	173.64	6	28.94	2.25	0.0658
Repetición	39.94	5	7.99	0.62	0.6857
Error	386.60	30	12.89		
Total	600.18	41			

R² 0.36

CV 19.19

Anexo 11. ANAVA para la variable número de granos por vaina.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.28	11	0.21	1.93	0.0756
Tratamiento	2.19	6	0.37	3.41	0.0110
Repetición	0.08	5	0.02	0.15	0.9772
Error	3.22	30	0.11		
Total	5.50	41			

R² 0.41

CV 9.13

Anexo 12. ANAVA para la variable peso de 100 granos (g).

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	206.24	11	18.75	7.83	0.0001
Tratamiento	201.11	6	33.52	14.00	0.0001
Repetición	5.13	5	1.03	0.43	0.8248
Error	71.82	30	2.39		
Total	278.07	41			

R² 0.74

CV 5.47

Anexo 13. ANAVA para la variable rendimiento en kg.ha⁻¹.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	604533.77	11	54957.62	0.83	0.6139
Tratamiento	349057.80	6	58176.30	0.88	0.5235
Repetición	255475.96	5	51095.19	0.77	0.5787
Error	1990187.13	30	66339.57		
Total	2594720.90	41			

R² 0.23

CV 50.44

Anexo 14. Porcentaje de plantas cosechadas.

Trat	Repeticiones						Total de plantas cosechadas	Total plantas al 100% germinación	% de plantas cosechadas	% de pérdida de plantas
	1	2	3	4	5	6				
1	112	400	148	83	179	80	1002	4896	20.5	79.5
2	70	151	196	89	85	110	701	4896	14.3	85.7
3	222	172	92	86	91	173	836	4896	17.1	82.9
4	150	126	134	105	207	95	817	4896	16.7	83.3
5	16	68	52	43	44	121	344	4896	7.0	93.0
6	173	132	130	109	76	105	725	4896	14.8	85.2
7	114	87	101	217	117	167	803	4896	16.4	83.6
Total										84.7