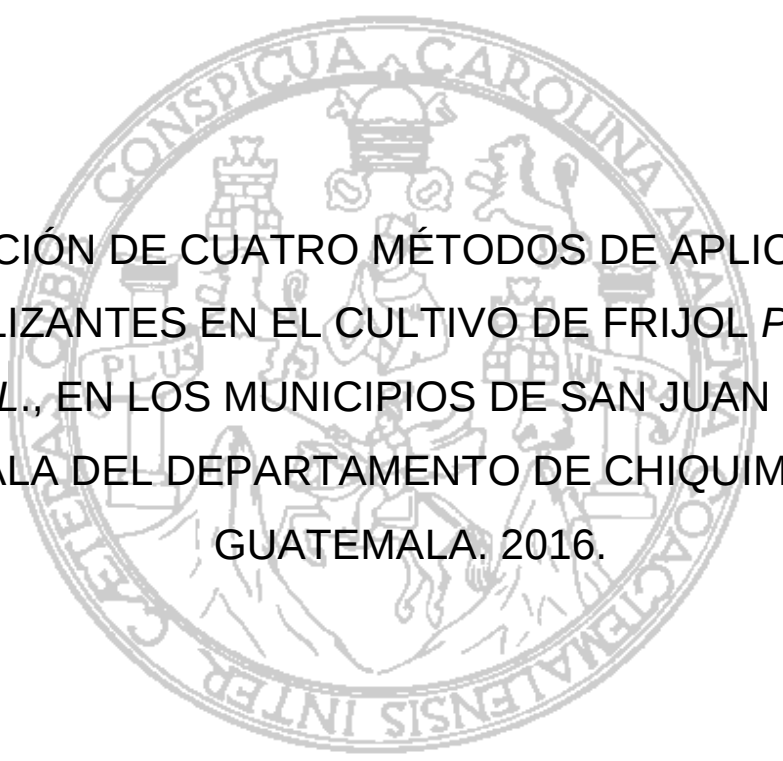


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE APLICACIÓN DE
FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus*
vulgaris L., EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN ERMITA E
IPALA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA,
GUATEMALA. 2016.

RAÚL OCTAVIO GARCÍA SOSA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE APLICACIÓN DE
FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L., EN
LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN ERMITA E IPALA DEL
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA. 2016.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

RAÚL OCTAVIO GARCÍA SOSA

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



**RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Godofredo Ayala Ruiz
Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya
Ing. Agr. Wilmer Alexander Barillas Morales

Chiquimula, julio 2017

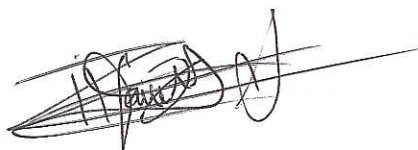
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L., EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN ERMITA E IPALA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA. 2016.**

Presentando como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Raúl Octavio García Sosa', with a long horizontal line extending to the right.

Raúl Octavio García Sosa

Carné: 201043493

REF-PTG- MDJA-02-2017
Chiquimula, julio de 2017

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Raúl Octavio García Sosa carné: 201043493 en el trabajo de investigación denominado **"EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE FRIJOL Phaseolus vulgaris L., EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN ERMITA E IPALA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA. 2016"**; tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he asesorado y orientado al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Mario David Jordán Aguirre
Asesor Principal



cc. Archivo

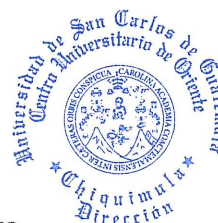
D-TG-A-077/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **RAÚL OCTAVIO GARCÍA SOSA** titulado **“EVALUACIÓN DE CUATRO MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L., EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN ERMITA E IPALA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA. 2016”**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación a Nivel de Licenciatura**, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a dieciocho de agosto de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Nery Waldeemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Todopoderoso por ser el centro de mi vida, iluminar mi camino y darme la sabiduría para alcanzar una de mis metas.

MIS PADRES: Víctor Raúl García Álvarez y Nora Maritsa Sosa Chacón, por su amor incondicional, su apoyo en cada momento de debilidad y por todos los sacrificios que realizaron, que este triunfo sea una pequeña recompensa a su esfuerzo.

MIS HERMANOS: José Manuel García Sosa y Mercy Siomara García Sosa, por el apoyo, consejo y amistad que siempre me han brindado.

MIS SOBRINOS: Daniela Sofía Juárez García, Víctor Daniel Juárez García y José Pablo García Guerra, por el cariño hacia mi persona.

MI ABUELA: Sofía Chacón (†), por haberme amado, apoyado y animado en cada momento a cumplir mis metas.

MI FAMILIA: A todos con admiración, respeto y cariño.

MIS AMIGOS: Con aprecio hacia todos, por los buenos momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE “USAC-CUNORI”

A LA CARRERA DE AGRONOMÍA

A MIS CATEDRATICOS

Por transmitir sus conocimientos y formar parte en mi formación como profesional.

A MIS ASESORES DE TESIS

Ing. Agr. Mario David Jordán Aguirre

Ing. Agr. Diego Alejandro Gudiel Escobar

Por su valiosa colaboración en la elaboración de esta investigación.

A todas las personas que de cierta manera colaboraron en la formación de este documento.

ÍNDICE

0.	ÍNDICE DE CUADROS	iv
	ÍNDICE DE ANEXOS	vi
	RESUMEN	vii
1.	INTRODUCCIÓN	01
2.	MARCO CONCEPTUAL	02
	2.1. ANTECEDENTES	02
	2.2. JUSTIFICACIÓN	04
	2.3. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	05
3.	MARCO TEÓRICO	06
	3.1. IMPORTANCIA DEL FRIJOL	06
	3.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL FRIJOL	06
	3.3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	07
	3.4. HÁBITO DE CRECIMIENTO	08
	3.5. DENSIDAD VEGETAL Y RENDIMIENTO	09
	3.6. COMPONENTES DE CRECIMIENTO	10
	3.7. IMPORTANCIA EN LA FERTILIZACIÓN DE FRIJOL	11
	3.8. FUENTES FERTILIZANTE	13
	3.8.1. Fertilizante granular	13
	3.8.2. Fertilizante hidrosoluble	14
	3.9. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE FUENTES DE FERTILIZANTES	15
	3.9.1. Dosis correcta	15
	3.9.2. Fuente correcta	15
	3.9.3. Momento correcto	16
	3.9.4. Ubicación correcta	16
	3.10. ASPECTOS ECONÓMICOS	16
	3.11. REQUERIMIENTO DE CLIMA Y SUELO	17
	3.12. LIMITANTES DEL CULTIVO	18
	3.13. CONTRIBUCIONES DE LA MEJORA GENÉTICA	20
	3.14. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL FRIJOL COMÚN	21
4.	MARCO REFERENCIAL	23

4.1.	UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	23
4.2.	CONDICIONES CLIMÁTICAS Y ZONAS DE VIDA	23
4.3.	CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL A EVALUAR	24
4.4.	REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES DEL FRIJOL	24
5.	MARCO METODOLÓGICO	26
5.1.	OBJETIVOS	26
5.1.1.	Objetivo general	26
5.1.2.	Objetivos específicos	26
5.2.	HIPÓTESIS	27
5.3.	ÁREA EXPERIMENTAL	28
5.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	28
5.4.1.	Fertilización al voleo (T1)	28
5.4.2.	Aplicación manual de fertilizante por postura (T2)	28
5.4.3.	Aplicación manual de fertilizante cada dos posturas (T3)	28
5.4.4.	Aplicación de fertilizante hidrosoluble (T4)	29
5.5.	UNIDAD EXPERIMENTAL	29
5.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL	30
5.7.	MODELO ESTADÍSTICO	30
5.8.	VARIABLES RESPUESTA	30
5.8.1.	Altura de la planta	30
5.8.2.	Vainas por planta	31
5.8.3.	Granos por vaina	31
5.8.4.	Peso de 100 granos	31
5.8.5.	Rendimiento de grano	31
5.8.6.	Rentabilidad por cada tratamiento	31
5.9.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
5.10.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	32
5.10.1.	Preparación del terreno	32
5.10.2.	Tratamiento de semilla	32
5.10.3.	Siembra	32
5.10.4.	Fertilización	32

5.10.5. Control de malezas	33
5.10.6. Control de plagas	33
5.10.7. Control de enfermedades	34
5.10.8. Cosecha	34
6. RESULTADOS	35
6.1. LOCALIDAD DE SAN JUAN ERMITA	35
6.2. LOCALIDAD DE IPALA	41
7. CONCLUSIONES	49
8. RECOMENDACIONES	50
9. BIBLIOGRAFÍA	51
10. ANEXOS	58

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Clasificación botánica del frijol <i>P. vulgaris</i> .	7
2	Características agronómicas de las variedades mejoradas del frijol en Guatemala liberadas por el ICTA.	18
3	Exigencias minerales del frijol (como norma general).	25
4	Resultados de los análisis de suelos de los sitios donde se condujeron los experimentos de evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes.	25
5	Promedios obtenidos de la variable altura de la planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	35
6	Análisis de varianza para la variable altura de la planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	36
7	Promedios obtenidos de la variable vainas por planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	36
8	Análisis de varianza para la variable vainas por planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	37
9	Promedios obtenidos para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	37
10	Análisis de varianza para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	38
11	Promedios obtenidos para la variable peso de 100 granos en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	38
12	Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	39
13	Promedios rendimiento del cultivo de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> en los métodos de aplicación de fertilizante en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	40
14	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	40

15	Evaluación financiera para todos los tratamientos de la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	41
16	Promedios obtenidos para la variable altura de la planta en la localidad de Ipala, Chiquimula	42
17	Análisis de varianza para la variable altura de la planta en la localidad de Ipala, Chiquimula.	42
18	Promedios obtenidos para la variable vainas por planta en la localidad de Ipala, Chiquimula.	43
19	Análisis de varianza para la variable vainas por planta en la localidad de Ipala, Chiquimula.	43
20	Promedios obtenidos para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala, Chiquimula.	44
21	Análisis de varianza para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala, Chiquimula.	44
22	Promedios obtenidos para la variable peso de 100 granos en la localidad de Ipala, Chiquimula.	45
23	Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la localidad de Ipala, Chiquimula	45
24	Rendimiento del cultivo de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> en los métodos de aplicación de fertilizante en la localidad de Ipala, Chiquimula	46
25	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano en la localidad de Ipala, Chiquimula.	47
26	Evaluación financiera para todos los tratamientos de la localidad de Ipala, Chiquimula.	48

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Mapa de ubicación del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula. En el cual se realizó la evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes para la producción de frijol. 2016.	59
2	Mapa de ubicación del municipio de Ipala, Chiquimula. En el cual se realizó la evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes para la producción de frijol. 2016.	59
3	Croquis del área experimental en la evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes para la producción del frijol, en dos localidades del corredor seco, departamento de Chiquimula, Guatemala. 2016.	60
4	Momento de siembra utilizando la variedad ICTA Ligero en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	60
5	Fertilización al voleo (T1) en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	61
6	Fertilización manual (utilizando chuzo) por postura (T2), en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	61
7	Fertilización manual (utilizando chuzo) cada dos posturas (T3), en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.	62
8	Fertilización hidrosoluble con bomba dosificadora de mochila de 20 litros (T4).	62

RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos localidades del corredor seco de Guatemala, en los municipios de San Juan Ermita e Ipala, pertenecientes al departamento de Chiquimula. El objetivo fue evaluar cuatro métodos de aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris*, variedad ICTA Ligero. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco repeticiones y cuatro tratamientos: fertilización al voleo, fertilización sembrado en cada postura, fertilización sembrado entre dos posturas y fertilización hidrosoluble por postura. Para ello se utilizó fertilizante granular 15-15-15 para los primeros tres tratamientos y fertilizante hidrosoluble 20-20-20 para el último tratamiento. Como variables respuesta se evaluaron la altura de planta, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano.

De acuerdo con los resultados estadísticos, no se presentan diferencias significativas en ninguna de las variables en respuesta a los métodos de fertilización aplicados. Como promedio en rendimiento de grano, levemente respondió mejor el método de fertilizante sembrado a cada postura en ambas localidades.

En cuanto al análisis económico en la localidad de San Juan Ermita, la fertilización al voleo presenta la mejor relación beneficio costo 0.63, siendo el tratamiento que menos pérdidas presentó. Para la localidad de Ipala, la fertilización hidrosoluble presentó la mejor relación beneficio costo, siendo de 1.21. Según el MAGA (2016), los rendimientos reportados para la región de San Juan Ermita fueron de 308.9 kg/ha y en el ensayo establecido en dicha localidad, la fertilización manual (sembrado) por postura presentó un rendimiento de 356.7 kg/ha, lo que representa un incremento del 15.47% sobre la producción local.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el frijol es uno de los componentes básicos de la dieta alimenticia de la mayoría de la población. El consumo regular de este grano, ayuda a prevenir la desnutrición, ya que representa un aporte importante de proteínas, brindando hasta un 22%, lo cual es relevante, debido al contenido similar de proteína en la carne.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las personas productoras de frijol negro es el bajo rendimiento, causado en muchos casos por la ausencia de buenas prácticas agrícolas que les permitan optimizar sus recursos e insumos, en beneficio de la productividad del sistema de producción.

En el país están delimitadas cuatro regiones que sobresalen como productoras de frijol, las cuales por orden de importancia son: Región Oriental, Región Altiplano, Región del Norte y la Región del Sur. Según el INE en 2008, citado por el IICA en 2014, el 38% del frijol negro que se produce en Guatemala se cultiva en la Región Oriente, que comprende los departamentos de Jutiapa, Jalapa, Chiquimula y Zacapa.

El cultivo de frijol se realiza en un sistema de producción poco tecnificado, por lo que para obtener buenos rendimientos es indispensable mejorar uno de los factores de la producción relacionados con una fertilización eficiente. El método más utilizado por los productores de nuestra región es al voleo. Sin embargo, no se tiene conocimiento sobre su eficiencia y si otros métodos de aplicación influyen notablemente en los rendimientos.

El objetivo de esta investigación, es evaluar cuatro métodos de aplicación de los fertilizantes para el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* L; analizando las variables rendimiento, altura de la planta, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y la relación beneficio/costo en cada uno de los métodos.

El ensayo se estableció en septiembre y se cosechó en noviembre de 2016. La siembra en esta época es denominada de “segunda”, bajo las condiciones ambientales de los municipios de San Juan Ermita e Ipala del departamento de Chiquimula.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

Según Vavilov (1951), citado por Rivas (2004), se acepta sin controversia alguna el origen americano del frijol *Phaseolus vulgaris* L., investigaciones arqueológicas han permitido ubicar restos del cultivo de frijol en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. A pesar que, como puede verse, en América Latina el frijol ha venido cultivándose desde tiempos ancestrales no se sabe cuándo el frijol escapó de la parcela familiar para convertirse en un cultivo de importancia económica, ni el suceso que motivó su expansión.

La especie *Phaseolus vulgaris* L., fue considerada por Linnaeus (1753) como de origen asiático, señalando a la India como el posible centro de diversificación debido a la gran variedad de tipos. Posteriormente De Candolle (1886), basándose en los escritos griegos sobre el cultivo de la leguminosa “Phaseolus”, consideró que *Phaseolus vulgaris* L. procedía de Asia Occidental (Vavilov (1951), citado por Rivas (2004)).

Poco después, cuando Wittmack encontró en las excavaciones de Ancona, Perú, semillas de *Phaseolus vulgaris* L. junto con semillas de *Phaseolus lunatus* L., De Candolle modificó su opinión, en el sentido de que *Phaseolus vulgaris* L. posiblemente tenía su centro de diversificación en América del Sur. Más tarde Vavilov, de acuerdo con Bucasov (1931), después de haber estudiado numerosas variedades de frijol recolectadas en México, Guatemala, Colombia, Perú, Chile y Bolivia, dedujo que el área México-Guatemala era el centro de mayor diversificación de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (Ospina (1984), citado por Rivas (2004))

Según Simmons, Tarano y Pinto (1959), las leguminosas como el frijol, son fuentes muy importantes de proteínas y calorías en la dieta de los habitantes de América y África tropical, en dónde estas suplen la alimentación en carbohidratos como maíz, yuca y plátano.

Existe un acuerdo que *Phaseolus* es originario del continente americano y las especies del viejo mundo pasan al género *Vigna* (Ospina (1984), citado por Rivas (2004)).

Según Debouck (1988), citado por Rivas (2004), indica que existen 5 especies que actualmente son cultivadas en el continente americano: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus actufikius*. var *latifolius*, *Phaseolus polyanthus*.

El género *Phaseolus* tiene un amplio rango de adaptación, desde climas semiáridos hasta tierras altas, húmedas y frías de Guatemala. Condiciones de temperaturas cálidas, son mejores para *Phaseolus vulgaris*, ésta se encuentra entre alturas de 500 a 1800 msnm (Simmons, Tarano y Pinto, 1959).

Según Mas Guillén (2007) en su investigación realizada en Cuyuta, Masagua, Escuintla, el rendimiento del frijol variedad ICTA Ligero es superior al manejarse una densidad de población de 333,333 plantas por hectárea (0.3 m entre surcos y 0.3 m entre posturas, 3 plantas por postura). Si se fertiliza en forma manual (sembrado), debe de colocarse el fertilizante correspondiente a cada dos posturas en el centro de ellas. Para la fertilización pueden usarse cualquiera de las formulas 20-20-0 ó 15-15-15.

Según IICA (2014), se debe aplicar el fertilizante sembrándolo y posteriormente taparlo con el suelo para que sea mejor aprovechado por la planta, tratando que el fertilizante no entre en contacto con las raíces. También indican que el suelo esté completamente húmedo para realizar la fertilización.

2.2. JUSTIFICACIÓN

La fertilización es uno de los factores que inciden considerablemente en el vigor, rendimiento, calidad y desarrollo de la planta de frijol, convirtiéndola en una de las prácticas agronómicas más importantes en el cultivo. Actualmente existen varios métodos de aplicación de fertilizantes: al voleo, sembrado, tronqueado, entre otros. A pesar de que los agricultores tienen una forma definida de fertilizar, cada método debería de presentar resultados diferentes en los rendimientos netos de cosecha. Como resultado, un método ineficiente puede estar causando pérdidas económicas.

Los productores de frijol se han enfocado en aplicar el fertilizante de una sola manera, sin tener el conocimiento de cuál es el método más eficiente de aplicación de fertilizantes. Los rendimientos del cultivo de frijol pueden mejorarse brindándoles a los agricultores la información necesaria para realizar una correcta forma de aplicar fertilizantes.

Por sus bondades, principalmente de rendimiento, precocidad y tolerancia a los principales patógenos, la variedad ICTA Ligero es actualmente adoptado por la mayoría de los productores. Sin embargo, se desconoce cuál es el método más eficiente para fertilizar esta variedad.

Teniendo en cuenta la necesidad de los productores excedentarios de frijol, el Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en conjunto con la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente diseñaron la presente investigación, con el propósito de evaluar cuatro métodos de aplicación de fertilizante y generar datos como la altura de las plantas, vainas por planta, granos por vaina y peso de 100 granos en cada uno de los métodos de fertilización, para identificar el método que presente mayor productividad, eficiencia técnica y rentabilidad, lo que se traducirá en un mejor desarrollo económico para los productores de frijol del Nor-orient de Guatemala.

2.3. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. es una leguminosa cuyo cultivo es una de las prácticas agrícolas de mayor importancia dentro del corredor seco del país, siendo base de alimentación de la población guatemalteca en general, por su alto contenido de proteína y aminoácidos esenciales.

En esta región se depende mucho de este cultivo, tanto en lo alimenticio como en lo económico. En los últimos años, productores individuales y grupos organizados han iniciado la producción excedentaria. Sin embargo, se siguen teniendo problemas debido a las condiciones ambientales del corredor seco.

Los agricultores demandan materiales genéticos de alto rendimiento, por lo que la evaluación de cultivares de frijol y su fertilización es importante para dar a conocer su correcta forma de producción. Estos materiales los produce el programa de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Dentro de los cultivares de frijol disponibles en el mercado se encuentra la variedad ICTA Ligero, ésta presenta una arquitectura más compacta y menor altura que otros materiales que se han utilizado en las zonas tropicales, lo que la hace potencial para manejarse a densidades de siembra mayores que las que normalmente se recomiendan y de esta forma aprovechar en mejor forma su potencial genético.

Se pretende presentar diferentes métodos de aplicar el fertilizante en el cultivo de frijol, debido a que en el corredor seco se están utilizando diversas formas pero sin determinar exactamente cuál es la mejor manera de aplicar el fertilizante. Los productores normalmente aplican el fertilizante de manera manual con la técnica conocida como al “voleo”.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. IMPORTANCIA DEL FRIJOL

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes, debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por ser un suplemento nutricional en la dieta alimenticia de los habitantes de Centro y Sur América. En América Latina y África, el frijol común y los guisantes forrajeros son importantes fuentes de proteínas en la dieta humana. Desde el punto de vista de la cantidad consumida, las leguminosas ocupan el segundo lugar, después de los cereales. (Poey (1979), citado por Mas Guillén (2007)).

En el país, dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población. El frijol se cultiva a nivel nacional variando, desde luego, el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de una región u otra.

Para los guatemaltecos, especialmente para aquellos de escasos recursos económicos, el frijol es importante para la dieta, contiene entre el 15 y el 27% de proteína. El frijol de color negro es el preferido y es un cultivo practicado por agricultores de bajos recursos económicos y utilizando principalmente suelos marginales y frecuentemente es asociación con otros cultivos entre estos el maíz.

Según el INE (2008), citado por el Villatoro, Castillo y Franco (2011), como producto alimenticio básico, la demanda siempre aumenta, es comprensible la tendencia al alza que se observa, tanto en el número de fincas, como en la superficie cosechada y la producción obtenida.

3.2. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL FRIJOL

La taxonomía inicial del cultivo fue hecho por Linneo en 1753, posteriormente fue modificada por Cronquist (1981), citado por Rivas (2004) quien menciona que el frijol común es un prototipo del género *Phaseolus*.

Cuadro 1. Clasificación botánica del frijol *P. vulgaris*.

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Rosidae
ORDEN	Fabales
FAMILIA	Fabaceae
SUBFAMILIA	Faboideae
GENERO	Phaseolus
ESPECIE	Vulgaris

Fuente: Rivas, 2004

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

De acuerdo con Molina (1972), citado por Mas Guillén (2007), el frijol es una especie anual, originaria de América Central, el Sur de México y Sur América, en estos lugares se cultiva desde épocas precolombinas. Hoy en día se encuentran especies silvestres en ciertos lugares de Sur América, el frijol es sin duda la especie más importante del género *Phaseolus*. Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto de una raíz principal y muchas raíces secundarias ramificadas en la parte superior del suelo. Los tallos son débiles, angulosos, de sección cuadrangular y de altura muy variable de acuerdo a la variedad.

El porte de la planta está determinado por la forma y posición de tallos; si el tallo principal presenta una inflorescencia terminal, el crecimiento de éste se detiene rápidamente (crecimiento determinado), las plantas son enanas y erectas. Si el tallo no produce esta inflorescencia aparecen axilas y la planta será guiadora o trepadora (crecimiento indeterminado). Las inflorescencias, ya sea en racimos terminales o axilas, tienen péndulos erguidos y algo vellosos, cada péndulo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta 30 o más; las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, estas pueden medir de 6 a 22 cm de largo.

La textura de las vainas es variada dependiendo de la presencia de ciertos tejidos fibrosos que se llaman corrientemente “hebras” (Vásquez, 1984).

3.4. HÁBITO DE CRECIMIENTO

Las plantas de frijol son arbustivas o postradas. Estos dos tipos de frijol han sido clasificados en diferentes categorías basadas en hábitos de crecimiento. Una clasificación ha sido propuesta por el CIAT (1979), el cual sugiere una clave para identificar los cuatro principales hábitos de crecimiento. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos hábitos de crecimiento y de subtipos (CIAT (1979), citado por Mas Guillén (2007)).

- **Tipo I:**

Hábito de crecimiento indeterminado; yemas terminales reproductivas en el tallo principal y las ramas; limitada o ninguna formación de nudos y hojas después de iniciada la floración.

- Ramas y tallo principal generalmente fuerte y erecto (Ia).
- Ramas y tallo principal débil, postrado, con alguna habilidad trepadora (Ib).

- **Tipo II:**

Hábito de crecimiento indeterminado; yemas terminales del tallo y las ramas, vegetativas; hay producción de hojas después de iniciada la floración tanto el tallo como las hojas fuertes y erectas.

- Guía terminal (indeterminados excesivamente alargados y débiles) ausente, por tanto carece de habilidad trepadora (IIa).
- Guía terminal de longitudes variables y por tanto posee cierta habilidad trepadora (IIb).

- **Tipo III:**

Hábito de crecimiento indeterminado; ramas relativamente débiles y abiertas, semipostradas. Carga de vainas concentrada en la parte basal de la planta. Su máximo rendimiento se logra en monocultivo.

- Ramas relativamente cortas, guía de tallo principal y/o en las ramas son pequeñas cuando se presentan y poseen débil habilidad trepadora (IIIa).
- Ramas largas, a menudo postradas, con guía del tallo principal relativamente larga y habilidad trepadora moderada (IIIb).

- **Tipo IV:**

Hábito de crecimiento indeterminado. Tallo y ramas muy débiles y excesivamente largos, con fuerte habilidad trepadora. Necesita apoyo para lograr rendimientos máximos.

- Carga de vainas distribuida a todo a lo largo de la planta (IVa).
- Carga de vainas principalmente en la parte superior de la planta (IVb).

Los tallos y ramas del frijol son delgados, torcidos, angulosos y apostillados; las formas trepadoras tienen más nudos que están más espaciados que en los tipos arbustivos determinados. Las hojas son alternas, trifoliadas, un poco pilosas y cada una posee un pulvino bien desarrollado en la base. El frijol normalmente se autopoliniza, ocurre menos de 1% de polinización cruzada (CIAT (1979), citado por Mas Guillén (2007)).

3.5. DENSIDAD VEGETAL Y RENDIMIENTO

Según Fagaria y Baligar (1997), citado por Mas Guillén (2007), indican que la densidad de siembra es un factor importante que afecta el rendimiento de los cultivos, el rendimiento biológico se incrementa con la densidad hasta un valor máximo, determinado por algún factor ambiental y, a densidades mayores, tiende a mantenerse constante siempre que no intervengan factores ajenos como el acame. El rendimiento en grano se incrementa hasta un valor máximo pero declina al

incrementar aún más la densidad. La densidad óptima de siembra debe ser determinada para cada cultivo bajo cada agro sistema con el fin de obtener rendimientos máximos.

En Centroamérica se siembra muy comúnmente las variedades de frijol de tipo arbustivo (Tipo I y Tipo II) tipo semi-guía (Tipo IIIb) a una distancia promedio de 50 cm entre surcos, con 10 cm entre posturas y una semilla por postura la cual da una densidad de 200,000 plantas/ha. En ensayos sobre densidad espacial de siembra en el área de Centroamérica, se encontró que el rendimiento del frijol tiene un punto máximo cuando la distancia entre surcos es de 31.6 cm y la distancia entre plantas es de 5.35 cm (López (1989), citado por Mas Guillén (2007)).

De acuerdo con Hernández y Páez (1971), citado por Mas Guillén (2007), a partir de este punto la respuesta declina para cualquier otra combinación de valores de distancia de siembra; esta distancia parece tener justificación en el hecho de que las densidades más altas podrían traducirse en una mayor competencia, en detrimento de la producción; a una menor densidad, puede ser debido al menor número de plantas por unidad de superficie.

Los distanciamientos recomendados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, para producir frijol son de 40 a 50 cm entre surcos y 30 a 40 entre posturas, con tres granos de frijol por postura (ICTA (1998), citado por Mas Guillén (2007)).

3.6. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

Los procesos fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y translocación de la energía disponible, determinan entre otras cosas el rendimiento de la planta. Es importante considerar a los componentes de rendimiento como indicadores de tendencias de los procesos que determinan el rendimiento, y no necesariamente como causas directas del mismo. Los componentes de rendimiento incluyen el número y peso del grano, número de estructuras florales (en el caso del frijol las vainas), etc. (Poey (1979), citado por Mas Guillén (2007)).

3.7. IMPORTANCIA EN LA FERTILIZACIÓN DE FRIJOL

La agricultura es un sector económico estratégico y multifuncional, que tiene como principal finalidad, asegurar de forma independiente una producción de alimentos y diversas materias primas suficientes, para cubrir las necesidades de una población humana creciente. Aunque la evolución de las técnicas agrícolas ha sido continua desde los inicios de la agricultura, hace unos 8,000 – 10,000 años, en nivel de desarrollo científico de la sociedad, es a partir de mediados del siglo XX, cuando el avance fue más sobresaliente, dando lugar a aumentos espectaculares en las producciones agrícola (Thevenet (1995), citado por Mas Guillén (2007)). En el citado avance tecnológico que genero el llamado cultivo intensivo o convencional, han contribuido las mejoras logradas en distintas técnicas agrarias como las variedades seleccionadas, la fertilización, el riego, la protección, etc. (FNUAP (2004), citado por Mas Guillén (2007)).

En cuanto a la fertilización del suelo, basada inicialmente en la utilización de los residuos orgánicos disponibles, principalmente estiércoles y fertilizantes inorgánicos de origen natural, experimentó un cambio drástico a partir de la década de 1950 con el desarrollo de los fertilizantes inorgánicos N-P-K, lo que contribuyó en gran medida a aumentar los rendimientos de los cultivos. El objetivo de la fertilización es aplicar los fertilizantes en el momento oportuno y en el lugar adecuado para que sean aprovechados por la planta de una mejor manera. La fertilización debe ser aplicada en el momento de la siembra o entre 8 a 10 días después de la misma, teniendo el cuidado que el fertilizante no entre en contacto con la semilla, contribuyendo a que las raíces lo absorban oportunamente (Poey (1979), citado por Mas Guillén (2007)).

Según Cooke (1981), el frijol por ser una planta leguminosa forma nódulos, producto de la simbiosis de las bacterias del género *Rhizobium* con las raíces de las plantas, lo que permite fijar nitrógeno atmosférico; pero algunas veces el suelo no contiene los microorganismos necesarios para la formación de nódulos y la fijación de nitrógeno y requiere una ligera fertilización nitrogenada para cubrir esta necesidad, con el fin de fomentar el rápido desarrollo inicial del cultivo.

De acuerdo con Álvarez (1988), las leguminosas se ayudan con las simbiosis del *Rhizobium*, pero sus rendimientos se elevan considerablemente con la aplicación del elemento nitrógeno; de ahí que con frecuencia sea necesario suministrarle una ligera fertilización nitrogenada en la época de siembra para el rápido desarrollo inicial del cultivo.

Jacob y Wexkull, citado por Álvarez (1988), indican que las leguminosas se ayudan con la simbiosis de *Rhizobium*; pero sus rendimientos se elevan considerablemente con la aplicación del elemento nitrógeno; de ahí que con frecuencia sea necesario suministrarle una ligera fertilización nitrogenada en la época de siembra con el fin de fomentar, el rápido desarrollo inicial del cultivo. La mejor forma en cuanto a la época de aplicación de nitrógeno es al momento de la siembra, ya que durante las primeras semanas de vida la planta necesita una fuente de nitrógeno en el suelo y posteriormente lo obtiene de los Rhizobios.

Masaya, citado por Álvarez (1988), recomienda que al fertilizar el frijol, el fertilizante debe ser aplicado al momento de sembrar o antes de la siembra; sugiriendo para el nitrógeno 75 a 150 kg/ha.

Fassbender, citado por Álvarez (1988), señala que las necesidades en el frijol son altas, y que en muchos casos la fertilidad natural de los suelos no es suficiente para cubrir los requerimientos del mismo, recurriéndose por ello a la fertilización nitrogenada.

Ramírez (2013) evaluó diferentes niveles de N-P-K en la variedad ICTA Ligero en el municipio de Quezaltepeque, Chiquimula. Concluyó que el mejor beneficio neto se obtuvo al utilizar la combinación 100-60-50 kg/ha de N-P-K. Por su parte, García (2013), utilizando la variedad ICTA Ligero en el municipio de Agua Blanca, Jutiapa, determinó que el mejor beneficio neto lo brindaba la combinación 50-60-100 kg/ha de N-P-K. El método de aplicación de fertilizantes utilizado en las anteriores investigaciones, fue de manera manual utilizando la herramienta conocida como chuzo.

3.8. FUENTES FERTILIZANTE

Molina (2003) define que los fertilizantes son materiales que contienen nutrimentos para las plantas y que son aplicados generalmente a través del suelo, el agua o aspersiones foliares.

Algunos de los beneficios del uso de fertilizantes se resumen a continuación:

- Suplir deficiencias nutricionales de los cultivos
- Restituir nutrimentos extraídos por la cosecha
- Mantener o mejorar la fertilidad del suelo
- Mejorar la resistencia de los cultivos a enfermedades
- Mejorar la calidad de las cosechas
- Incrementar los rendimientos
- Aumentar la rentabilidad del cultivo

La mayoría de los fertilizantes que se utilizan en la agricultura moderna y en particular en ambientes protegidos son productos químicos.

3.8.1. Fertilizante granular

Fertilizante formado por partículas de tipo gránulo cuyo diámetro oscila entre 1,0 y 4,0 mm. Los macronutrimentos son los elementos básicos en los programas de fertilización de la mayoría de los cultivos y generalmente son incluidos en las fórmulas granuladas de fertilizantes (Molina, 2003). Según Guerrero (s.f.), los fertilizantes granulados pueden ser de mezcla física o composición química, donde los de mezcla física son los que provienen de una mezcla mecánica de dos o más materiales y difieren de los fertilizantes de composición química en que no media reacción química alguna. Además, este autor define que la solubilidad de los fertilizantes consiste en la capacidad de liberar nutrimentos del estado sólido, no aprovechable para la planta, al estado iónico requerido para su absorción. Además,

Guerrero (s.f.) menciona que la solubilidad de los fertilizantes granulados depende de factores como la disponibilidad de agua en el suelo, las características físicas y químicas del suelo, la temperatura del suelo y la tecnología de los fertilizantes aplicados.

Para las formulaciones de las fuentes granuladas se deben tener en cuenta las propiedades físicas y químicas como los son el tamaño de las partículas del fertilizantes, la segregación, la consistencia de gránulo, la densidad aparente, la humedad relativa, la compactación y la incompatibilidad química, de las cuales, la última se puede presentar por desarrollo de calor, desarrollo de humedad, producción de gas, compactación o aumento de higroscopicidad al realizar las mezclas físicas (Molina, 2003; Guerrero, s.f.).

3.8.2. Fertilizante hidrosoluble

La característica principal de los fertilizantes hidrosolubles para fertirriego es que deben ser solubles en agua (Molina, 2003). Los productos mezclados en el agua de riego deben formar una verdadera solución nutritiva. Según Ludwick (1997), los productos hidrosolubles tienen una capacidad máxima de solubilidad en agua, la cual puede aumentar conforme aumenta la temperatura del agua o disminuir si se agregan otros productos en la mezcla. Los productos que se mezclan deben ser compatibles entre sí, para evitar las reacciones químicas entre materiales que causan precipitados y que obstruyen los sistemas de riego. Imas (1999), citado por Chavarría y Villalobos (2011), menciona que la calidad del agua especialmente crítico en los sistemas de riego por goteo, que deben mantenerse libres de sólidos en suspensión y microorganismos que pueden taponar los orificios de los emisores. Con frecuencia se presentan problemas en aguas con contenidos altos de calcio, a medida que se incrementa la concentración de calcio, aumenta la probabilidad de precipitación de los fertilizantes fosfatados agregados, los que se depositan en las paredes de los tubos, en los orificios de los goteros y en los aspersores (Molina, 2003).

3.9. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE FUENTES FERTILIZANTES

Dibb (2000) y Lora (2001) mencionan que la eficiencia de la fertilización y la viabilidad económica son parte del sistema total de producción y que cada uno de ellos tiene factores que necesitan ser optimizados para lograr la meta de producción propuesta.

Optimizar la eficiencia de uso de los nutrimentos conlleva la aplicación correcta de fertilizantes, esto es: dosis correcta, fuente correcta, en el momento correcto y en la ubicación correcta (Ciampitti y García (2008), Espinosa y Mite (s.f.)). Estos cuatro factores interactúan entre sí, con las condiciones edafo-climáticas y las prácticas de cultivo (Buresh y Witt (2007), Roberts (2007)).

3.9.1. Dosis correcta

Aplicaciones excesivas o insuficiencias pueden resultar en una deficiencia de uso de nutrimentos y/o en pérdidas de rendimiento o calidad del cultivo. Los análisis de suelo son la mejor herramienta disponible para estimar la capacidad del suelo de proveer nutrimentos (Ciampitti y García (2008)). Es importante conocer el balance de nutrimentos y como estos balances se relacionan con la disponibilidad de los nutrimentos para los cultivos según sus requerimientos (Buresh y Witt (2007), Espinosa y Mite (s.f.), Roberts, (2007)).

3.9.2. Fuente correcta

Las principales fuentes fertilizantes son granular convencional, fertilizantes líquidos, fertilizantes hidrosolubles para fertirriego, granular de liberación lenta, fertilizantes foliares y abonos orgánicos (Ciampitti y García (2008), Roberts (2007)).

El uso correcto de las distintas fuentes implica (Buresh y Witt, 2007):

- Conocer la disponibilidad de los nutrientes de las fuentes fertilizantes que son realmente utilizados y conocer la sensibilidad de los cultivos a determinados elementos químicos.
- Considerar las propiedades químicas y físicas de los suelos.

- Conocer la compatibilidad entre fuentes de fertilizantes.
- Tener control de elementos contaminantes, no nutritivos, en las fuentes.
- Considerar las interacciones entre fuentes fertilizantes y variables climáticas.

3.9.3. Momento correcto

Es necesaria la sincronización entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de nutrientes para mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Además del fraccionamiento de la fertilización, otra estrategia para mejorar la sincronización entre la aplicación y la absorción es la utilización de productos de menor solubilidad (fertilizantes de liberación lenta) (Buresh y Witt (2007), Espinosa y Mite (s.f.), Roberts (2007)).

3.9.4. Ubicación correcta

La determinación de una correcta ubicación del fertilizante puede ser tan importante como la determinación de una dosis de aplicación correcta. Existen muchas posibilidades de sitio de ubicación del fertilizante, pero las opciones de colocación más comunes son superficialmente o sub-superficialmente, en bandas o al voleo antes o después del momento de siembra (Ciampitti y García (2008), Roberts (2007)).

3.10. ASPECTOS ECONÓMICOS

El uso eficiente de fertilizantes es uno de los principales componentes de la mayor productividad del cultivo de frijol. Como esta práctica representa un alto porcentaje de los costos totales de producción, es importante conocer los factores que influyen en la respuesta del cultivo del frijol a la aplicación del fertilizante, para poder determinar las cantidades adecuadas que deben ser aplicadas, a fin de obtener el mayor beneficio económico para el agricultor.

El rendimiento por hectárea de un cultivo aumenta a medida que aumente el fertilizante, pero después de llegar a una cierta cantidad de fertilizante aplicado los rendimientos decrecen.

Un agricultor debe aplicar fertilizante hasta el punto en que la última unidad aplicada sea justamente la cantidad suficiente para producir un incremento en la producción que pueda compensar el costo adicional ocasionado por la compra de ésta última unidad de fertilizante (Ramos, Talavera y López; 1992).

3.11. REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO

- **El agua**

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo (CENTA, 2008).

- **La temperatura**

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 a 27° C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades (CENTA, 2008).

- **Luminosidad**

Obviamente el papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero la luz también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperiodo y elongación. A intensidades altas puede afectar la temperatura de la planta (CENTA, 2008).

- **Requerimientos edáficos**

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua (CENTA, 2008).

El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso.

Cuadro 2. Características agronómicas de las variedades mejoradas del frijol en Guatemala liberadas por el ICTA.

VARIEDAD	DÍAS A FLORACIÓN	COLOR DE FLOR	COLOR DE VAINA	DÍAS A COSECHA	TOLERANCIA A ENFERMEDADES	RENDIMIENTO QQ/MZ.	ADAPTACIÓN M.S.N.M.
ICTA Ostúa	38-40	Morado	Blanca	70-75	Mosaico dorado, roya y mosaico común	20-29	50-1200
ICTA Santa Gertrudis	38-40	Morado	Blanca	70-75	Mosaico dorado, bacteriosis y roya	20-29	50-1200
ICTA Ligero	29-30	Morado	Blanca	64-70	Mosaico dorado, bacteriosis y roya	20-25	50-1200
ICTA Texel	49	Morado	Blanca	110	Ascochyta antracnosis y roya	38	1500-2300
ICTA Altense	50-53	Morado	Crema	120	Ascochyta antracnosis y roya	38	1500-2300
ICTA Hunapú	50	Morado	Morado	115	Ascochyta, antracnosis y roya	38	1500-2300
ICTA Petén ^{ECM}	33-35	Morado	Beige	78	Roya y mosaico dorado	40	500-1500
ICTA Sayaxché	35-42	Morado	Beige	88	Roya y mosaico dorado	50	500-1500
ICTA Superchiva ^{ECM}	45	Morado	Beige	120	Roya y ascochyta	25	1800-2400

Fuente: Villatoro, Castillo y Franco; 2011

3.12. LIMITANTES DEL CULTIVO

- **Plagas**

El cultivo de frijol es atacado por los insectos desde el momento que se deposita la semilla en el suelo hasta la cosecha y almacenamiento. Se requiere el uso de diferentes prácticas que contribuyan a la prevención y/o control de las mismas en forma oportuna, tratando de integrar dichas prácticas (manejo integrado) de tal manera que el uso de plaguicidas sea aplicado en forma racional (CENTA, 2008).

- **Insectos del suelo**

Causan daños en las raíces y las plántulas. La presencia de estos insectos puede ser reducida con la preparación del terreno, haciendo una aradura profunda y volteando el suelo para que las plagas queden expuestas y sean destruidas por el sol o consumidas por aves, reptiles y otros animales insectívoros.

Entre las principales plagas de este grupo se encuentran: Gallina ciega, *Phillophaga spp.* y gusanos cortadores, *Agriotis ípsilon* (CENTA, 2008).

- **Plagas defoliadoras o que dañan las hojas**

Para reducir la presencia de estas plagas, es muy importante mantener los campos libres de malezas.

Entre las principales plagas de este grupo se encuentran: Babosas, *Vaginulus plebeius*; crisomélidos, *Diabrotica spp* y *Cerotoma spp.*; gusanos defoliadores; plagas chupadoras, *Empoasca kraemeri* y mosca blanca, *Bemisia tabaci* (CENTA, 2008).

- **Plagas de vaina y granos**

Para reducir la presencia de estas plagas en zonas muy afectadas es recomendable quemar los residuos inmediatamente después de las cosechas.

Entre las principales plagas de este grupo se encuentran: Picudo de la vaina, *Trichapion godmani* y gorgojos del grano, *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfaciatus* (CENTA, 2008).

- **Enfermedades**

Al igual que los insectos, las enfermedades ocasionan pérdidas considerables en el rendimiento del frijol cuando no son prevenidas en forma oportuna. Cuando una enfermedad se desarrolla completamente sobre el cultivo, es difícil su control, por lo que se recomienda la utilización de diferentes prácticas de prevención o control (manejo integrado) para disminuir el ataque de los patógenos (CENTA, 2008).

- **Enfermedades causadas por virus**

La enfermedad viral de mayor importancia es el virus del mosaico dorado amarillo que es transmitido por la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (CENTA, 2008).

- **Enfermedades causadas por bacterias**

La principal enfermedad causada por bacterias es la bacteriosis común causada por *Xanthomonas campestris pv. Phaseoli* (CENTA, 2008).

- **Enfermedades causadas por hongos**

En estas podemos encontrar: Mustia hilachosa, *Thanatephorus cucumeris*; mancha angular, *Phaeoisariopsis griseola*; antracnosis, *Colletotrichum lindemuthianum* y la roya, *Uromyces appendiculatus* (CENTA, 2008).

- **Malezas**

Las malezas compiten con el cultivo por el espacio, la luz, el agua, los nutrimentos y son hospederas de plagas y enfermedades. Las malezas no solo pueden ser el problema en el primer mes de establecida la parcela. Si se presentan a finales del cultivo provocan mayor humedad, calor y sombra, lo que favorece el desarrollo de enfermedades que contaminarán y dificultarán la cosecha.

Existen malezas de hoja angosta (zacates) y de hoja ancha, que se pueden propagar por medio de semillas, tubérculos, pedazos de tallos o raíces (CENTA, 2008).

3.13. CONTRIBUCIONES DE LA MEJORA GENÉTICA

La obtención de variedades mejoradas para nuevas zonas de cultivo ha sido una de las contribuciones más importantes de la mejora genética de las plantas. Esto se ha podido hacer frecuentemente ajustando el ciclo de la variedad a las variaciones del clima durante la vida de la planta en la nueva zona de cultivo. Otras contribuciones que ha hecho la mejora genética de plantas ha sido la mejora por ciertos caracteres agronómicos y además la obtención de variedades resistentes a enfermedades e

insectos que ha sido una de las contribuciones más importantes y ciertamente la mejor conocida (Allard (1978), citado por Rivas (2004)).

3.14. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL FRIJOL COMÚN

El mejoramiento genético de la planta contempla fundamentalmente, superar los factores limitantes para alta producción y buena calidad nutritiva. Una de las formas que ha sido el de coleccionar, para una región o localidad dada, el germoplasma disponible en la naturaleza o solicitar materiales para fines generales o específicos en los bancos de germoplasma existentes. Colectar materiales naturales puede tener, fundamentalmente, dos objetivos: Formar un banco de germoplasma y/o obtenerlo para formar un germoplasma de fitomejoramiento (Voyset, 1983).

El mejoramiento genético moderno se basa en una completa comprensión y aplicación de los principios de la genética. La habilidad del fitomejorador es importante, pero por si misma no es suficiente; es necesario además el conocimiento de las enfermedades de las plantas y su epidemiología; así como los factores que afectan la adaptación de las plantas.

El desarrollo y utilización de nuevas variedades de frijol, mejoradas en sus caracteres morfológicos y fisiológicos, de rendimiento y resistencia/tolerancia a factores ambientales adversos al cultivo, ha permitido en algunas localidades de la región el incremento y estabilización del rendimiento, lo mismo que la incorporación de nuevas áreas a la producción del frijol (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

El concepto de variedad agrícola se refiere a un grupo de plantas similares que, debido a sus características genéticas, morfológicas y de comportamiento, se pueden diferenciar de otro grupo de plantas y otras variedades dentro de la misma especie. Además de la denominación de variedad agrícola, también se le llama variedad comercial o simplemente variedad, que es el término más común (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

Las variedades nativas o criollas han sido obtenidas y manejadas por los agricultores en forma empírica desde tiempo ancestrales. Generalmente poseen buena variabilidad genética, ya que la mezcla de genotipos con sus diferentes grados de resistencia y tolerancia a patógenos o plagas, así como a sequías o a suelos de baja fertilidad garantiza una mayor estabilidad de la producción. Tienen además muy buena adaptación al microclima de la zona donde se cultivan (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

Una variedad mejorada del frijol está constituida por una línea pura o por una población de líneas puras, seleccionadas por sus características superiores, respecto a las variedades criollas o las variedades mejoradas comerciales, mediante un método de mejoramiento (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

Es tradicional realizar evaluaciones del germoplasma en tres o más etapas secuenciales. Esta evaluación no debe tener una duración superior a tres años en zonas que permitan dos épocas de siembra en condiciones climáticas normales. Todo el germoplasma disponible, incluyendo las líneas experimentales mejoradas, las accesiones promisorias de los bancos de germoplasma y las introducciones recibidas de otras instituciones, deben evaluarse juntas, salvo en los casos en los que ya exista información al respecto. Los sitios de evaluación deben ser contrastantes en cuanto a factores climáticos y representativos del área de producción (variabilidad patogénica, tipos de suelos, etc.) (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

Las variedades recién identificadas se deben registrar (si así lo requiere la ley), documentar, multiplicar y distribuir tan pronto como sea posible. Es crucial una verdadera superioridad de las nuevas variedades sobre las variedades comerciales y la máxima participación de los agricultores durante el proceso de validación de los materiales en las fincas. La ganancia genética de las nuevas variedades puede ofrecer ventajas en el rendimiento y calidad del grano, reducir los costos de los insumos, el ciclo del cultivo y/o ajustarse mejor en los sistemas de cultivo para una difusión rápida de las nuevas variedades (Araya; Rodríguez; Molina y Ramos, 1992).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los ensayos se establecieron en la zona del corredor seco del departamento de Chiquimula, en los municipios de San Juan Ermita e Ipala. En cada localidad se estableció un experimento independiente, por cada uno de los cuatro métodos de aplicación de fertilizantes evaluados.

San Juan Ermita se encuentra a una distancia de 22 kilómetros de la cabecera departamental Chiquimula. Se localiza entre el norte de Olopa y San Jacinto, al este de la cabecera departamental Chiquimula y al noroeste de Jocotán. Se encuentra localizado geográficamente en latitud norte $14^{\circ}45'37''$ y longitud oeste $89^{\circ}25'50''$, a una altura media de 569 m.s.n.m. (Wikipedia, 2016). El municipio de Ipala, se encuentra localizado en el oriente de la República de Guatemala; limita al norte con San José La Arada (Chiquimula); al éste con Quezaltepeque, Concepción Las Minas y San Jacinto (Chiquimula); al sur con Agua Blanca y Santa Catarina Mita (Jutiapa); y al oeste con San Luis Jilotepeque y San Manuel Chaparrón (Jalapa). Se encuentra localizado geográficamente en latitud norte $14^{\circ}37'09''$ y longitud oeste $89^{\circ}37'21''$, a una altura media de 832 m.s.n.m. (Wikipedia, 2016).

4.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS Y ZONAS DE VIDA

Según De la Cruz (1982), el municipio de San Juan Ermita se encuentra ubicado en una zona de vida de Bosque Seco Subtropical. La temperatura media anual oscila entre 23° y 25° centígrados y la precipitación anual media es de 1350 mm.

El municipio de Ipala se encuentra ubicado en una zona de vida de Bosque Seco Subtropical. La temperatura media anual oscila entre 19° y 24° centígrados y la precipitación anual media es de 850 mm.

Ambos municipios se caracterizan por poseer terrenos con relieve plano hasta accidentado.

4.3. CARACTERISTICAS DEL CULTIVAR EVALUADO

- **ICTA Ligero**

Según el ICTA (1998), citado por Mas Guillén (2007), es de hábito de crecimiento determinado, pero la carga mayor se da en la base de la planta; su altura es de 60 centímetros y la floración ocurre entre 29 y 30 días después de la siembra; el color de la flor es lila; la vaina madura es de color crema, con seis granos de color negro oscuro, la madurez fisiológica se presenta a los 64 días y puede cosecharse a los 71 días o antes, si el clima está seco.

Es resistente a Mosaico Dorado y tolerante a Antracnosis, Bacteriosis y Roya, comparado con dos materiales criollos. Ha mostrado rendimientos experimentales hasta 2.59 toneladas métricas por hectárea, con un promedio de 1.66 TM. A nivel comercial el rendimiento varía entre 20 y 30 quintales por manzana (1,300 a 1,950 kg/ha) en condiciones adecuadas de humedad y mono cultivo.

El tiempo de cocción en ollas de barro, de acuerdo con evaluaciones realizadas en Jalpatagua, Jutiapa, es de una hora con diez minutos. En opinión de los consumidores, el caldo es espeso y de buen sabor (ICTA (1998), citado por Mas Guillén (2007)).

ICTA Ligero es una variedad producto de la cruce de las líneas DOR 385 del CIAT y JU-90-4 del ICTA, realizada por el Programa de Frijol del ICTA en el centro de producción de Jutiapa.

4.4. REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES DEL FRIJOL

El frijol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P.

La información que se muestra en el cuadro 3 da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el frijol, obtenida a partir de trabajos realizados en el trópico con frijoles de hábito de crecimiento I (determinado arbustivo). Es de esperar que, para el caso de frijol de hábito IV (voluble), cuya producción en tallos y vainas es más alta, la demanda por nutrientes sea mayor. Surge entonces la necesidad de

adelantar estudios locales sobre absorción de nutrimentos del fríjol que se relacionen con las condiciones del cultivo en cada lugar y así llegar a tener la recomendación más ajustada para cada caso en particular. También los requerimientos nutricionales van de acuerdo a la variedad que se este se utilizando (FAO, 2017).

Cuadro 3. Exigencias minerales del fríjol (como norma general).

Componentes de la cosecha	Kg/ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	55	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: FAO, 2017

Cuadro 4. Resultados de los análisis de suelos de los sitios donde se condujeron los experimentos de evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes, 2016.

Localidad	pH	meq/100 ml		ppm						%
		Ca	Mg	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O.
		6-8	1.5-2.5	12-16	120-150	2-4	4-6	10-15	10-15	
Ipala, Chiquimula	5.44	8.79	2.49	0.7	310	0.21	0.51	1.10	9.17	2.88
San Juan Ermita, Chiquimula	5.89	8.73	1.48	0.6	270	0.12	0.24	0.61	4.97	2.16

De acuerdo a los resultados, los suelos tienen un pH ligeramente ácido. En términos generales presentan contenidos apropiados de calcio, magnesio y potasio; sin embargo, existe deficiencia de fósforo y de micronutrientes. Por otra parte, el nivel de materia orgánica presente en el suelo es relativamente bajo.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. OBJETIVOS

5.1.1. Objetivo general

Evaluar cuatro métodos para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* L. color negro, en los municipios de San Juan Ermita e Ipala del departamento de Chiquimula, Guatemala, para identificar el método que presente mayor productividad, eficiencia técnica y rentabilidad.

5.1.2. Objetivos específicos

- Comparar los componentes del rendimiento relacionados con la altura de las plantas, vainas por planta, granos por vaina y peso de 100 granos entre los tratamientos; para identificar el método de aplicación de fertilizantes que favorece el desarrollo de las plantas de frijol.
- Determinar el rendimiento en kg/ha de los tratamientos evaluados en el cultivo de frijol, para identificar el método de aplicación de fertilizantes que presente mayor productividad y eficiencia técnica.
- Calcular la relación beneficio/costo de los cuatro métodos utilizados para la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. color negro, con la finalidad de establecer que métodos presentan mayor rentabilidad.

5.2. HIPÓTESIS

Ho. Los cuatro métodos utilizados para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro, no presentan diferencias estadísticamente significativas en la altura de las plantas.

Ho. Los cuatro métodos utilizados para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro, no presentan diferencias estadísticamente significativas en el número de vainas por planta.

Ho. Los cuatro métodos utilizados para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro, no presentan diferencias estadísticamente significativas en el número de granos por vaina.

Ho. Los cuatro métodos utilizados para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro, no presentan diferencias estadísticamente significativas en el peso de 100 granos.

Ho. Los cuatro métodos utilizados para la aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro, no presentan diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento en kg/ha de grano.

5.3. ÁREA EXPERIMENTAL

Los ensayos se establecieron en la zona del corredor seco del departamento de Chiquimula, en los municipios de San Juan Ermita e Ipala. En cada localidad se estableció un experimento independiente con los cuatro métodos de aplicación de fertilizantes evaluados.

5.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

5.4.1. Fertilización al voleo (T1)

Este método se realizó de forma manual aplicando el fertilizante con la fórmula comercial 15-15-15 mezcla química distribuida en dos aplicaciones a razón de 195 kg/ha por aplicación, equivalente a 3 qq/mz por aplicación. La primera aplicación a los 8 días después de la germinación y la segunda aplicación a los 25 días después de la germinación.

5.4.2. Aplicación manual de fertilizante por postura (T2)

Para este tratamiento la aplicación se realizó sembrada a 5 cm de cada postura, utilizando chuzo y enterrándolo a aproximadamente 5 cm de profundidad, usando fertilizante con la fórmula comercial 15-15-15 mezcla química distribuida en dos aplicaciones a razón de 195 kg/ha por aplicación, con dosis de 2.34 gramos por postura. La primera aplicación a los 8 días después de la germinación y la segunda aplicación a los 25 días después de la germinación.

5.4.3. Aplicación manual de fertilizante cada dos posturas (T3)

Este método la aplicación de fertilizante se realizó sembrado cada dos posturas utilizando la herramienta conocida como chuzo y enterrándolo para que las raíces de las plantas tengan la capacidad de captar nutrientes. La cantidad de fertilizante por aplicación fue el doble del tratamiento en el que se aplicó fertilizante por postura (4.68 gramos). Se utilizó como fertilizante la fórmula comercial 15-15-15 mezcla química, en la que se realizaron dos aplicaciones a razón de 195 kg/ha. La primera

aplicación a los 8 días después de la germinación y la segunda aplicación a los 25 días después de la germinación.

5.4.4. Aplicación de fertilizante hidrosoluble (T4)

En este tratamiento se utilizó una bomba dosificadora de 20 litros, con la cual se aplicó el fertilizante disuelto en agua a cada postura. Usando fertilizante hidrosoluble con fórmula comercial 20-20-20, distribuida en dos aplicaciones. Cada aplicación con una dosis de 25cc por postura. La primera aplicación a los 18 días después de la germinación a razón de 42.25 kg/ha y la segunda aplicación a los 28 días después de la germinación a razón de 65 kg/ha.

Para determinar la cantidad de fertilizante hidrosoluble a utilizar por bomba de 20 litros se prepararon 2 soluciones de acuerdo con las proporciones recomendadas por el fabricante, se pesó 20.4 gr de fertilizante hidrosoluble y se diluyó en 1 litro de H₂O y 93.6 gr de fertilizante granular que también se diluyó en 1 litro de H₂O. Se tomó 1 ml de ambas soluciones y se colocó en tubos de ensayo, agregándoles 9 ml de H₂O destilada a cada tubo para un volumen total de 10 ml; posteriormente se agregó el reactivo para colorear fosfatos y se procedió a hacer la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 880 nm, se obtuvo 6 valores de absorbancia por solución, siendo los valores promedio 2.18 y 3.20 para el fertilizante hidrosoluble y granular respectivamente, al introducir los valores de absorbancia en la ecuación se obtuvo las concentraciones 5.51 mg/et PO₄⁻³ en solución fertilizante hidrosoluble y 6.41 mg/et PO₄⁻³ en solución fertilizante granular.

5.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

- **Parcela bruta**

El área de las parcelas fue de 21.6 m², que consistió de 3.60 m de ancho y 6.0 m de longitud; donde se establecieron 9 surcos a un distanciamiento de 0.30 m entre plantas y 0.40 m entre surcos.

- **Parcela neta**

El tamaño de la parcela neta fue de 4.80 m de longitud, por 1.2 m de ancho, cubriendo un área de 5.76 m².

5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado en la evaluación fue bloques completamente al azar, con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

5.7. MODELO ESTADÍSTICO

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

Dónde:

Y_{ij} = cada observación en la unidad experimental.

$i = 1, 2, \dots, 4$ tratamientos.

$j = 1, 2, \dots, 5$ repeticiones.

μ = efecto de la media general.

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

5.8. VARIABLES RESPUESTA

En la evaluación de cada tratamiento se analizaron las siguientes variables.

5.8.1. Altura de la planta

Previo a realizar la cosecha de cada parcela neta se tomaron al azar dieciséis plantas que sirvieron para determinar su altura y el promedio correspondiente. Utilizando para el efecto una regla graduada en centímetros.

5.8.2. Vainas por planta

Se tomaron al azar dieciséis plantas de cada parcela neta, de las que se recolectaron las vainas para contarlas y determinar el promedio correspondiente por planta.

5.8.3. Granos por vaina

Se tomaron al azar 50 vainas de la parcela neta y se procedió a retirarles y contar los granos, para obtener el promedio por vaina.

5.8.4. Peso de 100 granos

Cuando el grano presentó 12% de humedad, se tomaron al azar 100 granos de cada tratamiento y se determinó el peso en gramos.

5.8.5. Rendimiento de grano

Luego del aporreo, secado y limpieza del grano de cada parcela neta, se procedió a pesar. Con este dato se proyectó el rendimiento en kg/ha de cada tratamiento en cada repetición.

5.8.6. Rentabilidad por cada tratamiento

Se llevaron registros de costos (insumos, herramientas, mano de obra, etc.), con el fin de determinar el costo de producción en cada tratamiento. Con base en el rendimiento que se obtuvo, se hicieron los cálculos necesarios para proyectar los ingresos que generó cada tratamiento, para determinar la rentabilidad de cada tratamiento.

5.9. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para analizar las variables respuesta indicadas, se realizaron los correspondientes análisis de varianza (ANDEVA), para conocer si existen diferencias significativas entre los tratamientos. También se analizó la relación beneficio/costo de los tratamientos, para identificar cual presentó mejor relación y rentabilidad.

5.10. MANEJO DEL EXPERIMENTO

5.10.1. Preparación del terreno

Se delimitó el área de siembra y luego se procedió a la limpieza de las malezas de forma química con glifosato de 8 a 10 días antes de la siembra.

5.10.2. Tratamiento de semilla

Para prevenir el daño de la semilla causado por las plagas y hongos existentes en el suelo, se aplicó el tratador de semilla Penflufen + Imidacloprid (6 cc/kg de semilla) para proteger la semilla.

5.10.3. Siembra

La distancia de siembra que se utilizó para los ensayos es de 0.30 m entre planta y 0.40 m entre surcos, colocando 4 granos por postura, realizando un raleo al momento de la germinación, para obtener 3 plantas por postura y una densidad de 250,000 plantas por hectárea.

5.10.4. Fertilización

Para los primeros tres tratamientos (T1, T2 y T3) se hicieron dos aplicaciones al suelo de 195 kilogramos de fertilizante por hectárea, para un total de 390 kilogramos por hectárea.

- La primera fertilización con la fórmula comercial 15-15-15 (195 kg/ha) a los 8 días después de la germinación.
- La segunda con la fórmula comercial 15-15-15 (195 kg/ha) a los 25 días después de la germinación.

Para el tratamiento número 4 (T4) se realizaron dos fertilizaciones a razón de 107.25 kilogramos por hectárea “en drench o tronqueado” con fertilizante hidrosoluble de formulación comercial 20-20-20. A los 18 días después de la germinación se aplicaron 0.408 kilogramos de fertilizante por bomba de mochila de 20 litros (42.25 kg/ha) y a los 28 días después de la germinación se aplicó 0.624 kilogramos de

fertilizante por bomba de mochila de 20 litros (65 kg/ha), aplicando 25 cc de la mezcla por postura para ambas concentraciones.

En todos los tratamientos se realizaron tres fertilizaciones foliares que se describen a continuación:

- La primera fertilización foliar se realizó a los 10 días después de la germinación, en la cual se utilizó fertilizante foliar completo NPK (11-8-6) más elementos menores (1.43 litros/ha), en la mezcla con Propineb (2.15 kg/ha) que actúa como fungicida y Alphacypermethrin (286 cc/ha) para el control de insectos chupadores y masticadores.
- La segunda fertilización foliar se realizó a los 20 días después de la germinación, en la cual se utilizó fertilizante foliar completo NPK (11-8-6) más elementos menores (1.43 litros/ha), en la mezcla con Boscalid (0.286 kg/ha) que actúa como fungicida y Lambdacihalotrina (130 cc/ha) como insecticida.
- La tercera fertilización foliar se realizó a los 30 días después de la germinación, en la cual se utilizó fertilizante foliar con los elementos Calcio, Boro y Zinc (1.43 litros/ha).

5.10.5. Control de malezas

El control de las malezas se llevó a cabo desde la preparación del terreno aplicando Glifosato a razón de 2.86 litros/ha, la aplicación se realizó 1 día antes de la siembra en la mezcla con Pendimetalin a 2.86 litros/ha. Por último se hizo un control manual a los 35 días después de germinado utilizando la herramienta conocida como pando.

5.10.6. Control de plagas

Se realizó una aplicación de Metaldehido (2.86 kg/ha) a los 15 días después de germinar para el control de babosas y caracoles. Se utilizaron insecticidas sistémicos y de contacto. La primera aplicación se realizó con Alphacypermethrin + Teflubenzuron (286 cc/ha), actúa contra insectos chupadores y masticadores, la segunda aplicación se realizó con Lambdacihalotrina + Tiametoxam (130 cc/ha). Estas aplicaciones se realizaron en la mezcla con las fertilizaciones foliares.

5.10.7. Control de enfermedades

Se realizaron 2 aplicaciones para el control de enfermedades, se aplicó Propineb (2.15 kg/ha) a los 10 días después de la germinación en la mezcla con la aplicación foliar y Boscalid + Piraclostrobina (0.286 kg/ha) a los 20 días después de la germinación en la mezcla con la aplicación foliar.

5.10.8. Cosecha

Se realizó la cosecha al observar que las plantas habían finalizado su madurez fisiológica, entre los 75 a 80 días después de la siembra. Las plantas fueron arrancadas de forma manual, separando la producción de cada parcela neta para cuantificar el rendimiento de cada parcela neta.

6. RESULTADOS

Para la evaluación agronómica de cuatro métodos de aplicación de fertilizantes en el cultivo de frijol negro *P. vulgaris*, se tomaron en cuenta las siguientes variables: altura de la planta, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano (kg/ha.). Las cuales se evaluaron por medio de análisis de varianza (ANDEVA) con un grado de confiabilidad del 95%.

6.1. Localidad de San Juan Ermita

- **Altura de la Planta**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el crecimiento de las plantas de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario hacer la medición de 16 plantas de cada parcela neta unos días previos a la cosecha, cuando el crecimiento vegetativo se detiene y empieza a alcanzar su madurez fisiológica. El cuadro 6 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable altura en la localidad de San Juan Ermita.

Cuadro 5. Promedios obtenidos de la variable altura de la planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS ALTURA (cm)
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	25.96
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	25.1
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	26.42
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	22.92

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable altura de la planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura de la planta	20	0.22	0.00	16.07	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56.32	7	8.05	0.49	0.8215
Tratamientos	36.17	3	12.06	0.74	0.5478
Bloques	20.15	4	5.04	0.31	0.8661
Error	195.28	12	16.27		
Total	251.6	19			

El coeficiente de variación obtenido es de 16.07. Al analizar los datos se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la variable altura de la planta, pues alcanzó un p-valor de 0.5478, siendo mayor que el valor de confiabilidad de 0.05. Por lo tanto, los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el crecimiento de las plantas. Debido a ello, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, debido a que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

- **Vainas por planta**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en la cantidad de vainas por planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario contar previamente a la cosecha las vainas de 16 plantas de cada parcela neta. El cuadro 8 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable vainas por plantas en la localidad de San Juan Ermita.

Cuadro 7. Promedios obtenidos de la variable vainas por planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS VAINAS POR PLANTA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	4.68
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	4.84
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	5.1
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	4.01

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable vainas por planta en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vainas por planta	20	0.20	0.00	24.57	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.92	7	0.56	0.43	0.8668
Tratamientos	3.21	3	1.07	0.82	0.5083
Bloques	0.71	4	0.18	0.13	0.9664
Error	15.71	12	1.31		
Total	19.63	19			

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable, los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el número de producción de vainas por planta. Se obtuvo un p-valor de 0.5083, lo que significa que no existen diferencias estadísticamente significativas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada en la investigación.

- **Granos por vaina**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en la cantidad de granos por vaina de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario extraer como muestra 50 vainas de cada parcela neta, que fueron tomadas en momento de la cosecha, de las cuales se hizo un conteo de los granos que contenían en su interior. El cuadro 10 muestra análisis de varianza que se realizó para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita.

Cuadro 9. Promedios obtenidos para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS GRANOS POR VAINA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	3.85
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	3.76
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	3.74
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	3.67

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Granos por vaina	20	0.52	0.24	8.10	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.21	7	0.17	1.87	0.1632
Tratamientos	0.08	3	0.03	0.30	0.8264
Bloques	1.13	4	0.28	3.04	0.0601
Error	1.11	12	0.09		
Total	2.32	19			

Los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el número de producción de granos por vaina, dado que al realizar el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0.8264. En consecuencia, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, debido a que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

- **Peso de 100 granos**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el peso del grano de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario extraer como muestra 100 granos producto de cada parcela neta, que fueron tomados posteriormente a la cosecha. Utilizando una balanza analítica, se procedió a pesar cada una de las muestras y así determinar su promedio. El cuadro 12 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable granos por vaina en la localidad de San Juan Ermita.

Cuadro 11. Promedios obtenidos para la variable peso de 100 granos en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS PESO DE 100 GRANOS
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	16.22
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	17.11
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	16.5
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	16.28

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso de 100 granos	20	0.36	0.00	4.55	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.85	7	0.55	0.97	0.4930
Tratamientos	2.47	3	0.82	1.45	0.2769
Bloques	1.38	4	0.35	0.61	0.6627
Error	6.80	12	0.57		
Total	10.65	19			

Para la variable peso de 100 granos se da por aceptada la hipótesis planteada en la investigación, debido a que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, dado que se obtuvo un p-valor de 0.2769, siendo mayor que el valor de confiabilidad de 0.05.

- **Rendimiento de grano**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el rendimiento del grano de frijol *Phaseolus vulgaris*, se midió la humedad del grano, cuando presentó una humedad entre el 14% y 12% se llevó a laboratorio y utilizando una balanza analítica, se procedió a pesar las muestras de cada parcela neta y determinar el promedio que permitió proyectar la producción en kilogramos por hectárea. El cuadro 13 muestra los rendimientos promedio en kilogramos por hectárea obtenidos en la localidad de San Juan Ermita y el cuadro 14 presenta el análisis de varianza que se realizó para la variable rendimiento de grano en la localidad de San Juan Ermita.

Cuadro 13. Promedios rendimiento del cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* en los métodos de aplicación de fertilizante en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	RENDIMIENTO EN KG/HA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	347.73
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	356.7
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	335.91
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	250.08
NOTA: San Juan Ermita registró pérdidas de hasta el 75% de producción en frijol para los agricultores de la región, por efecto de la mala distribución en la precipitación pluvial.		

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento (kg/ha)	20	0.21	0.00	55.76	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100631.07	7	14375.87	0.44	0.8557
Tratamientos	36014.88	3	12004.96	0.37	0.7752
Bloques	64616.19	4	16154.05	0.50	0.7368
Error	3880033.37	12	32333.61		
Total	488634.44	19			

Al analizar los datos se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento de grano, pues alcanzó un p-valor de 0.7752. De acuerdo a esto, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, pues no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

- **Rentabilidad por cada tratamiento**

Para determinar financieramente el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante sobre el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris*, se tomaron en cuenta los meses del ciclo de producción, ingresos por ventas, egresos (arrendamiento de terreno, depreciaciones de equipo, insumos agrícolas y mano de obra) y por último se tomó en cuenta el impuesto a pagar. A cada uno de los tratamientos establecidos

en la investigación se le realizó el análisis de relación beneficio costo, el cual indica la rentabilidad que cada tratamiento. En el cuadro 15 se muestra la evaluación financiera realizada para todos los tratamientos de la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.

Cuadro 15. Evaluación financiera para todos los tratamientos de la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, 2016.

TRATAMIENTO	BENEFICIO BRUTO Q	COSTOS VARIABLES Q	BENEFICIO NETO Q	RELACIÓN B/C	RENTABILIDAD
1	3,060.02	4,778.00	-1,717.98	0.63	-37%
2	3,138.96	5,378.00	-2,239.04	0.57	-43%
3	2,956.01	5,018.00	-2,061.99	0.58	-42%
4	2,200.70	5,138.00	-2,937.30	0.42	-58%

La mala distribución en la precipitación pluvial presentada en el ciclo vegetativo del cultivo de frijol, reflejó un efecto negativo sobre el análisis financiero realizado en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula. La relación beneficio costo para los tratamientos fueron 0.63, 0.58, 0.57 y 0.42 para T1, T3, T2 y T4, respectivamente. Para este caso, el tratamiento que menor pérdida reportó fue T1 el cual indicó que por cada Q1.00 invertido se perdió Q0.37.

6.2. Localidad de Ipala

Según registros, la producción de frijol en general para la localidad de Ipala reportó pérdidas de hasta el 93% de la cosecha estimada, debido a la mala distribución de la precipitación pluvial (MAGA, 2016). Este efecto negativo se reflejó también en el ensayo ubicado en esta localidad, de manera que no fue posible realizar la toma de datos.

Como equipo, los investigadores de este proyecto acordamos realizar un segundo ensayo en la misma localidad, proporcionándole riegos de auxilio. El segundo ensayo ubicado en esta localidad presentó muchos problemas por plagas y enfermedades. Esto debido a que se realizó en un terreno donde se produce tomate intensivamente, lo cual atrae demasiados insectos dañinos para el cultivo del frijol. Por lo que para

futuras investigaciones se recomienda buscar lugares donde no haya presencia de cultivos intensivos, ya que esto incrementará el costo del control de plagas y enfermedades.

Los datos generados por el segundo ensayo en la localidad de Ipala se presentan a continuación.

- **Altura de la planta**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el crecimiento de las plantas de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario hacer la medición de las plantas unos días previos a la cosecha, cuando el crecimiento vegetativo se detiene y empieza a alcanzar su madurez fisiológica. El cuadro 17 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable altura en la localidad de Ipala.

Cuadro 16. Promedios obtenidos para la variable altura de la planta en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS ALTURA (cm)
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	23.2
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	24.12
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	23.78
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	22.54

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable altura de la planta en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura de la planta	20	0.74	0.58	7.81	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	112.12	7	16.02	4.79	0.0089
Tratamientos	7.21	3	2.40	0.72	0.5600
Bloques	104.91	4	26.23	7.84	0.0024
Error	40.16	12	3.35		
Total	152.28	19			

El coeficiente de variación obtenido es de 7.81. Al analizar los datos se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la variable altura de la planta, pues alcanzó un p-valor de 0.5600, siendo mayor que el valor de confiabilidad de 0.05. Por lo tanto, los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el crecimiento de las plantas. Debido a ello, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, porque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

- **Vainas por planta**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en la cantidad de vainas por planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario contar previamente a la cosecha las vainas de 16 plantas de cada parcela neta. El cuadro 19 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable vainas por plantas en la localidad de Ipala.

Cuadro 18. Promedios obtenidos para la variable vainas por planta en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS VAINAS POR PLANTA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	6.78
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	9.36
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	9.25
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	8.23

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable vainas por planta en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vainas por planta	20	0.72	0.55	18.04	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69.31	7	9.90	4.31	0.0132
Tratamientos	21.61	3	7.20	3.13	0.0655
Bloques	47.70	4	11.93	5.19	0.0116
Error	27.58	12	2.30		
Total	96.89	19			

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable, los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el número de producción de vainas por planta. Se obtuvo un p-valor de 0.0655, lo que significa que no existen diferencias estadísticamente significativas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada en la investigación.

- **Granos por vaina**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en la cantidad de granos por vaina de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario extraer como muestra 50 vainas de cada parcela neta, que fueron tomadas en momento de la cosecha, de las cuales se hizo un conteo de los granos que contenían en su interior. El cuadro 21 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala.

Cuadro 20. Promedios obtenidos para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS GRANOS POR VAINA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	4.96
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	5.17
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	5.35
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	5.06

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Granos por vaina	20	0.23	0.00	9.48	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.86	7	0.12	0.52	0.8044
Tratamientos	0.41	3	0.14	0.58	0.6388
Bloques	0.45	4	0.11	0.47	0.7557
Error	2.85	12	0.24		
Total	3.71	19			

Los métodos de aplicación de fertilizantes no influyen en el número de producción de granos por vaina, dado que al realizar el análisis de varianza se obtuvo un p-valor de 0.6388. En consecuencia, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, debido a que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

- **Peso de 100 granos**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el peso del grano de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario extraer como muestra 100 granos producto de cada parcela neta, que fueron tomados posteriormente a la cosecha. Utilizando una balanza analítica, se procedió a pesar cada una de las muestras y así determinar su promedio. El cuadro 23 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable granos por vaina en la localidad de Ipala.

Cuadro 22. Promedios obtenidos para la variable peso de 100 granos en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	PROMEDIOS PESO DE 100 GRANOS
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	16.4
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	17.3
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	17.8
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	16.6

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso de 100 granos	20	0.29	0.00	8.23	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.66	7	1.38	0.70	0.6708
Tratamientos	6.24	3	2.08	1.06	0.4028
Bloques	3.43	4	0.86	0.44	0.7804
Error	23.58	12	1.96		
Total	33.24	19			

Para la variable peso de 100 granos se da por aceptada la hipótesis planteada en la investigación, debido a que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, dado que se obtuvo un p-valor de 0.4028, siendo mayor que el valor de confiabilidad de 0.05.

- **Rendimiento de grano**

Para determinar el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante en el rendimiento del grano de frijol *Phaseolus vulgaris*, fue necesario medir la humedad del grano cuando presentó una humedad entre el 14% y 12%, se llevó a laboratorio y utilizando una balanza analítica se procedió a pesar las muestras de cada parcela neta y así determinar el promedio que permitió proyectar la producción en kilogramos por hectárea. El cuadro 24 muestra los rendimientos en kilogramos por hectárea obtenidos en la localidad de Ipala y el cuadro 25 muestra el análisis de varianza que se realizó para la variable rendimiento de grano.

Cuadro 24. Rendimiento del cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* en los métodos de aplicación de fertilizante en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	RENDIMIENTO EN KG/HA
T1	FERTILIZACIÓN AL VOLEO	597.916
T2	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) POR POSTURA	750.52
T3	FERTILIZACIÓN MANUAL (CHUZO) CADA DOS POSTURAS	675.522
T4	FERTILIZACIÓN HIDROSOLUBLE	722.396
NOTA: Ipala registró pérdidas de hasta el 93% de producción en frijol para los agricultores de la región debido a la mala distribución de la precipitación y la prolongada sequía.		

Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano en la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rendimiento (kg/ha)	20	0.75	0.60	23.45	
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	933169.72	7	133309.96	5.14	0.0067
Tratamientos	66773.47	3	22257.82	0.86	0.4887
Bloques	866396.25	4	216599.06	8.36	0.0018
Error	311010.28	12	25917.52		
Total	1244180.00	19			

Al analizar los datos se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento de grano, pues alcanzó un p-valor de 0.4887. Como resultado, se acepta la hipótesis planteada en la investigación, pues no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

- **Rentabilidad por cada tratamiento**

Para determinar financieramente el efecto de los métodos de aplicación de fertilizante sobre el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris*, se tomaron en cuenta los meses del ciclo de producción, ingresos por ventas, egresos (arrendamiento de terreno, depreciaciones de equipo, insumos agrícolas y mano de obra) y por último se tomó en cuenta el impuesto a pagar. A cada uno de los tratamientos establecidos en la investigación se le realizó el análisis de relación beneficio costo, el cual indica la rentabilidad que cada tratamiento. El cuadro 26 muestra la evaluación financiera realizada para el todos los tratamientos de la localidad de Ipala, Chiquimula.

Cuadro 26. Evaluación financiera para todos los tratamientos de la localidad de Ipala, Chiquimula, 2017.

TRATAMIENTO	BENEFICIO BRUTO Q	COSTOS VARIABLES Q	BENEFICIO NETO Q	RELACIÓN B/C	RENTABILIDAD
1	5,261.66	4,778.00	483.66	1.08	8%
2	6,604.58	5,378.00	1,226.58	1.2	20%
3	5,944.59	5,018.00	926.59	1.16	16%
4	6,357.08	5,138.00	1,219.08	1.21	21%

La relación beneficio costo para los tratamientos fueron 1.21, 1.20, 1.16 y 1.08 para T4, T2, T3 y T1, respectivamente. El tratamiento que mayor ganancia genera es el T4, pues por cada Q1.00 invertido ganó Q0.21, dado que su relación beneficio costo es de 1.21.

7. CONCLUSIONES

- Para las condiciones edafoclimáticas en que se realizó la investigación en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, se determinó que en la altura de la planta, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano de frijol, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de aplicación de fertilizantes.
- Debido a las condiciones climáticas, específicamente la mala distribución de la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo de frijol, el rendimiento de grano fue bajo en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula, lo que financieramente se tradujo en resultados negativos. Por lo tanto, no fue posible determinar que tratamiento es mejor para fertilizar el cultivo de frijol negro.
- En la localidad de Ipala, Chiquimula, se procedió a aplicar riegos de auxilio para brindarle las mismas condiciones a los cuatro tratamientos evaluados, porque la precipitación pluvial no fue la esperada en el ciclo de producción de frijol, en estas condiciones se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas para la altura de la planta, vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento de grano de frijol.
- El mejor rendimiento obtenido en la localidad de Ipala, Chiquimula, fue con el método de aplicación manual de fertilizante sembrado a 5 cm de la postura (T2) con 750.52 kg/ha. Sin embargo, el tratamiento cuatro (con fertilizante hidrosoluble) fue el que mejor relación beneficio costo presentó, con un valor de 1.21 y una rentabilidad de 21%.

8. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación de métodos de aplicación de fertilizantes, debido a que las condiciones climáticas que se presentaron durante esta investigación, no permitieron alcanzar el máximo rendimiento de cada uno de los tratamientos evaluados.
- Evaluar la factibilidad financiera de producir el cultivo de frijol negro con sistema de riego por goteo, para mitigar los efectos climáticos, cosechar en diferentes épocas del año y mejorar el rendimiento de grano.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Pacheco, CA. 1988. Evaluación de nitrógeno, potasio y densidad de siembra, en el rendimiento de frijol ejotero (*P. vulgaris* L.) variedad ICTA California 124c, en el municipio de San Sebastián, Huehuetenango (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 44 p. Consultado 09 jun. 2017. Disponible en <<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01083.pdf>>
- Araya, R; Rodríguez, R; Molina, JC; Ramos, FT. 1992. Variedades mejoradas de frijol (*P. vulgaris* L.) concepto, obtención y manejo (en línea). Colombia, CIAT; BID; PROFRIJOL. 129 p. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol.6.pdf>
- Buresh, RJ; Witt, C. 2007. Site-specific nutrient management (en línea). In Fertilizer best management practices. Paris, Fracia, IFIA. p. 47-56. Consultado 08 jun. 2017. Disponible en <http://www.flipbooksoft.com/upload/books/10-2011/d04ebdcf58f732b3a57e168a032fa516/2007_ifa_fbmp_workshop_brussels.pdf#page=36>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol (en línea). La Libertad, El Salvador, Programa de Granos Básicos. 24 p. Consultado 15 feb. 2017. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>

Chavarría Vidal, AE; Villalobos Araya, M. 2011. Determinación de la eficiencia de tres fuentes fertilizantes en diferentes dosis sobre la producción de chile dulce y sus curvas de absorción, para Nathalie en invernadero, en Cartago, Costa Rica (en línea). Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 172 p. Consultado 26 jun. 2017. Disponible en <<http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5783/determinaci%c3%b3n-eficiencia-fuentes-fertilizantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

Ciampitti, IA; García, FO. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas (en línea). Revista Horizonte 4 (18): 22-28. Consultado 09 jun. 2017. Disponible en <[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/53b43dad9c126e27032579050071b657/\\$FILE/Ciampitti%20y%20Garcia%20-%20Balances%20y%20Eficiencia%20Nutrientes%202007.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/53b43dad9c126e27032579050071b657/$FILE/Ciampitti%20y%20Garcia%20-%20Balances%20y%20Eficiencia%20Nutrientes%202007.pdf)>

Cooke, G. 1981. Fertilizantes y sus usos. Blackaller Valdez, A (trad). México, Continental. 179 p.

De La Cruz, J. 1982. Clasificación de las zonas de vida a nivel de reconocimiento (en línea). Guatemala, INAFOR. 83 p. Consultado 26 jun. 2017. Disponible en <<https://es.scribd.com/doc/96064621/Clasificacion-de-Zonas-de-Vida>>

Dibb, D. 2000. Eficiencia de uso de los nutrientes: verdades y mitos (en línea). Informaciones Agronómicas (41):1-3. Consultado 25 jun. 2017. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/AFAA8C368E6ECA63852579A300799B81/\\$FILE/Inf-Agro41.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/AFAA8C368E6ECA63852579A300799B81/$FILE/Inf-Agro41.pdf)

Espinosa, J; Mite, F. *s.f.* Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano (en línea). Quito, Ecuador, IPNI. 7 p. Consultado 07 jun. 2017. Disponible en [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/\\$FILE/Eficiencianutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/02788fd8caeaf69705257a370058dad2/$FILE/Eficiencianutrientes.pdf)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble (en línea). Medellín, Colombia. p. 49-60. Consultado 13 jun. 2017. Disponible en <<http://www.fao.org.co/manualfrijol.pdf>>

García Sosa, JM. 2013. Evaluación de 8 niveles de NPK, en 3 variedades de frijol bajo las condiciones del municipio de Agua Blanca, Jutiapa. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 58 p.

Guerrero Riascos, R. *s.f.* Manual técnico propiedades generales de los fertilizantes sólidos (en línea). Venezuela, Editorial Monómeros Colombo Venezolanos S.A. 40 p. Consultado 27 jun. 2017. Disponible en <http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2014. Manual para cultivo de frijol negro en la región Oriente de Guatemala. Guatemala. 41 p.

- Lora Silva, R. 2001. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (en línea). *In* Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Silva Mojica, F (ed.). 2 ed. Bogotá, Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 1, 29-56. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en <<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4922/1/216.1.pdf>>
- Ludwick, A. 1997. El manejo de fertilizantes a través de los sistemas de riego: fertiirrigación (parte 1) (en línea). *Informaciones Agronómicas* 4 (1): 1-5. Consultado 25 jun. 2017. Disponible en <[http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/8A20DFE2933ACBAC06256B800077DA73/\\$file/IA+2-1.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/8A20DFE2933ACBAC06256B800077DA73/$file/IA+2-1.pdf)>
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2016. Estimación de pérdidas cultivo de frijol, año 2016, departamento de Chiquimula. Guatemala. 7 diapositivas.
- Mas Guillén, FM. 2007. Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad ICTA Ligero en el parcelamiento Cuyuta, Masagua, Escuintla (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p. Consultado 10 ene. 2017. Disponible en <<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-02594.pdf>>

- Molina R, E. 2003. Fertilizantes líquidos y para fertirriego (en línea). *In* Curso de capacitación: fertilizantes características y manejo (2003, San José, Costa Rica). Memoria. Meléndez, G; Molina R, E. (eds.). San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. 79-88. Consultado 20 jun. 2017. Disponible en <<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizantes.pdf>>
- Ramírez López, M. 2013. Evaluación de ocho niveles de macronutrientes N-P-K, en tres materiales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la aldea Javillal, municipio de Quezaltepeque, Chiquimula. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 48 p.
- Ramos, L; Talavera, T; López MJ. 1992. Uso del análisis químico para la determinación de la fertilidad de suelos en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Colombia, CIAT; BID; PROFRIJOL. p. 4, 9-28. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en <http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol.3.pdf>
- Rivas Morales, JR. 2004. Evaluación de 8 líneas avanzadas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos localidades de EL Progreso, Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 119 p. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2096.pdf>

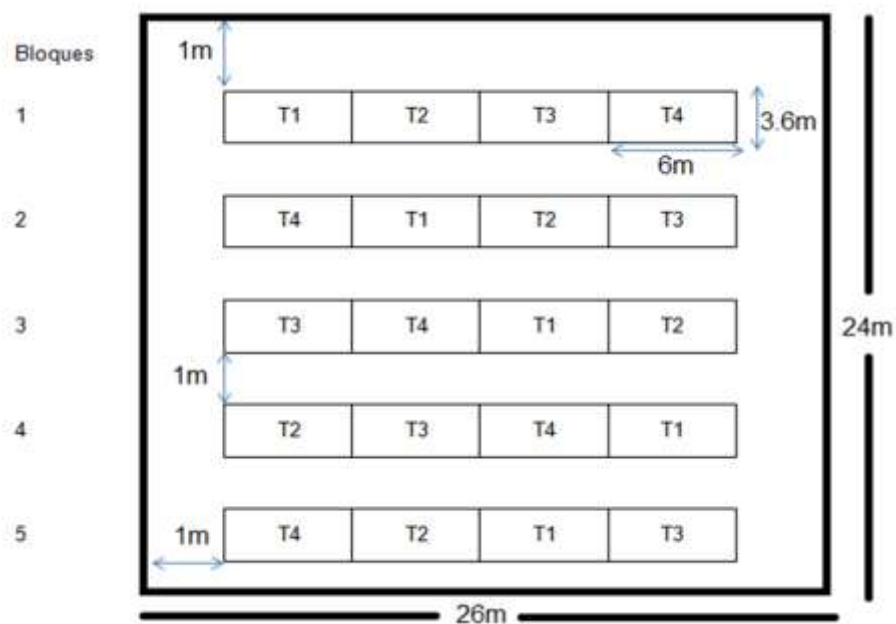
- Roberts, TL. 2007. Right product, right rate, right time and right place... The Foundation of Best Management Practices for Fertilizer;(en línea). *In* Fertilizer best management practices. Paris, Francia, IFIA. p. 29-32. Consultado 08 jun. 2017. Disponible en <http://www.flipbooksoft.com/upload/books/10-2011/d04ebdcf58f732b3a57e168a032fa516/2007_ifa_fbmp_workshop_brussels.pdf#page=36>
- Simmons, CH; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial del Ministerio de Educación Pública, "José de Pineda Ibarra". 1,000 p.
- Vásquez y Vasquez, M. 1984. Efecto de sequía impuesta en distintas épocas en el rendimiento y sus componentes en cinco genotipos precoces e intermedios de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en <<http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-00746.pdf>>
- Villatoro Mérida, JC; Castillo Monterroso, F; Franco Rivera, JA. 2011. Producción de frijol *Phaseolus vulgaris* L. (en línea). Guatemala, ICTA. 33 p. Consultado 13 ene. 2017. Disponible en <<http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%202011.pdf>>
- Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen (en línea). Cali, Colombia, CIAT. 87 p. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en <http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Digital/SB327.V67_Variedades_de_fr%C3%ADjol_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_su_origen.pdf>

Wikipedia, la enciclopedia libre. 2016. Ipala (en línea). Consultado 23 jul. 2016.
Disponibile en <<https://es.wikipedia.org/wiki/Ipala#Clima>>

Wikipedia, la enciclopedia libre. 2016. San Juan Ermita (en línea). Consultado 23
jul. 2016. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/San_Juan_Ermita>.

10. ANEXOS

Anexo 3. Croquis del área experimental en la evaluación de métodos de aplicación de fertilizantes para la producción del frijol, en dos localidades del corredor seco, departamento de Chiquimula, Guatemala. 2016.



Anexo 4. Momento de siembra utilizando la variedad ICTA Ligero en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 5. Fertilización al voleo (T1) en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 6. Fertilización manual (utilizando chuzo) por postura (T2), en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 7. Fertilización manual (utilizando chuzo) cada dos posturas (T3), en la localidad de San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 8. Fertilización hidrosoluble con bomba dosificadora de mochila de 20 litros (T4).

