

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE
POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE,
OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.**

MIGUEL ANTONIO VILLATORO CASTILLO

QUETZALTENANGO, NOVIEMBRE DE 2015.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMIA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE
POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE,
OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Presentado a autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de
San Carlos de Guatemala.**

POR:

MIGUEL ANTONIO VILLATORO CASTILLO

Previo a conferírsele el título de:

**INGENIERO AGRONOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA**

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Quetzaltenango, Noviembre de 2015.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo.
Secretario General: Dr. Carlos Enrique Camey

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC: MSc. María del Rosario Paz C.
Secretaria Administrativa: MSc. Silvia Del Carmen Recinos C.

REPRESENTANTES DE LOS CATEDRATICOS

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Ing. Edelman Monzón

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

EXAMINADORES

Ing. Agr. Carlos Enrique Gutiérrez Loarca

Ing. Agr. Jorge Morales Alistun

Dr. Fernando Aldana de León

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación “. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y Artículo 13 de la ley Orgánica de La Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Noviembre de 2015

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN

De manera muy atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento General de Evaluación y promoción del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del normativo de Evaluación y promoción del Estudiante del Centro Universitario de Occidente: tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente con muestras de respeto y admiración.

Miguel Antonio Villatoro Castillo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Quetzaltenango, 30 de Octubre de 2015.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.
Director de División de Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente –CUNOC–


Estimado Licenciado Méndez.

Por este medio hago de su conocimiento que he finalizado la asesoría de tesis del estudiante **MIGUEL ANTONIO VILLATORO CASTILLO**, la cual se titula.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.

Considero que el trabajo en mención cumple con los requisitos establecidos por la Universidad San Carlos de Guatemala y la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente, para ser aprobado para su publicación ya que el mismo posee información valiosa para el sector agrícola de Guatemala

Deferentemente.


Dr. Fernando Aldana
Colegiado No. 549.
ASESOR.

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Oficio 03/DICYT/2015

Quetzaltenango 3 de noviembre de 2015

Lic. Aroldo Roberto Méndez Sánchez.

Director de la División de Ciencia y Tecnología

Presente.

Lic. Méndez:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que, en atención al Oficio No. 135SDCyT/2015 en el que fui nombrado para revisar el trabajo de Sistematización con fines de graduación del estudiante **MIGUEL ANTONIO VILLATORO CASTILLO**, he concluido con dicha revisión.

Con respecto a este trabajo, denominado: **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO"** me permito indicar que constituye un importante aporte para los productores excedentarios de frijol y el ponente ha cumplido con los objetivos propuestos y con los requisitos de este tipo de trabajo, por lo que emito **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los pasos pertinentes previos a su graduación como Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el grado de Licenciado.

Sin otro asunto sobre el particular, me suscribo atentamente.


Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta

REVISOR





*Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 017-AGR-2015 de fecha tres de noviembre del año dos mil quince del (la) estudiante: MIGUEL ANTONIO VILLATORO CASTILLO con Carné No. 200831309 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.), VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.”**

Quetzaltenango, 03 de noviembre de 2015.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

ACTO QUE DEDICO.

A DIOS

Por la vida que me ha regalado, por ser quien me guía y me da esperanza, por darme sabiduría y entendimiento para culminar mis estudios profesionales.

A MIS ABUELOS

Moisés Castillo Villatoro(Q.E.P.D.) Alicia Tovar García (Q.E.P.D.)
Mauro Villatoro Maldonado Zoila Herrera Castillo
Por su amor y cariño en todo momento.

A MIS PADRES

Jaime Eduardo Villatoro Herrera
Por darme el apoyo necesario para culminar con orgullo mis estudios universitarios, por nunca dejarme desmayar y ser un ejemplo a seguir.

Aida Caridad Castillo Tovar (Q.E.P.D.)
Por no dejar que pierda la fe, por ser la luz que me ilumina y el ángel que guía mí camino.

Gracias por ser los mejores padres del mundo, este triunfo es para ustedes.

A MIS HERMANOS

Siomara Carolina Villatoro Castillo
Jaime Eduardo Villatoro Castillo
José Adolfo Villatoro Castillo
Luis Francisco Villatoro Castillo
María Belén Villatoro Castillo
Con mucho cariño para ustedes.

A MIS SOBRINOS

Paolo, Luis Ángel, José, Gabriel, Belén, Joaquín, Rosi, Victoria, Helen y María Victoria, por ser fuentes ilimitadas de alegría para nuestra familia.

A MI FAMILIA EN GENERAL

Por su cariño, apoyo y aprecio.

A MI NOVIA

Lourdes María Herrera Reyes, por su amor, cariño y apoyo incondicional.

A MIS AMIGOS

Laura Castillo,
Luis Cruz,
Pedro Joachin,
Esteban Ambrosio,

Gerber Cáceres,
Gustavo Diemek,
Oscar Alvarado,

Arnoldo Castillo,
Eduardo Mérida,
Luis Xiap,

Por cada momento vivido y su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, porque sé que siempre podré contar con ustedes, por ser más que amigos unos hermanos. Gracias por su amistad.

Una mención especial a mi gran amigo José Raúl Rivas López y a su familia, quienes en todo momento me han brindado su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTO

- A:** Todos los catedráticos de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Occidente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por transmitir sus conocimientos y ser fuente de inspiración.

- A:** Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, por su apoyo y complemento a mi formación profesional.

- A:** Ing. Agr. Guillermo Arturo Chávez por su valiosa experiencia de campo y el apoyo brindado para poder realizar esta investigación.

- A:** Dr. Fernando Aldana de León, por asesorar profesionalmente esta investigación y ser un ejemplo a seguir en tan digna profesión.

- A:** Ms.Sc. Eduardo Rafael Vital Peralta, por sus valiosos aportes y orientación dirigida en el proceso de revisión final de este trabajo.

- A:** Ing. Agr. Wiliam Alberto Villatoro Palacios y el Ing. Agr. Paolo Gabriel Gamboa, por apadrinar esta investigación.

- A:** Todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de la presente investigación.

TÍTULO.

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE
POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO
(*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL, EN LABOR OVALLE,
OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO.**

INDICE

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.	v
RESUMEN.	1
1. INTRODUCCIÓN.	2
1.1. OBJETIVOS.	3
1.1.1. General:	3
1.1.2. Específicos:	3
1.2. HIPÓTESIS.	4
1.2.2. Hipótesis nula.	4
1.2.2. Hipótesis alternativa.	4
2. MARCO TEÓRICO.	5
2.1. Generalidades del cultivo.	5
2.1.1. Centro de origen.	5
2.1.2. Taxonomía.	5
2.1.3. Descripción morfológica de la planta de frijol.	5
2.1.4. Ciclo biológico.	5
2.1.5. Arquitectura de la planta de frijol.	6
2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.	7
2.2. Variedad ICTA Texel.	8
2.3. Producción de frijol negro en Guatemala.	8
2.3.1. Principales departamentos productores en Guatemala.	9
2.3.2. Área cosechada.	9
2.4. Aspectos económicos del frijol en Guatemala.	9
2.4.1. Frijol negro.	9
2.4.2. Comercio exterior 2007 – 2013.	9
2.5. Aspectos productivos del frijol.	10
2.5.1. Épocas de siembra.	10
2.5.2. Sistemas de siembra.	10

2.5.3. Semilla.....	10
2.6. Densidad vegetal y rendimiento en otras investigaciones.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Ubicación del área de estudio.....	12
3.2. Metodología.....	12
3.2.1. Descripción de la investigación.....	12
3.2.2. Descripción del diseño experimental.....	12
3.2.3. Descripción de los tratamientos.....	12
3.2.4. Modelo estadístico.....	13
3.2.5. Croquis de campo.....	14
3.2.6. Unidad experimental.....	14
3.2.7. Variables de respuesta.....	14
3.2.8. Descripción del manejo agronómico.....	15
3.2.9. Análisis estadístico de la información.....	17
3.2.10. Recursos.....	18
4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	19
4.1. Rendimiento de grano.....	19
4.2. Peso de 100 granos.....	21
4.3. Número de vainas por planta.....	23
4.4. Número de granos por vaina.....	25
4.5. Biomasa.....	28
4.6. Índice de cosecha.....	30
4.7. Análisis de correlación y regresión.....	31
4.8. Análisis económico.....	32
4.8.1. Presupuestos parciales.....	32
5. CONCLUSIONES.....	35
6. RECOMENDACIONES.....	36
7. BIBLIOGRAFIA.....	37
8. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro.	Contenido.	Pág.
Cuadro 1.	Rendimiento de grano expresado en kg/ha.	19
Cuadro 2.	Análisis de Varianza para la variable rendimiento de grano expresado en kg/ha.	20
Cuadro 3.	Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable rendimiento de grano expresado en kg/ha.	20
Cuadro 4.	Promedio de peso de 100 granos expresado en gramos.	21
Cuadro 5.	Análisis de Varianza para la variable peso de 100 granos expresado en gramos.	22
Cuadro 6.	Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable peso de 100 granos.	22
Cuadro 7.	Promedio de número de vainas por planta.	23
Cuadro 8.	Análisis de Varianza para la variable número de vainas por planta.	24
Cuadro 9.	Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable número de vainas por planta.	24
Cuadro 10.	Promedio de número de granos por vaina.	26
Cuadro 11.	Análisis de Varianza para la variable número de granos por vaina.	26
Cuadro 12.	Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable número de granos por vaina.	27
Cuadro 13.	Promedio de la biomasa expresada en kg/ha.	28
Cuadro 14.	Análisis de Varianza para la variable biomasa expresada en kg/ha.	29
Cuadro 15.	Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable biomasa expresada en kg/ha.	29

Cuadro 16. Índice de cosecha.	30
Cuadro 17. Análisis de Varianza para la variable índice de cosecha.	31
Cuadro 18. Análisis de correlación.	31
Cuadro 19. Estimación de los costos que varían.	33
Cuadro 20. Ajuste del rendimiento al 15%.	33
Cuadro 21. Determinación del Beneficio bruto y beneficio neto.	33
Cuadro 22. Análisis de dominancia.	34
Cuadro 23. Determinación de la Tasa Marginal de Retorno (TMR).	34

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura.	Contenido.	Pág.
Figura 1.	Promedio de rendimiento de grano expresado en kg/ha.	21
Figura 2.	Promedio de peso de 100 granos expresado en gramos.	23
Figura 3.	Promedio de números de vainas por planta.	25
Figura 4.	Promedio de número de granos por vaina.	28
Figura 5.	Promedio de Biomasa expresada en kg/ha.	30
Figura 6.	Análisis de regresión lineal para la correlación Rendimiento-Biomasa.	32

RESUMEN.

La presente investigación se realizó en la estación experimental Labor Ovalle, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas –ICTA-, Centro de Investigaciones del Altiplano –CIAL-, ubicado en San Juan Olinstepeque, Quetzaltenango; consistió en la evaluación del efecto de cinco distanciamientos entre posturas para la producción comercial de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando la variedad ICTA Texel.

Los distanciamientos evaluados fueron 0.50 metros entre surcos y variando de 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 metros entre posturas, con tres semillas en cada postura, utilizando como testigo el distanciamiento de 0.50 m. entre surcos y 0.30 m entre posturas.

El diseño experimental usado fue bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta evaluadas fueron los componentes de rendimiento; rendimiento de grano, peso de 100 granos, número de vainas por planta, número de granos por vaina, índice de cosecha y rentabilidad, la cual fue obtenida por medio del análisis económico de Presupuestos Parciales.

Los datos generados por la investigación fueron evaluados con el programa Infostat, específicamente se realizaron análisis de varianza para cada componente de rendimiento, al existir diferencia significativa se realizó una prueba de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad para determinar cuál fue el tratamiento estadísticamente superior, también se realizó un análisis de correlación y regresión, esto para obtener el grado de asociación de las variables estudiadas con el rendimiento de grano; los datos fueron analizados con el análisis económico de presupuestos parciales para determinar cuál de los distanciamientos fue el más rentable y recomendable .

Los mejores resultados de rendimiento de grano se lograron con el tratamiento T-I (0.50 x 0.10 m), pero al realizarse el análisis económico se determinó que este tratamiento no fue el más rentable, siendo superado por el tratamiento T-III (0.50 x 0.40 m); por lo que se concluyó que este es el mejor distanciamiento a utilizar para la producción comercial de frijol variedad ICTA Texel.

1. INTRODUCCIÓN.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los componentes básicos en la dieta alimenticia para la mayoría de la población guatemalteca, especialmente la de escasos recursos y constituye uno de los alimentos esenciales gracias a su valor nutritivo alto en proteínas, carbohidratos y aminoácidos. En el país, el cultivo del frijol, es el segundo cultivo más importante después del cultivo del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población. (22)

Guatemala tiene delimitadas cuatro regiones que sobresalen como productoras de este cultivo, las cuales por orden de importancia son: región oriental, región del altiplano, región del norte y la región del sur. La producción de frijol de Quetzaltenango y el altiplano occidental no abarca grandes extensiones a pesar de tener condiciones edáficas y climáticas ideales. (22)

El imparable crecimiento demográfico crea la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos a nivel mundial, lo cual nos impulsa a ser más eficientes en la generación de nuevas y mejores alternativas tecnológicas de producción, para ponerlas a disposición de los grandes, medianos y pequeños productores del país.

Aumentar o disminuir la cantidad de semillas que se siembran por hectárea ha sido uno de los temas que enfrentan y a veces dividen a investigadores, instituciones y organismos que apoyan la agricultura, o como en este caso específico del cultivo del frijol, la tradición. En muchos casos la extensión agrícola ha arraigado a agricultores que a mayor cantidad de semillas sembradas por hectárea, mayor será la cosecha. Por tal motivo se pretende generar una valiosa información tecnológica que sirva como apoyo a los agricultores para que éste cultivo pueda explotarse de una manera óptima en esta región, tomando en cuenta también la problemática de la reducción de áreas de cultivo por el constante crecimiento demográfico. (22) Uno de los aspectos de mayor importancia a realizar en esta investigación, radica principalmente en generar nueva tecnología que los agricultores puedan emplear para obtener mayor rendimiento por unidad de área.

Para poder generar nuevas herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar los rendimientos y optimizar la utilización de todos los recursos en el cultivo del frijol, se planteó la investigación concerniente a la **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CINCO DISTANCIAMIENTOS ENTRE POSTURAS PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD ICTA TEXEL.**

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. General:

Generar una alternativa tecnológica en la siembra del cultivo de frijol, para la producción comercial de esta leguminosa en el altiplano occidental de Guatemala.

1.1.2. Específicos:

- O1. Evaluar el efecto del rendimiento de grano de frijol negro, variedad ICTA Texel, con cinco distanciamientos: 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 metros entre posturas.
- O2. Evaluar el efecto de los distanciamientos sobre los componentes de rendimiento: peso de 100 granos, número de vainas por planta, número de granos por vaina, biomasa e índice de cosecha en frijol negro, variedad ICTA Texel.
- O3. Comprobar a través del análisis de presupuestos parciales, cuál de los cinco distanciamientos evaluados es económicamente más rentable y recomendable para la producción comercial del cultivo de frijol negro, variedad ICTA Texel.

1.2. HIPÓTESIS.

1.2.2. Hipótesis nula.

- Ho1. Ninguno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto sobre el rendimiento de grano de frijol negro, variedad ICTA Texel.
- Ho2. Ninguno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto sobre los componentes de rendimiento de frijol negro, variedad ICTA Texel.
- Ho3. Ninguno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto económico sobre cada uno de los tratamientos evaluados a través de presupuestos parciales.

1.2.2. Hipótesis alternativa.

- Ha1. Al menos uno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto sobre el rendimiento de grano de frijol negro, variedad ICTA Texel.
- Ha2. Al menos uno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto sobre los componentes de rendimiento de frijol negro, variedad ICTA Texel.
- Ha3. Al menos uno de los cinco distanciamientos propuestos tendrá algún efecto económico sobre cada uno de los tratamientos evaluados a través de presupuestos parciales.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Generalidades del cultivo.

2.1.1. Centro de origen.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) es una especie de origen americano. México, Guatemala y Perú son los más posibles centros de origen, o al menos como los centros de diversificación primaria. Hallazgos arqueológicos en sus posibles centros de origen México, Centroamérica y Sudamérica indican que el frijol era conocido por lo menos unos 5,000 años antes de la era cristiana. (22)

2.1.2. Taxonomía.

Desde el punto de vista taxonómico el frijol es el prototipo del género *Phaseolus*. Su nombre científico completo fue designado por Linneo en 1,753 como *Phaseolus vulgaris* L. El género *Phaseolus* pertenece a la tribu *Phaseolae*, Subtribu *Phaseolinae* de la Familia *Leguminosae* y Subfamilia *Papilionoidae* dentro del orden *Rosales*. El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. (22) Las cuatro especies dentro del género que se cultivan a nivel mundial son: Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Pallar (*Phaseolus lanatus* L.), Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) y Frijol tépari (*Phaseolus acutifolius* A.) Gray var *Latifolius* Freeman, siendo (*Phaseolus vulgaris* L.), el género más importante en Guatemala.

2.1.3. Descripción morfológica de la planta de frijol.

Es una planta con un sistema radicular bien desarrollado, compuesto por 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 este 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 y trepadora (crecimiento indeterminado). Las inflorescencias, ya sea en racimos terminales o axilas, tienen pedúnculos erguidos y algo vellosos, cada pedúnculo lleva numerosas flores. El número de flores puede ser de unas pocas hasta treinta o más; las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, con los extremos acuminados, los frutos o vainas son de tamaño variado, estos pueden medir de 6 a 22 centímetros de largo. (17)

2.1.4. Ciclo biológico.

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva. (4)

La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a las semillas las condiciones ideales para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros

botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de hábito indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. (4)

La fase reproductiva se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, continua la aparición de estructuras vegetativas cuando termina la denominada fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas. (4)

2.1.5. Arquitectura de la planta de frijol.

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 el cual sugiere una clave para identificar los cuatro principales hábitos de crecimiento. (3)

A. Tipo I:

Hábito de crecimiento determinado; yemas terminales reproductivas en el tallo principal y las ramas; limitada o ninguna floración 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).

B. Tipo II:

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

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

C. 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 de tallo principal relativamente larga y habilidad trepadora moderada (IIIb).

D. 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 distribuidas a todo lo largo de la planta (IVa).
- Carga de vainas principalmente en la parte superior de la planta (IVb). (3)

2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.

2.1.3.1. Agua.

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Existen líneas y variedades que muestra 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. (2) El cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. (16)

2.1.3.2. Humedad.

Esta especie requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida. (1)

2.1.3.3. 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 ms.n.m., pero es importante recordar que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades. (2)

2.1.3.4. 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. (2)

En las plantas C₃, como el frijol, el primer producto de la fotosíntesis es compuesto de tres carbonos. Con este mecanismo, la fijación de bióxido de carbono depende de una serie de reacciones que implica la pérdida de carbono y energía; este proceso se denomina fotorespiración. (5)

Bajo condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua, la presencia de fotorespiración en plantas de frijol las hace menos eficientes en términos fotosintéticos que las especies tropicales de vía metabólica C₄. (5)

2.1.3.5. Requerimientos de suelo.

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias (suelos francos) o moderadamente pesadas (suelos franco arcillosos), con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua. (2)

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 cultivo tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de este, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio (Al) y/o magnesio (Mg). (2)

2.2. Variedad ICTA Texel.

Variedad de grano negro, se puede cosechar de 100 a 110 días después de la siembra. Es la variedad más precoz. Su crecimiento es arbustivo postrado. Sus vainas son de color morado cuando están maduras, tiene alrededor de doce a quince vainas por planta y seis semillas por vaina. Es tolerante a Ascochita (*Ascochyta phaseolorum*) pero altamente susceptible a Roya (*Uromyces spp.*). Rinde alrededor de 15 quintales por manzana con densidades recomendadas por ICTA. (22)

Se recomienda sembrar esta variedad en altitudes desde los 1,800 ms.n.m. hasta los 2,300 ms.n.m., en suelos húmedos y suaves, para asegurar una buena germinación y reducir el problema de malas hierbas. Las semillas se deben depositar a una profundidad de 2 a 3 centímetros. Siembras muy profundas tienen el problema de que la semilla no tiene la habilidad para romper la costra y se quedan enterradas por debajo del suelo. (22)

2.3. Producción de frijol negro en Guatemala.

Según los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, la producción de frijol en Guatemala en los últimos siete años se ha mantenido estable con tendencia al alza, pasando de 4,281,300 quintales en el año agrícola 2007/2008 a 4,966,700 quintales en el año agrícola 2013/2014. Para el año agrícola 2012/2013 se estimó una producción de 4,836,800 quintales de frijol y para el año agrícola 2013/2014, una producción de frijol de 4,966,700 quintales. La producción del grano se incrementó en un 2.7%, en relación con la del año 2012/2013. (15)

Los precios internacionales para el frijol negro en los últimos siete años (2007-2013) han mostrado un comportamiento irregular; sin embargo, en ese periodo han registrado un incremento de 3.5% anual. (15)

2.3.1. Principales departamentos productores en Guatemala.

La producción nacional de frijol se encuentra distribuida de la siguiente forma: Petén (27%), Jutiapa (13%), Chiquimula (10%), Santa Rosa (7%), Jalapa (6%), Quiché (5%), Alta Verapaz (5%), Huehuetenango (4%), Guatemala (4%), Chimaltenango (4%) y los demás departamentos de la República suman el (15%) restante. (12)

2.3.2. Área cosechada.

El 69.3% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 7 departamentos: Petén (17.0%), Jutiapa (13.5%), Quiché (9.9%), Chiquimula (8.4%), Huehuetenango (8.1%), Jalapa (6.4%) y Santa Rosa (6.0%). (12)

2.4. Aspectos económicos del frijol en Guatemala.

2.4.1. Frijol negro.

Durante el año 2013, la cosecha de frijol se aproximó a los 5 millones de quintales, según los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (7)

- Estimación del aporte al PIB agrícola (2004): 1.4%
Costo de producción: Q4,642 por Ha
Empleos directos en campo: 15,165,471 (Jornales por año 2011)
Equivalente a 54,162 empleos permanentes.

2.4.2. Comercio exterior 2007 – 2013.

El frijol negro (partida arancelaria: 0713.33.10 del Sistema arancelario Centroamericano -SAC-, tiene el 20% de derechos arancelarios a la importación sobre el valor coste, seguro y flete -CIF-. (7)

Las importaciones de frijol negro han mostrado un comportamiento irregular durante el período 2007-2013, lo que también se manifiesta en sus precios promedio: Estos pasaron de US \$516.37/TM en el año 2007, a US \$731.49/TM en el 2008; luego, bajaron hasta US \$615.36/TM en el 2011, subieron a US \$666.73/TM en el 2012, y bajaron a US \$634.18/TM en el 2013. (15)

El comportamiento irregular también se reflejó en las exportaciones de frijol negro, durante el período 2007-2013, bajando de 2,306.06 TM exportadas en 2007 a 2,187.10 TM. en 2008, descendiendo aún más en 2012 con 216.92 TM. En el 2013, estas se incrementaron con relación al año 2012 a 1508.05 TM, debido al aumento en la producción interna; entre los países de destino de las ventas están Costa Rica, con el 91%; El Salvador, con el 5%; y Estados Unidos de Norteamérica, con el 4%. (15)

2.5. Aspectos productivos del frijol.

2.5.1. Épocas de Siembra.

Como todo cultivo tiene temporadas de siembra y la temporada de invierno tiene mayor importancia en el altiplano occidental, el frijol de suelo es recomendable sembrarlo a partir del 1 de junio al 20 de julio ya que si las siembras se realizan a una fecha muy temprana pueden sufrir las lluvias de invierno de igual manera si estas siembras se llegan a tardar pueden estar expuestas a temperaturas muy altas o bajas durante la segunda quincena de noviembre provocando fallos en la siembra. (22)

2.5.2. Sistemas de siembra.

Las formas más comunes de sembrar frijol en el altiplano de Guatemala son: en monocultivo, en espaldera, en asocio con maíz y frutales y en relevo con maíz. Este sistema de relevo es muy utilizado en la región de Chimaltenango en el municipio de Parramos y en algunos municipios de los departamentos de Sololá y El Quiché. (22)

2.5.3. Semilla.

Es aconsejable utilizar semilla certificada o producida en terrenos sin presencia de enfermedades. Es necesario que la semilla se produzca bajo condiciones de baja o poca precipitación o en época de verano con riego por gravedad. Esto porque hay enfermedades de frijol que se transmiten por semilla como bacteriosis (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), ascochita (*Ascochyta phaseolorum*), antracnosis (*Glomerella cingulata* estado sexual) y mancha angular (*Ascochyta recóndita*) que son producidas por hongos y el mosaico común (VMCF) por un virus. Si estos patógenos no se evitan en la producción de la semilla durante la época de verano, estas semillas enfermas pueden desarrollar e iniciar epidemias (o mejor dicho epifitas en plantas), que pueden hacer perder toda la cosecha al productor. La semilla se puede tratar con un fungicida como Carboxin+Tiran, mojando la semilla hasta que se cubre con el fungicida y la tiña de color rojo o rosado. Es recomendable seguir las instrucciones del fungicida y secar la semilla a la sombra. Luego se almacena en un lugar seco y ventilado hasta que se use. Es recomendable renovar la semilla certificada cada tres años, por problemas de contaminación con otras variedades, pérdida de vigor, y/o enfermedades transmitidas por hongos, virus o bacterias. (22)

2.6. Densidad vegetal y rendimiento en otras investigaciones.

Fagaria y Balagar, 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 debe ser determinada para cada cultivo bajo cada agro ecosistema con el fin de obtener rendimientos máximos. (9)

En Centroamérica se siembra muy comúnmente las variedades de frijol de tipo arbustivo a una distancia promedio de 0.50 m entre surco, con 0.10 m entre posturas y una semilla por postura lo cual da una densidad de 200,000 plantas por hectárea. En ensayos sobre densidad espacial de siembra en el área de Centroamérica, se encontró que el rendimiento de frijol tiene un punto máximo cuando la distancia entre surcos es de 0.316 m y la distancia entre plantas es de 0.535 m (14).

De acuerdo con Hernández y Páez, a partir de este punto la respuesta declina para cualquier otra combinación de valores de distancias 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. (10)

Los distanciamientos recomendados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas para la producción de frijol son de 0.40 m a 0.50 m entre surcos y 0.30 m a 0.40 m entre posturas, con tres granos por postura, con densidades de 200,000 a 250,000 plantas por hectárea se obtienen rendimientos de 54 quintales por hectárea (22).

Las investigaciones sobre distribución óptima de las plantas de frijol cubá, efectuadas por Reyes y Kohashi en México, indicaron que densidades de 100,396 y 219,290 plantas por hectárea fueron iguales estadísticamente en el rendimiento de grano (100 g/m^2 ó $1,000 \text{ kg/ha}$), sin embargo, las distancias entre semillas que utilizaron fueron muy reducidas (8,0; 5,2 y 3,8 cm) si se considera el tamaño de las plantas (18)

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación del área de estudio.

Labor Ovalle se encuentra ubicada sobre el kilómetro 3.5 carretera que conduce desde el municipio de Quetzaltenango al municipio de Olinstepeque; a 2 kilómetros de la cabecera municipal de Olinstepeque y a 205 kilómetros de la capital de Guatemala, se ubica en las coordenadas: Latitud: 14° 52' 12" norte y Longitud: 91° 30' 50" oeste y se encuentra a una altitud de 2,380 ms.n.m. Presenta una temperatura media anual de 15.3 °C y una precipitación anual promedio de 812 mm (13) Según Simmons, Tárano y Pinto, los suelos con que cuenta esta región pertenecen a la división de las montañas volcánicas, de la serie de suelos Quetzaltenango. (21)

3.2. Metodología

3.2.1. Descripción de la investigación.

Quetzaltenango y el altiplano occidental presenta condiciones ideales para la siembra del cultivo de frijol, a pesar de esto, la producción de esta región no es sobresaliente a nivel nacional; generar nuevas alternativas tecnológicas en la siembra del cultivo de frijol y ponerla a disposición del grande, mediano y pequeño productor para explotar de manera óptima este cultivo, permitirá que el departamento y la región sobresalga en la producción nacional. Para tal efecto, se evaluó el efecto de cinco distanciamientos entre posturas de frijol negro, para la producción comercial, utilizando la variedad ICTA Texel.

3.2.2. Descripción del diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones; este diseño se utilizó porque existía una gradiente de variabilidad (sombra provocada por un cultivo de maíz que estaba establecido a un costado de área utilizada).

En este diseño el experimento se dividió en cuatro bloques o repeticiones, para poder controlar la gradiente de variabilidad identificada. (6) Los bloques se colocaron perpendicularmente a la gradiente de variabilidad.

3.2.3. Descripción de los tratamientos.

Los tratamientos descritos a continuación estuvieron en función de los distanciamientos de siembra entre postura, cada uno de ellos con cuatro repeticiones idénticas.

- **Tratamiento I.**

El tratamiento uno consistió en un distanciamiento de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.10 m entre posturas, con tres plantas por postura, 120 posturas por unidad experimental, Lo cual equivale a 600,000 plantas por hectárea.

Utilizando 288 gramos de semilla por tratamiento, lo cual es equivalente a utilizar 120 kilogramos por hectárea.

- **Tratamiento II.**

El tratamiento dos consistió en un distanciamiento de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.20 m entre posturas, con tres plantas por postura, 60 posturas por unidad experimental, lo que equivale a 300,000 plantas por hectárea. Utilizando 144 gramos de semilla por tratamiento, lo cual es equivalente a utilizar 60 kilogramos por hectárea.

- **Tratamiento III.**

El tratamiento tres consistió en un distanciamiento de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.40 m entre posturas, con tres plantas por postura, 32 posturas por unidad experimental, lo que equivale a 150,000 plantas por hectárea. Utilizando 76.8 gramos de semilla por tratamiento, lo cual es equivalente a utilizar 30 kilogramos por hectárea.

- **Tratamiento IV.**

El tratamiento cuatro consistió en un distanciamiento de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.50 m entre posturas, con tres plantas por postura, 24 posturas por unidad experimental, lo que equivale a 120,000 plantas por hectárea. Utilizando 57.6 gramos de semilla por tratamiento, lo cual es equivalente a utilizar 24 kilogramos por hectárea.

- **Tratamiento V.**

El tratamiento cinco fue el testigo y consistió en un distanciamiento de siembra de 0.50 m entre surcos y 0.30 m entre posturas, con tres plantas por postura, 40 posturas por unidad experimental, lo que equivale a 200,000 plantas por hectárea. Utilizando 96 gramos de semilla por tratamiento, lo cual es equivalente a utilizar 40 kilogramos por hectárea.

3.2.4. Modelo estadístico.

El modelo estadístico del diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde Y_{ij} es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j ; μ es la media global poblacional; t_i es el efecto debido al tratamiento i ; β_j es el efecto debido al bloque j ; y E_{ij} es el error aleatorio atribuible a la medición Y_{ij} . (6)

El cual nos indica que la variable de respuesta está en función a la media general, efecto del i -ésimo tratamiento (distanciamiento), efecto de la j -ésima repetición y el error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental. (6)

3.2.5. Croquis de campo.

El ensayo quedo distribuido en el campo con cinco tratamientos y cuatro repeticiones ubicados en contra de la gradiente de variabilidad, utilizando un total de 125 metros cuadrados. (Ver Figura 4 A)

3.2.6. Unidad experimental.

El tamaño de la unidad experimental fue de 2 metros de ancho por 3 metros de largo; cada unidad experimental tuvo un área de 6 metros cuadrados. Se establecieron 4 surcos por unidad experimental, pero distinto número de posturas por tratamiento.

La parcela neta varió según cada tratamiento, quedando de la siguiente manera:

- T- I (0.50X0.10 m) = 2.80 metros cuadrados.
- T- II (0.50X0.20 m) = 2.60 metros cuadrados
- T- III (0.50X0.40 m) = 2.40 metros cuadrados.
- T- IV (0.50X0.50 m) = 2.00 metros cuadrados.
- T- V (0.50X0.30 m) = 2.40 metros cuadrados.

3.2.7. Variables de respuesta.

Se utilizaron los siguientes componentes de rendimiento medidos al momento de la cosecha.

3.2.7.1. Rendimiento de grano.

Para evaluar este parámetro se pesó el grano producido en la parcela neta con el 14% de humedad y se calculó el rendimiento en kilogramos por hectárea, por cada tratamiento.

3.2.7.2. Peso de 100 granos.

Se pesaron 100 granos tomados al azar de cada unidad experimental, con un porcentaje de humedad del 14%, este procedimiento se realizó tres veces y se obtuvo un promedio de peso el cual fue expresado en gramos.

3.2.7.3. Número de vainas por planta.

Para este parámetro se cuantificó el número de vainas producidas por planta, esto se hizo en 14 plantas muestreadas al azar dentro de la parcela neta y se sacó un promedio del número de vainas por cada unidad experimental.

3.2.7.4. Número de granos por vaina.

Para cuantificar este parámetro se realizó un conteo de los granos producidos por vaina de 14 plantas muestreadas al azar dentro de la parcela neta y se sacó un promedio por planta y posteriormente por cada unidad experimental.

3.2.7.5. Biomasa.

Este parámetro se midió pesando la biomasa seca de 14 plantas tomadas al azar dentro de la parcela neta de cada tratamiento, se obtuvo el promedio y se expresó en kilogramos por hectárea.

Para obtener el peso de la materia seca las muestras fueron secadas en un horno eléctrico a 45 grados centígrados por 72 horas.

3.2.7.6. Índice de cosecha.

El índice de cosecha es la relación entre el rendimiento agronómico y el rendimiento biológico (biomasa), y está dado por la siguiente expresión. (8)

$$IC = \frac{\text{Rendimiento agronómico}}{\text{Rendimiento biológico}}$$

Se midió dividiendo el rendimiento de grano expresado en kg/ha dentro de la biomasa expresada en kg/ha. Esto se realizó en cada tratamiento.

Este índice representa el porcentaje del rendimiento biológico que constituye el rendimiento agronómico y da una idea de la eficiencia de la planta en determinadas condiciones para producir lo que es de interés agronómico. (8)

3.2.8. Descripción del manejo agronómico.

3.2.8.1. Preparación del terreno.

La preparación del suelo se realizó de forma mecánica, roturando el suelo con un paso de arado y dos pasos de rastra, dejando una buena cama de siembra; por último el suelo fue emparejado de forma manual, utilizando azadones y rastrillos.

3.2.8.2. Marcación de la unidad experimental.

Esta se realizó marcando los bloques con estacas y pita plástica de color, marcando cada unidad experimental con 3 metros de ancho por 2 metros de largo, abarcando un área total de 120 metros cuadrados.

3.2.8.3. Siembra.

Esta actividad se realizó de forma manual y consistió en realizar un agujero con una profundidad de 2 a 3 centímetros y colocando 3 semillas dentro de este,

sembrando a un distanciamiento de 0.50 metros entre surco y variando de 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 metros las posturas según cada tratamiento evaluado.

3.2.8.4. Fertilización.

- Fertilización granulada.

La fertilización se realizó a los 22 días después de la siembra con fertilizante químico de fórmula 15-15-15, con una dosis de 6 gramos por postura, haciendo un agujero en forma de media luna a una distancia de 0.06 m de la base de cada postura, evitando el contacto con las raíces de la planta.

La cantidad total de fertilizante utilizado en la evaluación fue de 14.56 libras y varió según cada tratamiento.

- a. T- I (0.50x0.10 m): para este tratamiento se utilizaron 720 gramos de fertilizante por unidad experimental, con un total de 2,880 gramos por tratamiento, equivalente a aplicar 1,200 kilogramos de fertilizante por hectárea.
- b. T- II (0.50x0.20 m): para este tratamiento se utilizaron 360 gramos de fertilizante por unidad experimental, con un total de 1,440 gramos por tratamiento, equivalente a aplicar 600 kilogramos de fertilizante por hectárea.
- c. T- III (0.50x0.40 m): para este tratamiento se utilizaron 192 gramos de fertilizante por unidad experimental, con un total de 768 gramos por tratamiento, equivalente a aplicar 300 kilogramos de fertilizante por hectárea.
- d. T- IV (0.50x0.50 m): para este tratamiento se utilizaron 144 gramos de fertilizante por unidad experimental, con un total de 576 gramos por tratamiento, equivalente a aplicar 240 kilogramos de fertilizante por hectárea.
- e. T- V (0.50x0.30 m): para este tratamiento se utilizaron 240 gramos de fertilizante por unidad experimental, con un total de 960 gramos por tratamiento, equivalente a aplicar 400 kilogramos de fertilizante por hectárea.

- Fertilización foliar.

Se realizaron 3 fertilizaciones foliares con una frecuencia de 15 días con Byfolan Forte ®; en cada fertilización se aplicó 0.01 lt diluidos en 5 lt de agua, lo que equivale a 1 lt/ha diluidos en 500 lt de agua, debido a que las condiciones climáticas fueron extremas en los meses de agosto y septiembre, siendo el mes de agosto afectado por una canícula prolongada a diferencia del mes de septiembre el cual presentó intensas precipitaciones.

3.2.8.5. Control fitosanitario.

Por medio de los muestreos se pudieron detectar poblaciones altas de pulgones verdes (*Myzus spp*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), chicharritas (*Empoasca*

fabae) y picudo de la vaina (*Trichapion godmani*) las cuales fueron controladas de forma química con 3 aplicaciones del insecticida Monarca ® 11,25 SE (Thiacloprid, Beta-Cyfluthirin), en cada aspersion se aplicó 0.01 lt diluidos en 5 lt de agua lo que equivale a aplicar 1 lt/ha diluido en 500 lt de agua.

También se realizaron 3 aplicaciones del insecticida Decis ® 10 EC (Deltametrina), en cada aspersion se aplicó 0.01 lt diluidos en 5 lt de agua lo que equivale a aplicar 1 lt/ha diluido en 500 lt. de agua, estas aplicaciones se realizaron para controlar al picudo de la vaina (*Trichapion godmani*).

Las enfermedades fúngicas se manejaron de forma preventiva realizando 3 aplicaciones de Amistar ® 50 WG (Azoxistrobin) con una dosis de 0.025 kg diluidos en 5 lt de agua lo que equivale a aplicar 0.1 kg/ha diluidos en 200 lt de agua.

3.2.8.6. Control de malezas.

Se realizaron 2 controles de maleza de forma manual, el primero a los 20 días después de la siembra y el segundo a los 45 días después de la siembra.

3.2.8.7. Cosecha.

La cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra, ya que el cultivo demoró en llegar a su punto de madurez fisiológica. Durante esta actividad se tomaron los datos de las variables de respuesta.

3.2.9. Análisis estadístico de la información.

3.2.9.1. Análisis de varianza.

Las variables de respuesta se tabularon y analizaron en base a un análisis de varianza (ANDEVA) al 5% de probabilidad, esto con la finalidad de conocer si estadísticamente existía alguna diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

3.2.9.2. Análisis de medias.

Al presentar significancia el análisis de varianza (ANDEVA), se procedió a realizar la prueba de medias a través del método de Tukey, para clasificar a los tratamientos en un orden del mejor al peor y viceversa, de acuerdo al valor de sus medias.

3.2.9.3. Análisis de correlación y regresión.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson a través del programa Infostat, esto con el fin de determinar si existía algún grado de asociación entre el rendimiento de gano y las demás variables evaluadas. Al existir alto grado de asociación entre las variables se procedió a realizar el análisis de regresión lineal.

3.2.9.4. Análisis económico

Se realizó un análisis económico en base a presupuestos parciales (16), con el fin de determinar cuál de los tratamientos fue el más rentable.

3.2.10. Recursos.

3.2.10.1. Físicos.

- Instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
- Tractor.
- Aperos de labranza.
- Azadones.
- Bomba de aspersión.
- Metro.
- Semilla de frijol ICTA Texel.
- Fertilizante químico.
- Fertilizante foliar Byfolan Forte ®.
- Fungicida Amistar ®.
- Insecticida Monarca ®.
- Insecticida Decis ®.
- Pita plástica.
- Equipo de cómputo.
- Libretas de campo.
- Cámara fotográfica.
- Papelería y útiles de oficina.

3.2.10.2. Humanos.

- Ingeniero encargado.
- Trabajadores de campo.
- Operador de tractor.

3.2.10.3. Económicos.

Los gastos de esta investigación ascendieron a Q2,007.00 y fueron cubiertos por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), los cuales se pueden observar en la Figura 5 A.

4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Rendimiento de grano

El Cuadro 1 muestra los resultados de la variable rendimiento de grano para los tratamientos evaluados expresado en kg/ha; observando variación entre los diferentes distanciamientos, determinando que los mejores resultados fueron de los tratamientos T-I (0.50x0.10 m) con una media de 3,343.95 kg/ha y el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) con una media de 2,969.84 kg/ha.

Cuadro 1. Rendimiento de grano expresado en kg/ha.

Tratamiento	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	3,233.28	3,391.82	3,434.92	3,315.79	13,375.81	3,343.95
(0.50x0.20 m)	2,989.38	3,009.80	3,034.70	2,845.46	11,879.34	2,969.84
(0.50x0.40 m)	1,852.53	1,674.41	1,802.46	1,818.29	7,147.69	1,786.92
(0.50x0.50 m)	1,240.20	1,122.90	1,241.59	1,163.61	4,768.30	1,192.08
(0.50x0.30 m)	1,570.08	1,982.89	1,851.26	2,113.04	7,517.27	1,879.32
Total	10,885.47	11,181.82	11,364.93	11,256.19	44,688.41	2,234.42

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 2 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados para la variable rendimiento de grano; éste análisis muestra una diferencia significativa entre tratamientos, demostrando que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, se establece que la diferencia existente se debió al mayor número de plantas por unidad de área y no a la mejor expresión genética de rendimiento de la variedad ICTA Texel, ya que el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) triplica la cantidad de plantas sembradas del tratamiento T-V (0.50x0.30 m) (testigo) y quintuplica las plantas sembradas del tratamiento T-IV (0.50x0.50 m), además es posible que también se deba al efecto de competencia de las malezas ya que los distanciamientos más estrechos presentaron un rápido cubrimiento del espacio donde estas se desarrollan (20) (ver Figura 6 A), lo que disminuyó la competencia por luz, agua y nutrientes de estas sobre el cultivo, ya que como se observará en los siguientes componentes de rendimiento el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) no fue el mejor. El coeficiente de variación 5.92% mostró que el experimento se manejó de una forma adecuada, reflejando datos confiables.

Cuadro 2. Análisis de Varianza para la variable rendimiento de grano expresado en kg/ha.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	12,738,929.95	3,184,732.49	181.74	3.26	*
Bloques	3	25,301.15	8,433.72	0.48	3.49	NS
Error	12	210,283.03	17,523.59			
Total	19	12,974,514.13				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Coefficiente de variación: 5.92%

En el Cuadro 3 se muestra la significancia entre los tratamientos evaluados, realizando para éstos una prueba de medias al 0.05 de probabilidad, dando como resultado para una diferencia honesta significativa cuatro grupos estadísticos. El tratamiento T-I (0.50x0.10 m) obtuvo el mejor rendimiento de grano con un promedio de 3,343.95 kg/ha, el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) obtuvo el segundo mejor rendimiento de grano con un promedio de 2,969.84 kg/ha y con una diferencia entre ambos de 374.11 kg/ha.

Cuadro 3. Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable rendimiento de grano expresado en kg/ha.

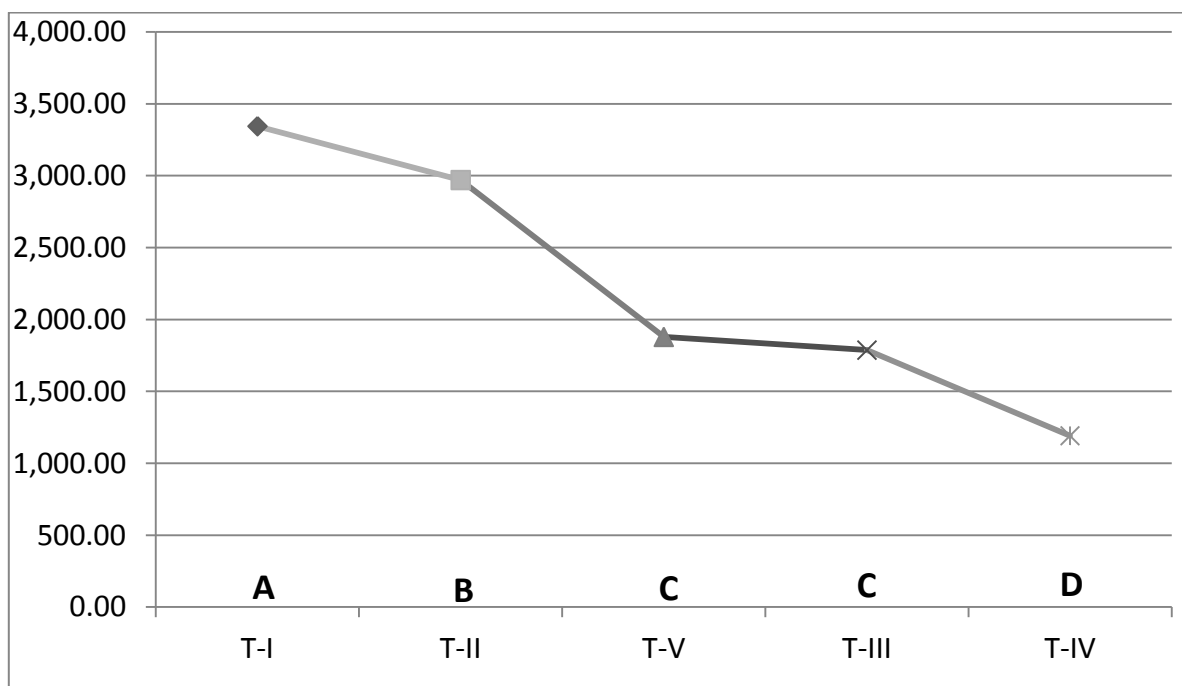
TRATAMIENTO	PROMEDIO kg/ha	GRUPO
T- I (0.50x0.10 m)	3,343.95	A
T- II (0.50x0.20 m)	2,969.84	B
T- V (0.50x0.30 m)	1,879.32	C
T- III (0.50x0.40 m)	1,786.92	C
T- IV (0.50x0.50 m)	1,192.08	D

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Comparador Tukey (DHS) = 298.50

En la Figura 1 se muestra el gráfico del promedio de rendimiento de grano expresado en kg/ha según la prueba de medias de Tukey, en el cual se indican los cuatro grupos estadísticos resultantes; siendo el grupo "A" correspondiente al tratamiento T-I (0.50x0.10 m) estadísticamente superior al resto, en el grupo "B" se encuentra el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) siendo el segundo mejor tratamiento, en el grupo "C" se incluye al tratamiento T-V (0.50x0.30 m) y al tratamiento T-III (0.50x0.40 m) los cuales presentan similitud estadística, y por último el grupo "D" al cual corresponde al tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) determinando que éstos dos últimos grupos muestran un rendimiento de grano deficiente en comparación con los dos primeros.

Figura 1. Promedio de rendimiento de grano expresado en kg/ha.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.2. Peso de 100 granos

El Cuadro 4 muestra los resultados de la variable peso de 100 granos para los tratamientos evaluados expresado en gramos, observando variación entre los diferentes distanciamientos, determinando que los mejores resultados fueron los de los tratamientos T- IV (0.50x0.50 m) con una media de 21.43 g/100 granos y el tratamiento T-III (0.50x0.40 m) con una media de 21.18 g/100 granos.

Cuadro 4. Promedio de peso de 100 granos expresado en gramos.

Tratamiento	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	20.18	20.26	20.44	20.46	81.34	20.34
(0.50x0.20 m)	21.07	20.81	21.22	20.88	83.98	21.00
(0.50x0.40 m)	21.41	21.24	20.59	21.47	84.71	21.18
(0.50x0.50 m)	21.33	21.41	21.38	21.60	85.72	21.43
(0.50x0.30 m)	20.83	20.91	20.59	21.06	83.39	20.85
Total	104.82	104.63	104.22	105.47	419.14	20.96

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 5 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados de la variable peso de 100 granos; éste análisis muestra una diferencia significativa entre tratamientos, demostrando que al menos uno de los tratamientos evaluados es diferente a los demás, se establece que la diferencia existente se debió al efecto del distanciamiento entre posturas, ya que al existir

menor densidad de plantas por unidad de área, disminuye la competencia por luz, agua y nutrientes, lo que favoreció los procesos fisiológicos de fotorespiración los cuales se reflejan en una mejor conformación del grano y por ende un mejor peso. El coeficiente de variación 1.10% mostró que el experimento se manejó de una forma adecuada, y demuestra que los datos son confiables.

Cuadro 5. Análisis de Varianza para la variable peso de 100 granos expresado en gramos.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	2.69	0.67	12.55	3.26	*
Bloques	3	0.16	0.05	1.01	3.49	NS
Error	12	0.64	0.05			
Total	19	3.5				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

C.V.= 1.10%

En el Cuadro 6 se muestra la significancia entre los tratamientos evaluados, realizando para éstos una prueba de medias Tukey al 0.05 de probabilidad, dando como resultado para una diferencia honesta significativa tres grupos estadísticos. El tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) obtuvo el mejor resultado con un promedio de 21.43 g/100 granos pero fue estadísticamente similar al tratamiento T-III (0.50x0.40 m) y T-II (0.50x0.20 m) los cuales obtuvieron un peso promedio de 21.18 g/100 granos y 21.00 g/100 granos respectivamente. El tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) fue estadísticamente superior al tratamiento testigo (0.50x0.30 m) existiendo una diferencia de 0.58 gramos entre ambos.

Cuadro 6. Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable peso de 100 granos.

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g)	GRUPO
T- IV (0.50x0.50 m)	21.43	A
T- III (0.50x0.40 m)	21.18	A B
T- II (0.50x0.20 m)	21.00	A B
T- V (0.50x0.30 m)	20.85	B C
T- I (0.50x0.10 m)	20.34	C

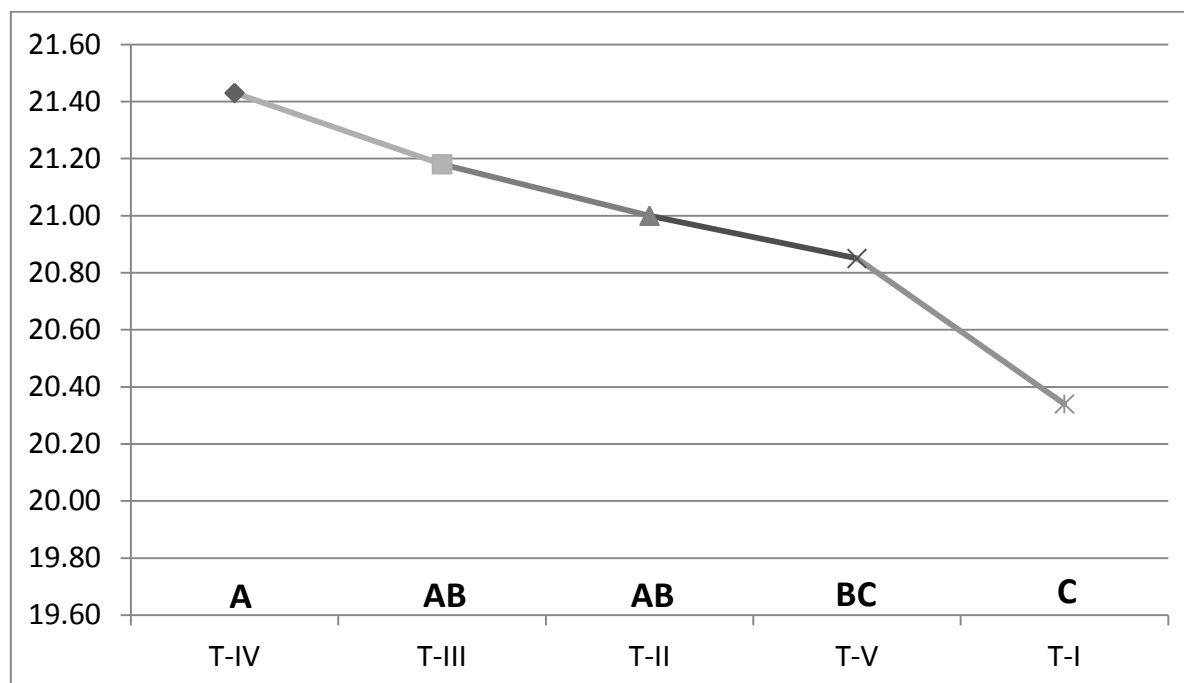
Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Comparador Tukey (DHS) = 0.52

En la Figura 2 se muestra el gráfico del promedio del peso de 100 granos expresado en gramos según la prueba de medias de Tukey, en el cual se indican los cuatro grupos estadísticos resultantes; siendo el grupo "A" correspondiente al tratamiento T-IV (0.50x0.50 m), en el grupo de intersección "AB" se encuentran el tratamientos T-III (0.50x0.40 m) y el tratamiento T-II (0.50x0.20 m), en el grupo de intersección "BC" se incluye al tratamiento T-V (0.50x0.30 m), y por último el grupo

“C” al cual corresponde al tratamiento T-I (0.50x0.10 m), determinando que los tratamientos incluidos en los grupos “BC” y “C” son estadísticamente inferiores.

Figura 2. Promedio de peso de 100 granos expresado en gramos.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.3. Número de vainas por planta

El Cuadro 7 muestra los resultados de la variable número de vainas por planta para los tratamientos evaluados; observando variación entre los diferentes distanciamientos evaluados, determinando que los mejores resultados fueron los de los tratamientos T-II (0.50x0.20 m) con una media de 13 vainas por planta y el tratamiento T-III (0.50x0.40 m) con una media de 12.61 vainas por planta, siendo el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) el que presentó el peor resultado, con un promedio de 7.56 vainas por planta.

Cuadro 7. Promedio de número de vainas por planta.

Tratamiento	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	7.14	7.66	8.00	7.43	30.23	7.56
(0.50x0.20 m)	12.8	11.78	13.41	14.00	51.99	13.00
(0.50x0.40 m)	11.85	13.03	11.00	14.57	50.45	12.61
(0.50x0.50 m)	11.56	9.19	10.10	7.21	38.06	9.52
(0.50x0.30 m)	11.85	12.07	11.64	12.25	47.81	11.95
Total	55.20	53.73	54.15	55.46	218.54	10.93

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 8 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados para la variable número de vainas por planta; éste análisis muestra una diferencia significativa entre tratamientos, demostrando que al menos uno de los tratamientos es diferente estadísticamente a los demás, se establece que la diferencia existente se debió al efecto del distanciamiento entre posturas, ya que al existir una densidad media en el mejor tratamiento, disminuye la competencia por luz, agua y nutrientes, pero también se forman condiciones en las cuales los distanciamientos entre posturas más densas cubren mayor área, disminuyendo la evaporación de agua y reduciendo el efecto adverso de malezas (17), lo que favorece los procesos fisiológicos de conformación de vainas. El coeficiente de variación 11.82% mostró que el experimento se manejó de una forma adecuada, reduciendo el error.

Cuadro 8. Análisis de Varianza para la variable número de vainas por planta.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	86.11	21.53	12.90	3.26	*
Bloques	3	0.41	0.14	0.08	3.49	NS
Error	12	20.02	1.67			
Total	19	106.54				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

C.V.= 11.82%

En el Cuadro 9 se muestra la significancia entre los tratamientos evaluados, realizando para éstos una prueba de medias Tukey al 0.05 de probabilidad, dando como resultado para una diferencia honesta significativa tres grupos estadísticos. El tratamiento T-II (0.50x0.20 m) obtuvo el mayor número de vainas con un promedio de 13 vainas por planta y fue estadísticamente similar a los tratamientos T-III (0.50x0.40 m) y T-V (0.50x0.30 m) los cuales presentaron un promedio de 12.61 y 11.95 vainas por planta respectivamente.

Cuadro 9. Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable número de vainas por planta.

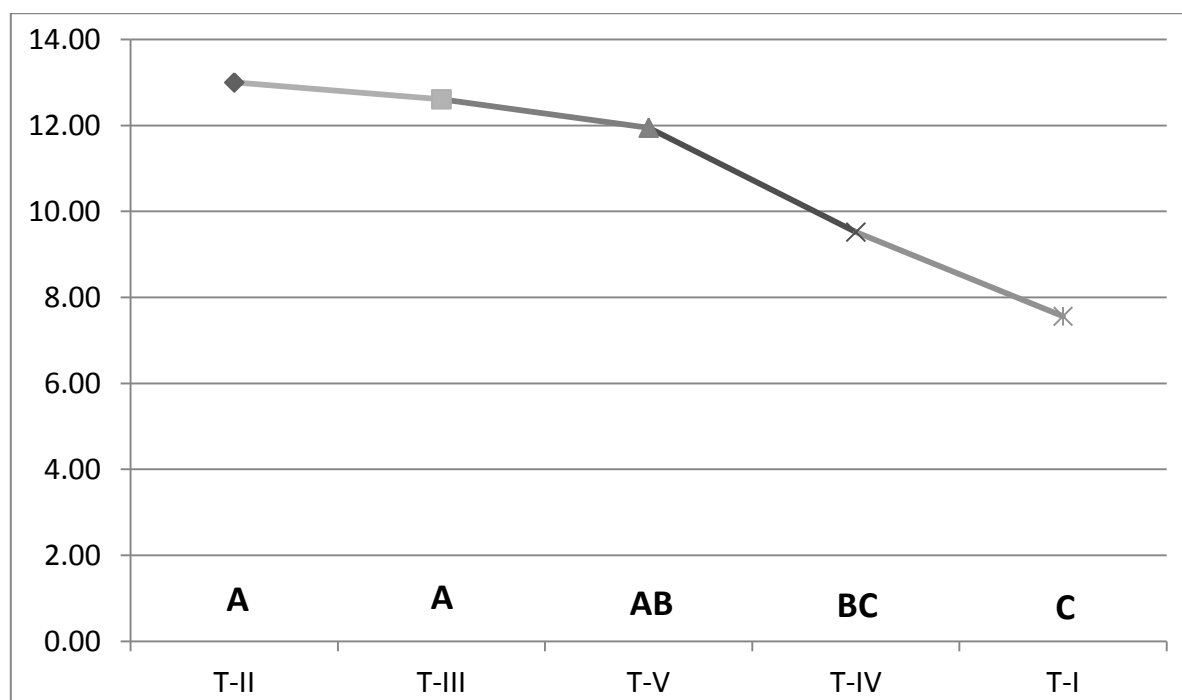
TRATAMIENTO	PROMEDIO	GRUPO
T- II (0.50x0.20 m)	13.00	A
T- III (0.50x0.40 m)	12.61	A
T- V (0.50x0.30 m)	11.95	A B
T- IV (0.50x0.50 m)	9.52	B C
T- I (0.50x0.10 m)	7.56	C

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Comparador Tukey (DHS) = 2.91

En la Figura 3 se muestra el gráfico del promedio de número de vainas, según la prueba de medias de tukey en el cual se indican los tres grupos estadísticos resultantes; siendo el grupo “A” correspondiente a los tratamientos T-II (0.50x0.20 m) y T-III (0.50x0.40 m) estadísticamente similar al tratamiento T-V (0.50x0.10 m) (testigo) el cual se encuentra en el grupo de intersección “AB”, en el grupo de intersección “BC” se incluye al tratamiento T-IV (0.50x0.50 m), y por último el grupo “C” al cual corresponde al tratamiento T-I (0.50x0.10 m), determinando que éstos dos últimos grupos muestran un menor número de vainas en comparación con el primer grupo estadístico.

Figura 3. Promedio de números de vainas por planta.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.4. Número de granos por vaina

El Cuadro 10 muestra los resultados de la variable número de granos por vaina para los tratamientos evaluados, observando variación entre los diferentes distanciamientos evaluados, determinando que los mejores resultados fueron los de los tratamientos T-II (0.50x0.20 m) con una media de 4.82 granos por vaina y el tratamiento T-III (0.50x0.40 m) con una media de 4.69 granos por vaina, siendo el tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) el que presentó el peor resultado, con un promedio de 4.38 granos por vaina.

Cuadro 10. Promedio de número de granos por vaina.

Tratamiento	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	4.54	4.58	4.45	4.62	18.19	4.55
(0.50x0.20 m)	4.84	4.85	4.83	4.75	19.27	4.82
(0.50x0.40 m)	4.81	4.55	4.72	4.68	18.76	4.69
(0.50x0.50 m)	4.33	4.34	4.41	4.44	17.52	4.38
(0.50x0.30 m)	4.74	4.56	4.56	4.42	18.28	4.57
Total	23.26	22.88	23.00	22.91	92.02	4.60

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 11 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados de la variable número de granos por vaina; éste análisis muestra una diferencia significativa entre tratamientos, demostrando que al menos uno de los tratamientos es diferente estadísticamente a los demás, se establece que la diferencia existente se debió al efecto del distanciamiento entre posturas, ya que al existir una densidad media en los tratamientos que presentaron mejores resultados, disminuye la competencia por luz, agua y nutrientes, pero también se forman condiciones en las cuales los distanciamientos entre posturas más densos cubren mayor área, disminuyendo la evaporación de agua y reduciendo el efecto adverso de malezas (17), lo que favoreció los procesos fisiológicos de polinización, aunque ninguno de los tratamientos evaluados presentó el número de granos expresados genéticamente por la variedad ICTA Texel, ya que como se indicó anteriormente esta puede llegar a presentar 6 granos por vaina, es probable que esto haya sucedido por una mala adaptabilidad de la variedad ya que la zona donde esta investigación se realizó, se encuentra a una altitud de 2380 ms.n.m., lo que redujo la expresión genética de la variedad, ya que según el ICTA esta se adapta en un rango 1800 hasta los 2300 ms.n.m. El coeficiente de variación 1.98% mostró que el experimento se manejó de una forma adecuada, arrojando datos confiables y reduciendo el error experimental.

Cuadro 11. Análisis de Varianza para la variable número de granos por vaina.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	0.43	0.11	13	3.26	*
Bloques	3	0.02	0.01	0.73	3.49	NS
Error	12	0.1	0.01			
Total	19	0.55				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

C.V.= 1.98%

En el Cuadro 12 se muestra la significancia entre los tratamientos evaluados, realizando para éstos una prueba de medias Tukey al 0.05 de probabilidad, dando como resultado para una diferencia honesta significativa tres grupos estadísticos. El tratamiento T-II (0.50x0.20 m) obtuvo el mejor número de granos por vaina con un promedio de 4.82 granos, y fue estadísticamente similar al tratamiento T-III (0.50x0.40 m) y estadísticamente superior a los tratamientos T-V (0.50x0.30 m), T-I (0.50x0.10 m) y T-IV (0.50x0.50 m).

Cuadro 12. Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable número de granos por vaina.

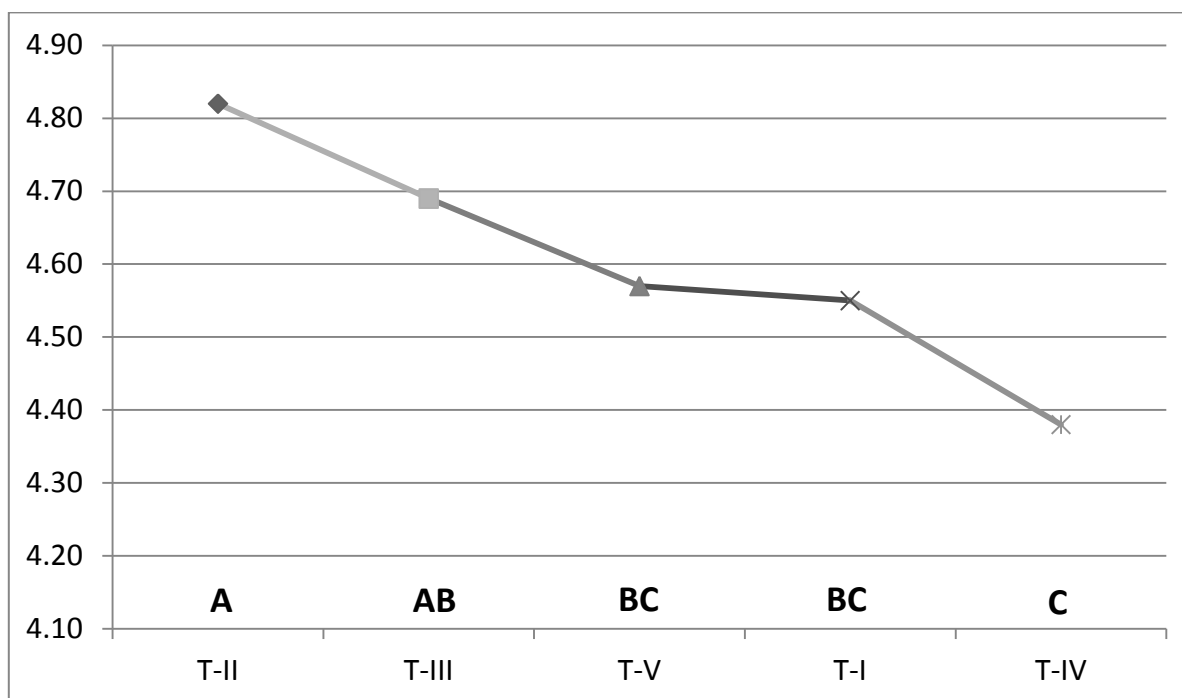
TRATAMIENTO	PROMEDIO	GRUPO
T- II (0.50x0.20 m)	4.82	A
T- III (0.50x0.40 m)	4.69	A B
T- V (0.50x0.30 m)	4.57	B C
T- I (0.50x0.10 m)	4.55	B C
T- IV (0.50x0.50 m)	4.38	C

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Comparador Tukey (DHS) = 0.20

En la Figura 4 se muestra el gráfico del promedio de número de vainas, según la prueba de medias de tukey en el cual se indican los cuatro grupos estadísticos resultantes; siendo el grupo "A" correspondiente al tratamiento T-II (0.50x0.20 m) estadísticamente similar al tratamiento T-III (0.50x0.40 m) el cual se encuentra en el grupo de interacción "AB", en el grupo de intersección "BC" se incluyen los tratamiento T-V (0.50x0.30 m) y T-I (0.50x0.10 m), y por último el grupo "C" el cual corresponde al tratamiento T-IV (0.50x0.50 m), determinando que éstos tres últimos tratamientos muestran un menor número de granos por vaina en comparación con el primero.

Figura 4. Promedio de número de granos por vaina.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.5. Biomasa

El Cuadro 13 muestra los resultados de la variable biomasa para los tratamientos evaluados expresada en kg/ha; observando variación entre los diferentes distanciamientos, determinando que los mejores resultados fueron de los tratamientos T-I (0.50x0.10 m) con una media de 8,330.00 kg/ha y el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) con una media de 8020.00 kg/ha.

Cuadro 13. Promedio de la biomasa expresada en kg/ha.

Tratamientos	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	8,159.00	8,421.00	8,520	8,220	33,320.00	8,330.00
(0.50x0.20 m)	6,801.00	7,967.00	8,456	8,856	32,080.00	8,020.00
(0.50x0.40 m)	4,580.75	5,791.00	5,314	5,595	21,280.75	5,320.19
(0.50x0.50 m)	2,760.00	2,694.00	2,804	2,496	10,754.00	2,688.50
(0.50x0.30 m)	4,950.00	4,284.00	4,572	5,400	19,206.00	4,801.50
Total	27,250.75	29,157.00	29,666	30,567	116,640.75	5,832.04

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 14 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados para la variable biomasa; éste análisis muestra una diferencia significativa, demostrando que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás. Se establece que la diferencia existente se debió al mayor número de

plantas por unidad de área y no a la mejor expresión genética de la variedad ICTA Texel, ya que las plantas cosechadas en los tratamientos con mejores resultados de biomasa, fueron plantas con tallos delgados y entre nudos alargados, efecto del fototropismo generado por la competencia por luz solar entre plantas. El coeficiente de variación 8.41% mostró que el experimento se manejó de una forma adecuada, arrojando datos confiables reduciendo el error experimental.

Cuadro 14. Análisis de Varianza para la variable biomasa expresada en kg/ha.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	88,931,290.11	22,232,822.53	92.39	3.26	*
Bloques	3	1,176,185.88	392,061.96	1.63	3.49	NS
Error	12	2,887,560.54	240,630.04			
Total	19	92,995,036.53				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

C.V.= 8.41%

En el Cuadro 15 se muestra la significancia entre los tratamientos evaluados, realizando para éstos una prueba de medias Tukey al 0.05 de probabilidad, dando como resultado para una diferencia honesta significativa tres grupos estadísticos. El tratamiento T-I (0.50x0.10 m) obtuvo el mejor resultado con un promedio de 8,330.00 kg/ha y fue estadísticamente similar al tratamiento T-II (0.50x0.20 m), siendo estos dos tratamientos estadísticamente superiores a los demás tratamientos.

Cuadro 15. Comparación de medias Tukey sometidas al 0.05 de probabilidad para la variable biomasa expresada en kg/ha.

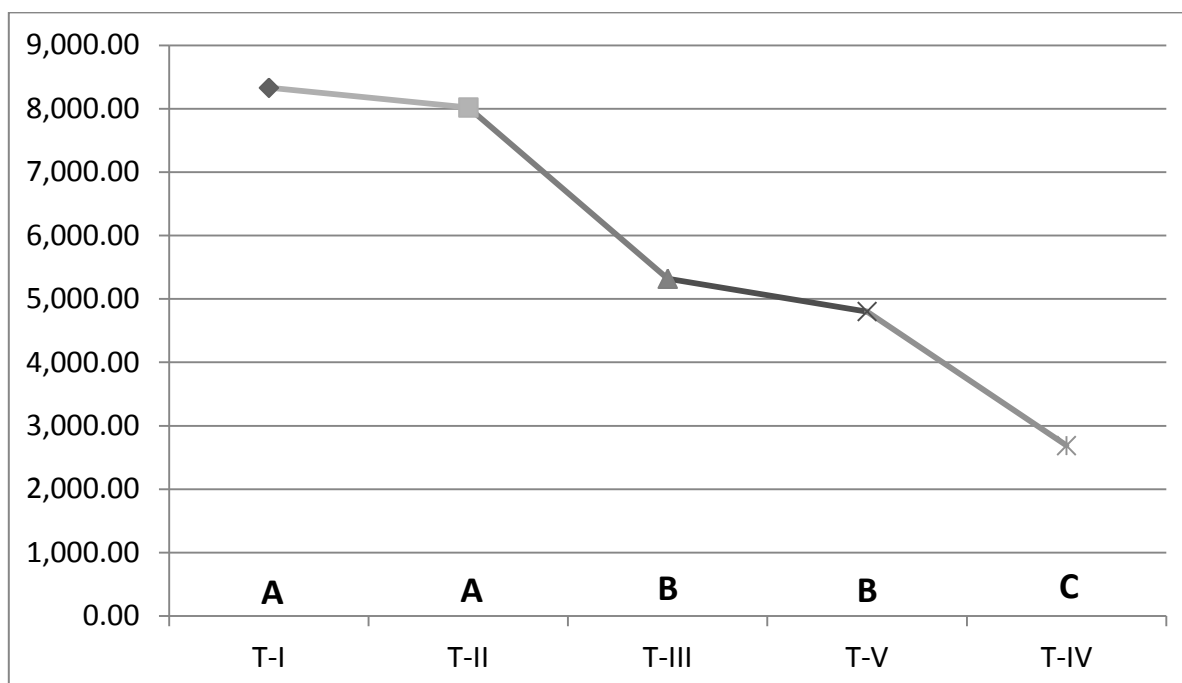
TRATAMIENTO	PROMEDIO (kg/ha)	GRUPO
T- I (0.50x0.10 m)	8330.00	A
T- II (0.50x0.20 m)	8020.00	A
T- III (0.50x0.40 m)	5320.19	B
T- V (0.50x0.30 m)	4801.50	B
T- IV (0.50x0.50 m)	2688.50	C

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Comparador Tukey (DHS) = 1105.60

En la Figura 5 se muestra el gráfico del promedio biomasa, según la prueba de medias de tukey en el cual se indican los tres grupos estadísticos resultantes; siendo el grupo "A" correspondiente a los tratamientos T-I (0.50x0.10 m) y T-II (0.50x0.20 m.) estadísticamente superiores al resto, en el grupo "B" se encuentran los tratamientos T-III (0.50x0.40 m) y T-V (0.50x0.30 m), y por último el grupo "C" el cual corresponde al tratamiento T-IV (0.50x0.50 m), determinando que éstos dos últimos grupos muestran un menor promedio de biomasa en comparación con el primero.

Figura 5. Promedio de Biomasa expresada en kg/ha.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.6. Índice de cosecha

El Cuadro 16 muestra los resultados de la variable índice de cosecha para los tratamientos evaluados, observando variación entre los diferentes distanciamientos, determinando que los tratamientos que presentaron mejor índice de cosecha fueron de los tratamientos T- IV (0.50x0.50 m) con 0.44 y el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) con 0.40.

Cuadro 16. Índice de cosecha.

Tratamiento	Repetición				Total	Media
	I	II	III	IV		
(0.50x0.10 m)	0.39	0.40	0.40	0.40	1.59	0.40
(0.50x0.20 m)	0.43	0.37	0.35	0.32	1.47	0.37
(0.50x0.40 m)	0.40	0.28	0.33	0.32	1.33	0.33
(0.50x0.50 m)	0.44	0.41	0.44	0.46	1.75	0.44
(0.50x0.30 m)	0.31	0.46	0.40	0.39	1.56	0.39
Total	1.97	1.92	1.92	1.89	7.70	0.39

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

En el Cuadro 17 se muestra el análisis de varianza practicado a los resultados para la variable índice de cosecha; éste análisis muestra que no hay diferencia significativa, demostrando que ninguno de los tratamientos es diferente a los demás. El coeficiente de variación 12.10% mostró que el experimento se

manejó de una forma adecuada, arrojando datos confiables y reduciendo el error experimental.

Cuadro 17. Análisis de Varianza para la variable índice de cosecha.

FV	gl	SC	CM	F.C	FT 0.05%	SIG
Tratamientos	4	0.02	0.01	2.76	3.26	NS
Bloques	3	6.6	2.2	0.10	3.49	NS
Error	12	0.03	2.2			
Total	19	0.05				

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

C.V.= 12.10%

4.7. Análisis de correlación y regresión

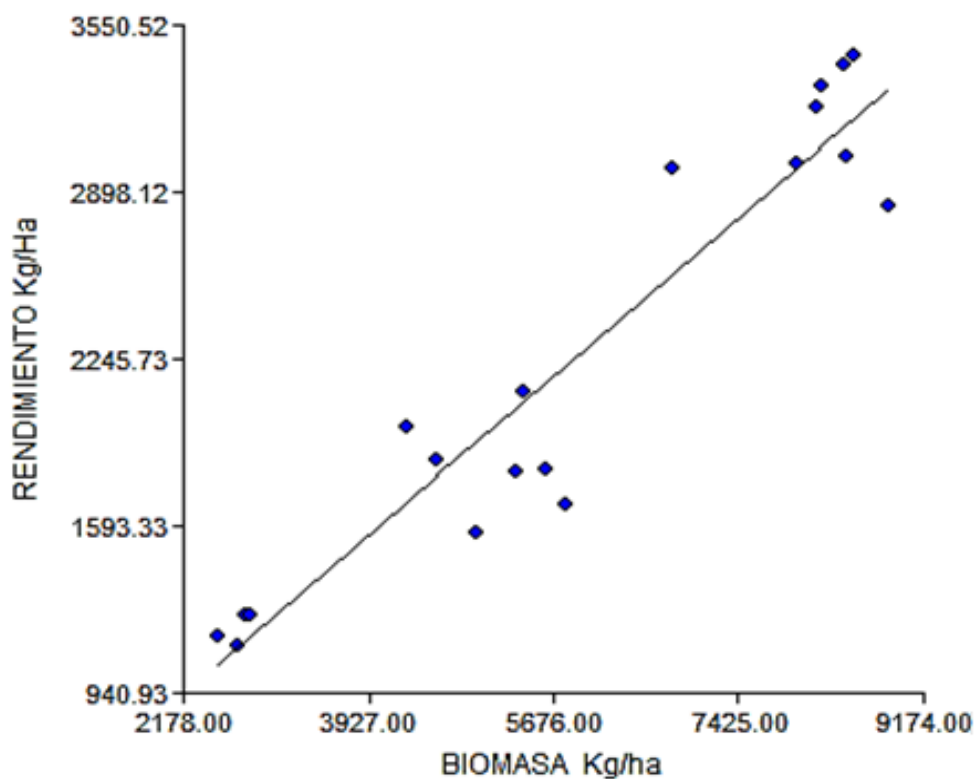
En el cuadro 18 se presentan las correlaciones entre el rendimiento de grano y los componentes de rendimiento; En este cuadro se puede observar que el único componente en donde se presentó una asociación entre las dos variables fue para biomasa, donde el valor de r fue de 0.91; a estos dos parámetros se le realizó la prueba de regresión, la cual se muestra en la Figura 6.

Cuadro 18. Análisis de correlación.

Correlación	Valor r.
Rendimiento – Peso de 100 granos	-0.71
Rendimiento – Vainas por planta	-0.19
Rendimiento – Granos por Vaina	0.43
Rendimiento – Biomasa	0.91
Rendimiento – Índice de cosecha	-0.10

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Figura 6. Análisis de regresión lineal para la correlación Rendimiento-Biomasa.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

4.8. Análisis económico

4.8.1. Presupuestos parciales

Para la realización del análisis económico de esta investigación se utilizó la metodología de Tasa Marginal de Retorno al Capital (16), la cual es correspondiente a la metodología del análisis de presupuestos parciales, el cual se detalla a continuación.

Haciendo un ejercicio simple de identificación, se determinó que los costos relevantes fueron: la semilla, la mano de obra para la siembra, el fertilizante, la mano de obra para la fertilización.

En el Cuadro 19 se presenta la estimación de los costos que varían, determinando que el tratamiento con el costo más alto fue el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) con Q20,135.76 y el que presentó el costo más bajo fue el tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) con Q4,248.96.

Cuadro 19. Estimación de los costos que varían.

Tratamiento	Sem. kg/ha	Precio de campo de la semilla Q/kg	Fertilizante kg/ha	Precio de campo del Fertilizante Q/kg	Jornales	Costo del jornal (Q)	Total costos que varían (Q/ha)
(0.50x0.10)	120	18.67	1,200	5.86	138	78.72	20,135.76
(0.50x0.20)	60	19.75	600	5.93	70	78.72	10,253.40
(0.50x0.40)	30	21.90	300	6.15	36	78.72	5,335.92
(0.50x0.50)	24	22.70	240	6.25	28	78.72	4,248.96
(0.50x0.30)	40	20.82	400	6.04	46	78.72	6,869.92

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Antes de ajustar los rendimientos experimentales, se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de los grupos de medias determinados con la prueba de Tukey, luego usando una tasa de ajuste del 15%, se obtuvieron los rendimientos ajustados, los cuales se pueden observar en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Ajuste del rendimiento al 15%.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Grupo Tukey	Rendimiento corregido	Rendimiento ajustado al 15%
(0.50x0.10 m)	3,343.95	A	3,343.95	2,842.36
(0.50x0.20 m)	2,969.84	B	2,969.84	2,523.65
(0.50x0.30 m)	1,879.32	C	1,833.12	1,558.15
(0.50x0.40 m)	1,786.92	C	1,833.12	1,558.15
(0.50x0.50 m)	1,192.08	D	1,192.08	1,013.27

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de campo del producto (Q6.60/Kg), se obtuvo el beneficio bruto, y luego sustrayendo de este último los costos que varían se obtuvo el beneficio neto. En el Cuadro 21 se observa que el tratamiento que presentó el mejor beneficio neto fue el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) con Q6,402.69, además el tratamiento T-I (0.50x0.10 m) no presentaron ningún beneficio neto.

Cuadro 21. Determinación del Beneficio bruto y beneficio neto.

Tratamiento	Rendimiento ajustado al 15%	Beneficio Bruto (Q)	Costos que varían (Q/ha)	Beneficio Neto (Q)
(0.50x0.10 m)	2,842.36	18,759.57	20,135.76	-1,376.19
(0.50x0.20 m)	2,523.65	16,656.09	10,253.40	6,402.69
(0.50x0.40 m)	1,558.15	10,283.79	5,335.92	4,947.87
(0.50x0.50 m)	1,013.27	6,687.58	4,248.96	2,438.62
(0.50x0.30 m)	1,558.15	10,283.79	6,869.92	3,413.87

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Para la realización del análisis de dominancia se ordenaron los tratamientos de acuerdo con un orden creciente de los costos que varían, como se muestra en el Cuadro 22, luego se identificaron los tratamientos no dominados, lo cuales fueron los tratamientos T-IV (0.50x0.50 m), el T-III (0.50x0.40 m) y el tratamiento T-II (0.50x0.20 m), los cuales seguirán con el análisis de Tasa Marginal de Retorno (TMR).

Cuadro 22. Análisis de dominancia.

Tratamiento	Costos que Varían	Beneficio Neto	Observación de Cambio de Tratamiento	Conclusión de la Observación
T- IV(0.50x0.50 m)	4,248.96	2,438.62		No Dominado
T- III(0.50x0.40 m)	5,335.92	4,947.87	De T-IV a T-III	No Dominado
T- V(0.50x0.30 m)	6,869.92	3,413.87	De T-III a T-V	Dominado
T- II(0.50x0.20 m)	10,253.40	6,402.69	De T-III a T-II	No Dominado
T- I(0.50x0.10 m)	20,135.76	-1,376.19	De T-II a T-I	Dominado

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

La Tasa Marginal de Retorno (TMR) nos indica el porcentaje de retorno en términos de ganancia que se obtiene por cada unidad monetaria en que se incrementan los costos como resultado de cambiar de un tratamiento al otro (16), En el Cuadro 23, se presenta la TMR de los tratamientos no dominados; en este cuadro se puede observar que el tratamiento T- III (0.50x40 m.), presentó la mayor Tasa Marginal de Retorno con 230.85% ; a pesar de no ser el mejor tratamiento en las variables de rendimiento evaluadas; Por tanto, es el tratamiento más rentable y constituye la recomendación para los agricultores productores de frijol que utilizan la variedad ICTA Texel en el altiplano occidental.

Cuadro 23. Determinación de la Tasa Marginal de Retorno (TMR).

Tratamiento	Beneficio Neto	Costos Variables	Incremento Beneficio Neto	Incremento Costo Variable	TMR (%)
(0.50x50 m)	2,438.62	4,248.96			
(0.50x40 m)	4,947.87	5,335.92	2,509.25	1,086.96	230.85
(0.50x20 m)	6,402.69	10,253.40	1,454.82	4,917.48	29.58

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. El distanciamiento entre posturas genera un efecto sobre el rendimiento de grano de frijol, variedad ICTA Texel, siendo el tratamiento T-I (0.50 x 0.10 m) el que presentó el mejor resultado en comparación con el testigo T-V (0.50 x 0.30 m), existiendo una diferencia entre ambos de 1,464.63 kg/ha que fue aproximadamente de 43.79% menos. Por lo que se rechaza la hipótesis Nula uno.
- 5.2. Los distanciamientos evaluados tienen un efecto sobre los componentes de rendimiento: peso de 100 granos, número de vainas por planta, número de granos por vaina y biomasa, pero no sobre el componente de rendimiento índice de cosecha, siendo el tratamiento T-IV (0.50x0.50 m) el mejor para el componente peso de 100 granos; para el componente número de vainas por planta el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) fue superior pero estadísticamente similar al testigo; para el componente número de granos por vaina se determinó que el tratamiento T-II (0.50x0.20 m) obtuvo el mejor resultado. Para el componente biomasa el mejor tratamiento fue el T-I (0.50x0.10 m) y estadísticamente similar al tratamiento T-II (0.50x0.20 m), por lo que se rechaza la hipótesis nula dos.
- 5.3. El análisis económico de presupuestos parciales reveló que el tratamiento T-III (0.50x0.40 m) fue económicamente el más rentable y recomendable para la producción comercial del cultivo de frijol, variedad ICTA Texel, por lo que se rechaza la hipótesis nula tres.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Se recomienda a los agricultores productores de frijol que utilizan la variedad ICTA Texel, implementar la tecnología de siembra de 0.50 m entre surco por 0.40 m entre postura, ya que económicamente es el más rentable.
- 6.3.** Es de suma importancia realizar la validación de esta tecnología en distintas localidades del departamento de Quetzaltenango y el altiplano occidental.
- 6.4.** Es importante realizar este tipo de investigaciones en las distintas variedades sembradas en el altiplano occidental, esto con el fin de generar nuevas alternativas tecnológicas en la siembra del cultivo de frijol para la producción comercial en el altiplano occidental de Guatemala.

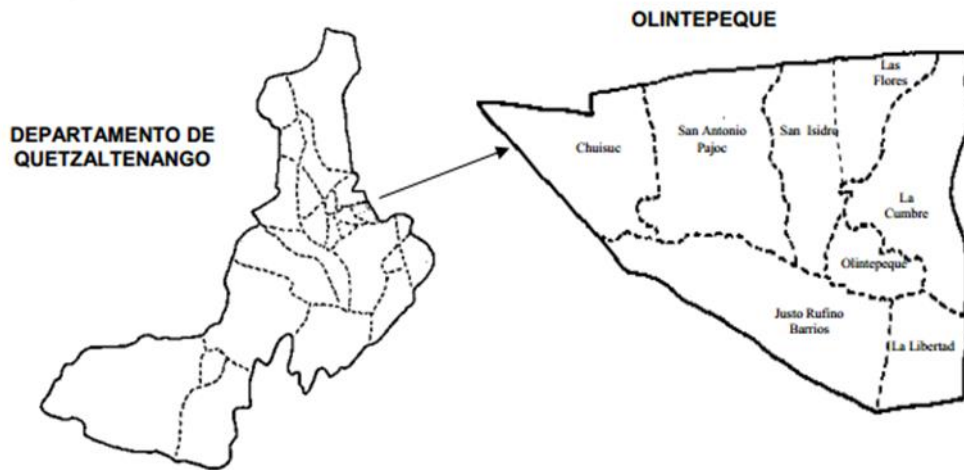
7. BIBLIOGRAFIA

1. Benacchio, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP. (Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria). Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
2. Cabrera, C; Reyes, C. 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol, Programa de granos básicos, Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, La Libertad, El Salvador. p 7-8.
3. CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO) 1979. Programa de frijol: informe de resultados, Colombia. P. 77-78.
4. CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO) 1985. Guía de estudio etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Cali, Colombia. Audio tutorial.
5. CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO) 1988. Conceptos Básicos de Fisiología de Frijol. Cali. Colombia. 53 p.
6. De Paz, R. 2009. Diseños y análisis de experimentos agrícolas. Segunda edición. Quetzaltenango. Guatemala. 99 p.
7. DIPLAN. (Dirección de Planeamiento, GT); MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT) 2013. El agro en cifras. Guatemala. 20 p.
8. Donald, C; Hamblin J. 1976. The Biological yield and harvest index of cereales as agronomic and plant breeding criteria. Advances in Agronomy. Vol. 28, p 361-405
9. Fagaria, N; Baligar, V. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2 ed. Estados Unidos, Marcel Dekker. 624 p.
10. Hernández, F; Páez, G. 1971. Relación de la densidad espacial de siembra con la producción de frijol. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (17,1971, PA). Memorias. Panamá, s.e. 64-67 p.
11. Holdrige, L.R. 1959. Mapa Ecológico de Guatemala. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José Costa Rica. 200 p.
12. INE. (Instituto Nacional de Estadística, GT.) 2003, IV Censo Nacional Agropecuario. Guatemala.

13. INSIVUMEH. (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT.) 2013. Reporte climatológico. Estación meteorológica, Labor Ovalle, Quetzaltenango. Guatemala.
14. López, J. 1989. Evaluación de tres niveles de fertilizantes y tres densidades de siembra en frijol criollo en la comunidad "El Chichipate", El Estor, Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 70 p.
15. MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT.) 2014. Informe, situación del frijol negro. Guatemala. 21 p.
16. MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR); Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica.
17. Molina, C. 1972. Frijol: como aumentar su rendimiento en Guatemala. In DIGESA (Dirección General de Servicios Agrícolas, GT). Proyecto de investigación de frijol en Guatemala. Guatemala. 60p.
18. Reyes, J. R; Kohashi, J. 1979. Effect of population density in the yield components of short pole bean (*P. vulgaris*) and scarletrunner bean (*P. coccineus*). Annual Report of Bean Improvement Cooperative 22: 35-36 p.
19. Reyes H, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Reesñando el uso de este enfoque, Boletín Informativo CIAGROS 1-2001, Universidad San Carlos, Guatemala. 36 p.
20. Rosales, R. 2003. Efecto del arreglo espacial en el rendimiento de tres variedades de frijol rojo (*P. vulgaris*). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras.
21. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
22. Villatoro. J; Castillo. F; Franco. J. 2011. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala. ICTA. 26 p.

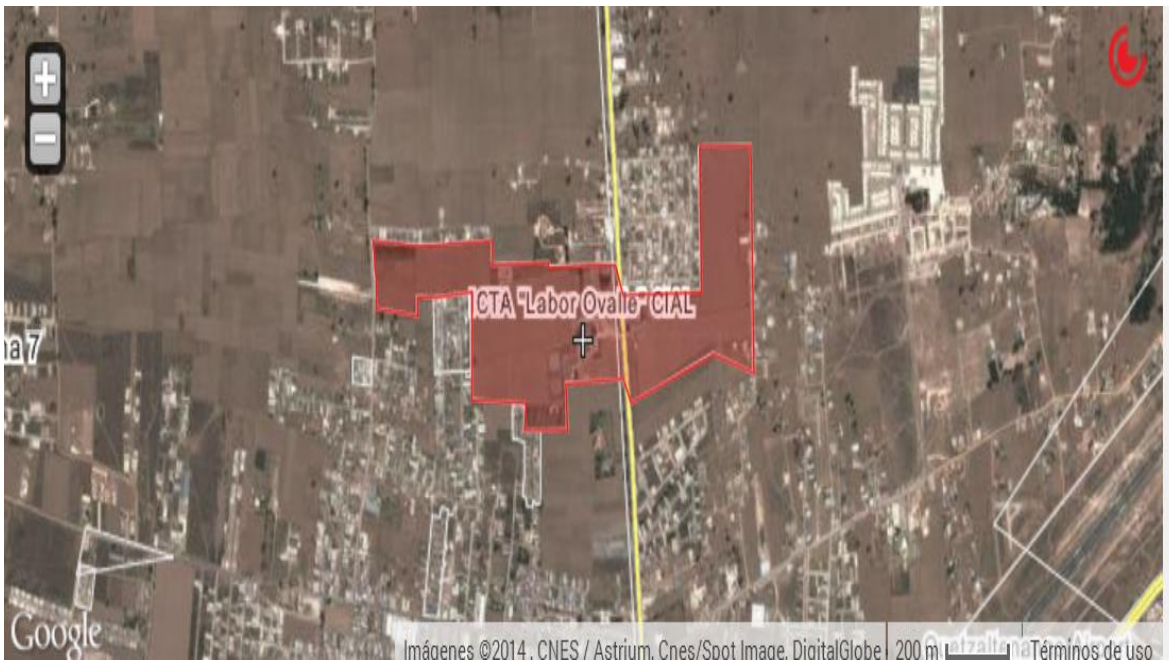
8. ANEXOS.

Figura 1 A. Ubicación del Municipio de Olintepeque en el Departamento de Quetzaltenango.



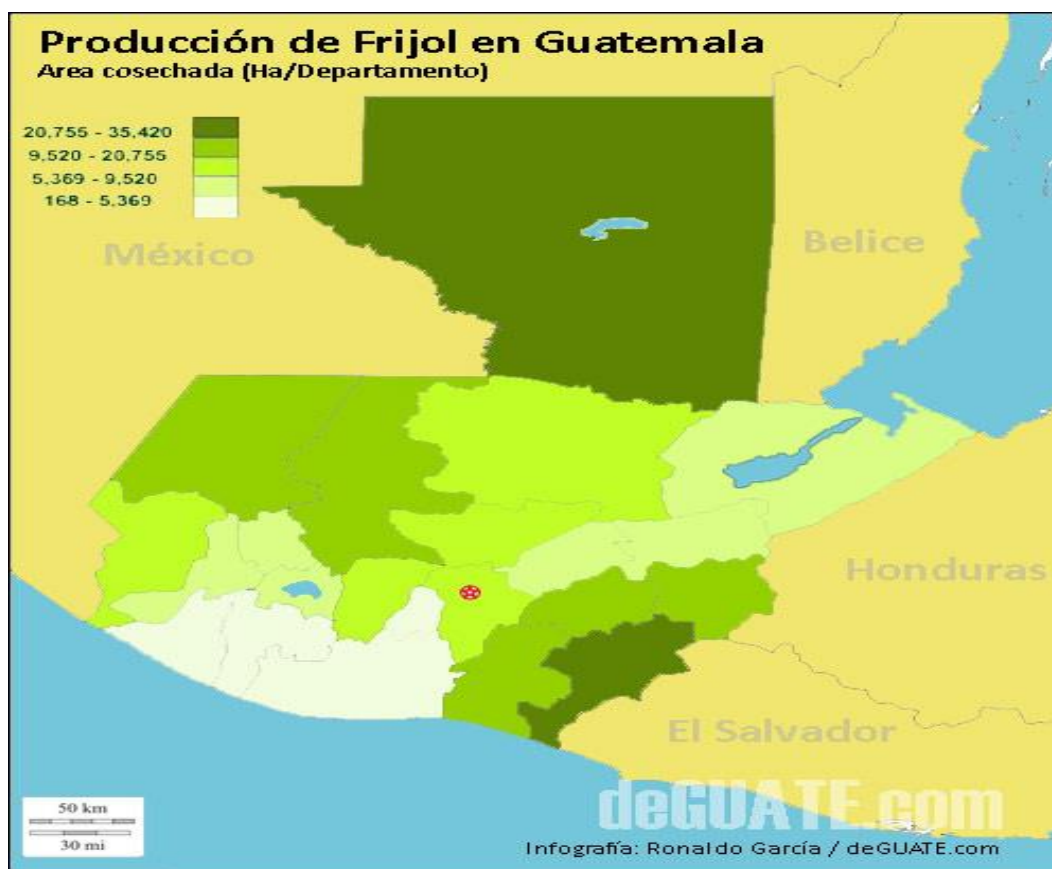
Fuente: PDM, Olintepeque.

Figura 2 A. Ubicación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Centro de Investigaciones del Atiplano, Labor Ovalle.



Fuente: Imágenes 2014, CNES/ Austin Cnes.

Figura 3 A. Producción de frijol en Guatemala (ha/Departamento.)



Fuente: Ronaldo García/ deGUATE.com

Figura 4 A. Croquis de campo del experimento, diseño experimental de bloques completos al azar.

R1	T4	T1	T3	T5	T2
R2	T1	T5	T4	T2	T3
R3	T2	T3	T5	T1	T4
R4	T3	T4	T1	T5	T2

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Figura 5 A. Presupuesto de la investigación.

CONCEPTO	UNIDAD	No. DE UNIDADES	COSTO POR UNIDAD (Q)	TOTAL (Q)
Preparación del terreno.	Cuerda	1	60.00	60.00
Semilla.	Libra	2	8.00	16.00
Pita plástica.	Royo	2	10.00	20.00
Fertilizante 15-15-15.	Libra	15	4.00	60.00
Fertilizante foliar Byfolan.	Litro	0.03	65.00	2.00
Insecticida Monarca.	100 cc	30 cc	40.00	12.00
Insecticida Decis.	100 cc	30 cc	40.00	12.00
Fungicida Amistar.	Sobre	1	25.00	25.00
Jornal.	Jornal	20	90.00	1,800.00
TOTAL				2,007.00

Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.

Figura 6 A. Cobertura del área donde se desarrollan las malezas.



Fuente: trabajo de campo, investigación 2015.