

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
CARRERA DE AGRONOMIA**

**EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN
DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.**

AÑO 2009



**ALLAN MARLON BARRIOS GUZMÁN
CARNET: 9640906**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

AUTORIDADES

Rector Magnífico
Barrios
Secretario General
Cerezo

Dr. Carlos Estuardo Gálvez

Dr. Carlos Guillermo Alvarado

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General CUNOC
Cabrera
Secretario Administrativo

Lcda. María del Rosario Paz

Lic. César Haroldo Milian R.

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Dr. Oscar Arango B.

Lic. Teódulo Cifuentes.

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis E. Rojas Menchú

Br. Victor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

CARRERA DE AGRONOMIA

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

TECNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez L.

EXAMINADORES

Ing. Agr. Henry López Galindo

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez L.

Dr. Fernando Aldana.

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo

DIRECTOR DE DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

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 19 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Enero del 2013.

**HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO.
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR.
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.**

Señores representantes.

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.

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,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ALLAN MARLON BARRIOS GUZMAN.

Quetzaltenango 12 de noviembre del año 2012.

Ing. MSc Héctor Alvarado Quiroa.
Director División Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente.

Apreciado Ing. MSc. Alvarado.

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he asesorado el trabajo de tesis del Técnico Agrícola Allan Marlon Barrios Guzmán con número de carnet 9640906, quien realizó su trabajo de tesis titulado:

"EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA".

Este trabajo creemos que cumple con los requisitos que la Universidad de San Carlos requiere por lo que recomiendo que pueda ser publicada para que el Técnico Agrícola Barrios Guzmán se pueda graduar como Ingeniero Agrónomo. Este trabajo de tesis nos dio la oportunidad de seleccionar la nueva variedad de frijol **ICTA Superchiva** que posee 74 ppm de hierro lo que hace de gran beneficio para madres que padecen de anemia ferropénica y que provoca que sus hijos sean mal formados y que padezcan de problemas de aprendizaje.

Agradeciendo su atención a la presente me despido de usted.

Respetuosamente.


Dr. Fernando Aldana de León
Investigador Principal ICTA Labor Ovalle

Quetzaltenango, 23 de noviembre de 2012

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

División Ciencia y Tecnología.

Centro Universitario de Occidente.

Quetzaltenango.

Ingeniero Alvarado:

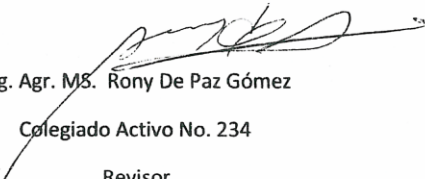
Me dirijo a usted para manifestarle que por la designación emitida por esa dirección, según Of. No. 053/SDCT/2012, de fecha 13 de noviembre de 2012. He procedido a la revisión final del trabajo de graduación del estudiante **ALLAN MARLON BARRIOS GUZMAN**, Titulado:

"EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA".

Habiéndole hecho todas las enmiendas necesarias, considero que la presente investigación además de cumplir con los requerimientos que esta Unidad Académica exige, es un gran aporte para mejorar la producción de frijol y la Seguridad Alimentaria del Altiplano Occidental de Guatemala. Por lo que **RECOMIENDO** su **PUBLICACION**.

Atentamente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. MS. Rony De Paz Gómez

Colegiado Activo No. 234

Revisor



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

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. 002-AGR-2013 de fecha veinticinco de enero del año dos mil trece del (la) estudiante: ALLAN MARLON BARRIOS GUZMAN con Carné No. 9640906 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L. EN DOS LOCALIDADES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.”**

Quetzaltenango, 25 de enero de 2013.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Jesús Ronquillo de León
Director de División de Ciencia y Tecnología a.i.



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por darme la fortaleza espiritual para el alcance de los objetivos propuestos.

A MIS PADRES

JUAN FRANCISCO BARRIOS ECHEVERRIA

REYNA ELIZABETH GUZMAN LOPEZ

Triunfo dedicado especialmente para ellos ya que se han manifestado como mi principal ejemplo de vida a seguir, estaré siempre agradecido por el apoyo brindado.

A MIS ABUELOS MARCOS BARRIOS (Q.E.P.D.), CELIA ECHEVERRIA (Q.E.P.D.) VIRGILIO GUZMAN, MANUELA LOPEZ, agradecimiento inmenso por sus sabios consejos y enseñanzas.

A MIS HERMANAS

WENDY y YENIFER, gracias por mantener esa unidad familiar.

A MI ESPOSA E HIJOS

MARIA ELENA LOPEZ, XIMENA, VANECK E IVANNA

Por su apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación familiar, sirva este logro como ejemplo para mis hijos.

A MIS TIOS Y TIAS

Por estar presente en los momentos amenos y difíciles, por servir de guía buscando siempre valorar los aspectos positivos de la vida, especialmente para Nineth, Lesbia, Marleny, Geovany, Carlos, Fredy, René, Ubaldino, Magdalena y Laura.

A MIS PRIMOS Y AMIGOS

Por convertirse en apoyo moral que se traduce en un ejemplo para alcanzar objetivos, dedicado especialmente a Cleydi, Fredy, Julio, Erick, María, Hellen, Sharon y Mary.

A MIS SOBRINOS

Ejemplo que pueda manifestarse en ellos como futuros profesionales, dedicado a Anthony, Fiorella, Estefany, Fernando y Valentina.

A MIS AMIGOS

Por compartir desde la infancia hasta la actualidad esos momentos que la vida ofrece, sincera dedicación a Pablo, Douglas, Luis, Ronal, Alex, Juan, Raul y Dionicio.

ESPECIAL AGRADECIMIENTO.

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Alma Mater, formadora de profesionales.

A INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS (ICTA)

Por permitirme haber realizado la presente investigación.

A LA INSTITUCION SAVE THE CHILDREN.

Por el apoyo brindado en la culminación del presente trabajo de investigación, especialmente a Ing. Agr. Rodrigo Arias e Ing. Agr. Alejandro Calí.

A MI ASESOR Y REVISOR.

Dr. Luis Fernando Aldana, Ing. Agr. MSc. Rony De Paz, por su apoyo incondicional y orientación profesional para la culminación del presente trabajo de investigación. Un agradecimiento fraternal a los dos profesionales.

INDICE

Contenido	Pág.
RESUMEN	
1.	
INTRODUCCION.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICO	2
1.2 HIPÒTESIS.....	2
2 REVISIÒN BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Importancia Del Cultivo Del Frijol.....	3
2.2 Composiciòn Nutricional del Frijol.....	4
2.3 Origen del Frijol (Phaseolus vulgaris L.).....	4
2.4 Descripciòn de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.).....	5
2.4.1 Taxonomía de la planta de frijol.....	5
2.4.2 Morfología:.....	5
2.4.2.1 Raíz.....	5
2.4.2.2 Tallo Principal.....	6
2.4.2.3 Ramas Axiliares y Complejos Axiliares.....	8
2.4.2.4 Hojas.....	9
2.4.2.5 Inflorescencia.....	10
2.4.2.6 Flor.....	10
2.4.2.7 Fruto.....	11
2.4.2.8 Semilla.....	12
2.4.3 Etapas de desarrollo en las plantas de frijol.....	13
2.5 Variedades o genotipos de frijol generados por ICTA.....	15
2.5.1 ICTA Altense.....	15
2.5.2 ICTA Hunapù	15
2.5.3 Texel.....	15
2.5.4 ICTA EPR-9.....	16
2.5.5 Biofort 46 (49).....	16
3 MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Localizaciòn:.....	17
3.2 Descripciòn del Diseño Experimental.....	17
3.2.1 Unidad Experimental:.....	18
3.3 Descripciòn de los tratamientos.....	18
3.4 Descripciòn de las variables de respuestas:.....	19
3.4.1 Rendimiento:.....	19
3.4.2 Componentes de rendimiento:.....	19
3.5 Análisis estadístico:.....	19

3.6	Manejo agronómico del experimento.....	20
4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
4.1	Variable Rendimiento.....	21
4.1.2	Media de rendimiento de dos localidades.....	25
4.2	Análisis de correlación entre los componentes de rendimiento.....	26
4.2.1	Correlación entre rendimiento y número de vainas por planta.....	27
4.2.2	Correlación entre rendimiento y numero de granos por planta.....	28
4.2.3	Correlación entre rendimiento y peso de 100 semillas.....	30
4.2.4	Correlación entre rendimiento y la biomasa en gramos.....	31
5	CONCLUSIONES.....	33
6	RECOMENDACIONES.....	34
7	BIBLIOGRAFÍA.....	35
8	ANEXOS.....	37

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pag.
Cuadro 1. Nutrientes y energía que se encuentran en 100 gramos de frijol crudo...	4
Cuadro 2. Tratamientos utilizados en la evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.	5
Cuadro 3. Medias de rendimiento en kg ha^{-1} de la evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.	6
Cuadro 4. Resultados de análisis de suelos realizados en Estación Experimental ICTA, Labor Ovalle, Quetzaltenango.....	
Cuadro 5. Análisis de varianza al rendimiento en kg ha^{-1} de la evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad de ICTA, Labor Ovalle.	7
Cuadro 6. Análisis de varianza al rendimiento en kg ha^{-1} de la evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Aldea Las Lagunas, San Marcos.	8
Cuadro 7. Prueba de medias del rendimiento en kg ha^{-1} a través del método de Tukey al 5 % de la Evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad de ICTA, Labor Ovalle.	9
Cuadro 8. Prueba de medias del rendimiento en kg ha^{-1} a través del método de Tukey al 5 % de la evaluación de diez genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.	10

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pag.
Figura 1. Media de rendimiento de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L) en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala, ICTA Labor Ovalle y Aldea Las Lagunas, San Marcos.	11
Figura 2. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y número de vainas por planta de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.	12
Figura 3. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y número de vainas por planta de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.....	13
Figura 4. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y número de granos por vaina por planta de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.	14
Figura 5. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y número de granos por vaina por planta de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.	15
Figura 6. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y peso de 100 semillas en gramos de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.	16
Figura 7. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y peso de 100 semillas en gramos de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.	17
Figura 8. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y biomasa en gramos de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.	18
Figura 9. Correlación rendimiento en kg ha^{-1} y biomasa en gramos de la evaluación de diez genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.	19

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Contenido

Fotografía 1 A	Establecimiento de la investigación en campo.....	43
Fotografía 2 A	Germinación de frijol.....	43
Fotografía 3 A	Distribución de tratamientos.....	44
Fotografía 4 A	Visita Steve Beebe y Fernando Aldana.....	44
Fotografía 5 A	Cosecha de frijol.....	45
Fotografía 6 A	Cosecha para el pesaje respectivo.....	45

RESUMEN

Atendiendo la problemática de que los agricultores del altiplano de Guatemala no poseen variedades de Frijol que presente altos potenciales de rendimiento para solventar la necesidad de consumo en su dieta alimenticia por tal razón, se planteó la evaluación de 10 variedades de frijol arbustivo en 2 localidades, una en la estación experimental del ICTA en Quetzaltenango y la otra en la aldea Las Lagunas del departamento de San Marcos, para el efecto se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Siendo las variables en estudio el rendimiento en grano seco de frijol expresado en kg ha^{-1} y los componentes de su rendimiento como biomasa, número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 semillas. Los análisis estadísticos efectuados fueron: análisis de varianza al 0.05 de probabilidad, prueba de medias de tukey al nivel de 0.05 de probabilidad y análisis de correlación y regresión.

Entre los resultados más relevantes estuvieron la respuesta positiva de las variedades, mostrando diferencia estadística significativa, sobresaliendo las variedades de Hunapù Precoz (3365 kg ha^{-1}) y EPR-9 (2930 kg ha^{-1}) para la localidad de Quetzaltenango (estación experimental de ICTA) y EPR-9 (2169 kg ha^{-1}) y Hunapù (2051 kg ha^{-1}) para la localidad de Las Lagunas San Marcos. En cuanto a la correlación y regresión se obtuvo una relación estrecha principalmente para el efecto de la biomasa con respecto al rendimiento de grano de frijol. Por lo consiguiente se determinó que la variedad de frijol Altense fue la que más rendimiento produjo tanto en Quetzaltenango como en San Marcos, por lo que se recomendó sembrar la variedad de frijol Altense en localidades con condiciones similares a las localidades en donde fueron montados los experimentos

1. INTRODUCCION.

El cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), desde la antigüedad se ha constituido en una de las principales fuentes de alimento de gran valor proteico para la alimentación humana, esta leguminosa ocupa un lugar importante en la dieta de los que consumen frijol, por su alto contenido promedio de proteínas de 22%.

En Guatemala así como en la mayoría de países en vía de desarrollo, las situaciones de extrema pobreza en las que vive una buena parte de la población traen como consecuencia índices de desnutrición alarmante causados por la escasez de nutrientes principalmente de proteína y otros aminoácidos los cuales son de suma importancia para el desarrollo de los cuerpos. Por estudios que se han hecho se sabe que la combinación de un cereal con una leguminosa mejora la calidad proteica de las dietas, en el caso de Guatemala se come frijol y maíz. Sin embargo, la baja disponibilidad que se tiene de las leguminosas como el frijol hace difícil que este alimento se pueda incorporar a la dieta en la proporción requerida.

Para alcanzar el nivel de consumo de frijol y por lo tanto la calidad de proteína, es necesario aumentar la producción y disponibilidad del frijol, ya que uno de los factores responsables de su bajo consumo con relación al maíz, es su baja producción a nivel del agricultor. En nuestro país a pesar de la gran importancia del frijol en la dieta de nuestra población, el rendimiento promedio nacional es de 409.10 kg-ha, esto es considerado como bajo, si se estima que las variedades actuales de frijol pueden producir hasta 2,045.45 kgha⁻¹.

La totalidad de las familia guatemaltecas consumen frijol negro en las tres comidas principales del día, con una frecuencia de consumo de 77, 78 y 97 %, en el desayuno, almuerzo y cena respectivamente, (1) En el altiplano occidental de San Marcos y Quetzaltenango, también el consumo de frijol es diario, sin embargo, los agricultores no poseen la cantidad necesaria para cubrir su dieta alimenticia; para suplir esta deficiencia, es necesario aumentar la producción y disponibilidad del frijol. ICTA desde hace años ha generado variedades que poseen potenciales altos de rendimiento y calidad nutricional, sin embargo, para poder establecer una recomendación en áreas nuevas es necesario realizar evaluaciones previas en zonas donde es común la producción de frijol.

La presente investigación evaluó variedades atendiendo a la problemática expuesta y para darle solución en parte se propuso la presente investigación.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. Objetivo General:

Generar tecnología para la producción del cultivo de frijol en el altiplano occidental de Guatemala.

1.1.2. Objetivos Específicos:

1. Identificar genotipos de frijol arbustivo que demuestren alto potencial de rendimiento en estación experimental de ICTA, Quetzaltenango y en Las Lagunas San Marcos.
2. Determinar el efecto de los componentes del rendimiento de frijol en la producción de grano en seco.

1.2. HIPOTESIS:

- Ho1. Ninguna de las variedades de frijol a evaluar presentará alto potencial de rendimiento, en las localidades en estudio.
- Ho2. Ninguno de los componentes del rendimiento tendrá efecto en la producción de grano en seco de frijol.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Importancia del cultivo del frijol:

El frijol común *Phaseolus vulgaris L.*, es una especie anual, originaria de América. México ha sido aceptado como el más probable centro de origen, o al menos como el centro 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. El frijol se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tiene un alta contenido de proteínas, alrededor de un 22% y más, contenido éste cálculo en base a la materia seca. Las semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas. También puede consumirse la vaina entera inmadura. En general, el frijol es parte importante de la dieta alimenticia en Centro y Sur América. El frijol común constituye la principal fuente de proteína para la población guatemalteca, se produce principalmente en la zona del Sur-Oriente y Norte de Guatemala. (8).

El cultivo de Frijol, es muy importante para las familias de los guatemaltecos, especialmente los que viven en el área rural, ya que constituyen junto al Maíz, la principal fuente alimenticia. La forma de siembra es mayoritariamente en asocio con el cultivo de maíz, aunque varios ya lo siembran en monocultivo. (6)

El cultivo de Frijol posee entre 16 a 25 % de proteína vegetal, siendo la principal la legumilina de fácil digestión, y alto poder energético, 8 % de calorías y rico en vitamina B, así también el Frijol, es una de las leguminosas más importantes de Latinoamérica, solamente procedida por la soja (*Glycine max L.*) y el maní (*Arachis hypogaea L.*), su importancia radica en que es una fuente alta de proteína vegetal, fibra dietética 3-8%, minerales 3-5% y lípidos 1-5%. Además destaca su alto contenido de calcio, hierro, vitaminas, tales como tiamina (B1) y ácido fólico, su proteína es rica en lisina, y muy pobre en aminoácidos azufrados como Metionina y Cisteína, los cuales se localizan en gran abundancia en los cereales, por esto el frijol y los cereales ricos en carbohidratos se complementan, proporcionando una nutrición balanceada

En los departamentos de Guatemala, los municipios que se han distinguido en la producción de esta importante leguminosa están, según el censo Agropecuario Nacional: Jutiapa 17%; (Quesada, Jalpatagua, Santa Catarina Mita, Atescatempa, Asunción Mita), Peten 13% (San Luis, Poptún y Dolores), Jalapa 8%, (San Pedro Pinula, Monjas), Chiquimula 8%: (Ipala), Santa Rosa 6%: (Cuilapa y Santa Rosa de Lima), Alta Verapaz 5%, Baja Verapaz 2%, (San Jerónimo), Guatemala 5%, Chimaltenango 4%, Huehuetenango 6% y en el Quiché 7%. (9). Aunque el Peten y Jutiapa, zonas secas, son las zonas más productoras de frijol en Guatemala, en la zona del Altiplano Occidental, es posiblemente, la región del país, donde se presentan los rendimientos más altos del frijol, aproximadamente de dos a cuatro quintales por cuerda, (20 a 40 qq por manzana) (12).

2.2. Composición nutricional del frijol.

Cuadro 1. Nutrientes y energía que se encuentran en 100 gramos de frijol crudo.

Energía	333 Kcal	Zinc	2.79 mg
Proteína	23 g	Cobre	0.7 mg
Grasa	1.3 g	Manganeso	1.11 mg
Carbohidratos	54.6 g	Tiamina	0.43 mg
Fibra	10.4 g	Riboflamina	0.12 mg
Calcio	100 mg	Niacina	1.9 mg
		Ácido	
Fósforo	430 mg	patoténico	0.78 mg
Sodio	12 mg	Vitamina B6	0.4 mg
Potasio	1359 mg	Ácido fólico	3.94 mcg
Hierro	7.1 mg	Ácido ascórbico	3.0 mg

Fuente: Colombia Viva bien coma frijoles 2007.

Por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se han identificado los mecanismos para aumentar el contenido de y hierro y zinc en el grano de frijol común. En estudio de más de 2000 variedades de frijol para minerales, especialmente hierro y zinc se encontró que el contenido de hierro varió de 34 ppm a 89 ppm, con un promedio de 55 ppm. Evaluaciones posteriores identificaron variedades que promediaron hasta 100 ppm en diferentes sitios y épocas del cultivo. En estos análisis las concentraciones de zinc variaron hasta 54 ppm y eran asociadas con hierro y calcio alto. Estos valores de hierro y zinc son dos veces mayores que las variedades corrientes de fríjol y cinco veces mayor que el contenido de hierro de la mayoría de los cereales. De hecho el nivel de zinc encontrado es uno de los más altos entre las fuentes vegetales de este mineral y es casi igual al de los productos lácteos. Dado estos resultados conjuntamente con la Universidad del Valle se está evaluando los frijoles biofortificados para observar los cambios clínicos en niños preescolares, al incorporar en su dieta este grano en biofortificación de cultivos, parte de la base de usar metodologías de fitomejoramiento para incorporar rasgos de calidad nutricional en variedades cultivadas comercialmente y adaptadas esas variedades a diferentes ambientes. Esto hace que este enfoque sea atractivo como apoyo a programas de suplementación y fortificación, puesto que es una mejoría en la dieta común de las poblaciones. (9)

2.3. Origen del frijol ((*Phaseolus vulgaris* L.)

El Frijol común es una planta herbácea anual (6). Es uno de los cultivos más antiguos, México probablemente es su centro de origen, Hallazgos arqueológicos en México y Sud América, indican que era conocido desde hace 7,000 años. Aunque de origen Americano, el Frijol se cultiva extensamente en diferentes partes del mundo. Otros factores señalan que las especies más comunes de *Phaseolus*

tienen su centro de origen y domesticación en la parte occidental de Guatemala, abarcada por la franja ecológica del Pacífico (6).

2.4. Descripción de la planta de frijol *Phaseolus vulgaris* L.

2.4.1 Taxonomía de la planta de frijol.

Desde el punto de vista taxonómico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico completo es *Phaseolus vulgaris* L. Asignado por Linneo en 1753. Perteneció a la tribu Phaseoleae de la subfamilia Papilionoideae dentro del orden Rosales.

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan: Son ellas: *P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Guatemala es considerado uno de los centros de origen del frijol, existen 12 especies de *Phaseolus* de las cuales los parientes silvestres son: *P. leptostachyus*, *P. macrolepis*, *P. microcarpus*, *P. oligospermus*, *P. persistentes*, *P. tuerckheimii*, *P. xanthotrichus*. La mayoría de las poblaciones de estas especies se encuentran en las zonas montañosas del país siendo el área comprendida entre los volcanes de Pacaya y Agua donde se concentra la mayor diversidad de frijol. (19)

2.4.2 Morfología:

La descripción de la morfología de frijol es en el siguiente orden:

2.4.2.1 Raíz:

En los primeros estados de crecimiento el sistema radical está formado por la radícula del embrión la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria, es decir, la primera identificable.

A pocos días de la emergencia de la radícula es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte alta de la raíz principal; después aparecen las raíces terciarias y otras subdivisiones. La raíz principal entonces se puede distinguir fácilmente por su diámetro y su posición a continuación del tallo. Sobre ésta y en disposición en forma de corona, se encuentran las raíces secundarias de diámetro un poco menor y en número de 3 a 7. Se denominan secundarias debido a que el proceso de formación, lo hacen a partir de la raíz principal o primaria. Existen otras raíces secundarias que aparecen un poco más tarde y más abajo sobre la raíz principal.

Las raíces terciarias aparecen lateralmente sobre las raíces secundarias y las cuaternarias sobre las terciarias y la última división constituida por los pelos absorbentes localizados en las partes jóvenes de las raíces y que son importantes en la absorción de agua y nutrientes. Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, con una amplia variación, incluso dentro una misma variedad. Como miembro de la subfamilia Papilionoidae, presenta nódulos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. (10)

2.4.2.2 Tallo principal:

El tallo principal de la planta de fríjol, puede ser identificado como el eje principal sobre el cual están insertadas las hojas primarias y dos diversos complejos axilares.

Está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Un nudo es el punto de inserción en el tallo. Un nudo es el punto de inserción en el tallo, de una hoja y de un grupo de yemas axilares. Las yemas se encuentran en la axila de cada hoja. El entrenudo es la parte del tallo comprendida entre dos nudos. El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. El tallo tiene generalmente un diámetro más grande que las ramas laterales. Puede ser erecto, semipostrado o postrado, de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad pero en general tiende a ser vertical ya sea que el fríjol crezca solo o con algún tipo de soporte.

El tallo tiene muchas características de las cuales algunas son muy utilizadas en la identificación de variedades. Dentro de éstas se puede mencionar: color, pilosidad, tamaño, número de nudos, carácter de la parte terminal, diámetro, largo de los entrenudos, aptitud para trepar, filotaxia y ángulos de las inserciones de diferentes partes de la planta. Subiendo hacia la parte terminal del tallo principal de una planta de fríjol de 40 a 50 días se puede ver:

1. Un cambio en la disposición de las ramas, es en la ramificación. En los dos primeros nudos (de los cotiledones y de las hojas primarias) y solamente en ellos, las ramas están dispuestas en forma opuesta, en los nudos superiores la disposición es alterna.
2. El aspecto de la parte terminal del tallo. Relacionado con este punto existen dos posibilidades:
 - a. Que haya una inflorescencia (racimo) como continuación directa del tallo. Esta inflorescencia se desarrolla completamente, primero en flores y después en vainas; además es una de las primeras en entrar en floración. En este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado.
 - b. La otra posibilidad, es que en el tallo no se presente un desarrollo diferente y su parte terminal exista un meristemo vegetativo permita que la planta continúe creciendo y formando nudos y entrenudos. En este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado.

Hábito de crecimiento:

Este concepto morfoagronómico podría ser definido como la presentación de la planta en el espacio como consecuencia de su crecimiento. Este crecimiento es el resultado de la interacción de los caracteres internos más constantes y de factores externos que varían en el tiempo y en el espacio.

Los principales caracteres morfoagronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

1. Las características de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
2. El número de nudos.
3. La longitud de los entrenudos y en consecuencia, la altura de la planta y la distribución de las longitudes a lo largo del tallo
4. La aptitud para trepar.
5. El grado y el tipo de ramificación, incluyendo el concepto de guía, es decir la presencia de un tallo, sobresaliendo claramente por encima del follaje del cultivo.

Según estudios hechos por CIAT (10) se considera que los hábitos de crecimiento se agrupan en cuatro tipos:

Habito de crecimiento determinado:

Tipo I.

Habito de crecimiento determinado arbustivo.

Las plantas con este tipo de hábito de crecimiento tiene las siguientes características: El tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia desarrollada. Cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y las ramas generalmente se detiene.

En general el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de 5 a 10, comúnmente cortos. La altura puede variar entre 30 y 50 cm.

La floración dura poco tiempo y la madurez, antes de la senectud completa, ocurre casi al mismo tiempo para todas las vainas.

Habito de crecimiento indeterminado:

Tipo II.

Habito de crecimiento indeterminado arbustivo.

Pertenecen a este tipo las plantas con las siguientes características: tallo erecto pero sin aptitud para trepar. Ramas laterales no numerosas y generalmente cortas. Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, estas plantas continúan creciendo aún durante la floración aunque a diferente ritmo.

Tipo III.

Habito de crecimiento indeterminado postrado.

Las características más sobresalientes son: Plantas postradas o semipostradas con un sistema de ramificación axilar bien desarrollado. El tallo principal y las numerosas ramas laterales pueden tener aptitud trepadora en su parte terminal, especialmente si cuentan con algún tipo de soporte. Generalmente el tallo y algunas ramas laterales, se aíslan de la cobertura del cultivo después del inicio de la floración y se llaman guías. Los entrenudos son particularmente largos, en relación con los de la parte inferior. Por ello, este tipo III puede llamarse trepador o semitrepador, pero con un grado de ramificación muy diferente al de las plantas del tipo IV.

Tipo IV.

Habito de crecimiento indeterminado trepador.

Se considera que plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las típico fríjol trepador. Este es el tipo de hábito de crecimiento que se encuentra generalmente en la asociación maíz-fríjol.

Se caracteriza por: una bajo número de ramas laterales en cada nudo. Ramas muy poco desarrolladas a consecuencia de la fuerte dominancia apical. El tallo principal, que puede tener de 20 a 30 nudos y con algún soporte, puede alcanzar más de dos metros de altura. La floración persiste durante varias semanas. En la parte baja del tallo se pueden observar vainas secas, mientras en la parte alta continúa la floración.

2.4.2.3 **Ramas axilares y complejos axilares:**

Se ha visto que los componentes de la ramificación son: el número de ramas y el número de nudos en cada rama. También se ha visto que la ramificación se inicia en un nudo, generalmente en la axila de una hoja trifoliada, aunque puede existir ramificación en los dos primeros nudos del tallo principal. En este último caso, las demás son opuestas al nivel de estos nudos y después su desarrollo sigue alterno.

Las ramas provienen de yemas visibles solamente en los primeros estados de crecimiento de la parte considerada y están colocadas entre el tallo y la inserción de la hoja, es decir, el pulvínulo del pecíolo. Además de las ramas, se puede ver muchas veces, inflorescencias colocadas también en la inserción de las hojas sobre el tallo o sobre las ramas laterales del tallo.

Si se observa detalladamente se nota que generalmente estos órganos como ramas e inflorescencias están presentes en grupos de tres. En las axilas de las hojas trifoliadas, entre el tallo y el pulvínulo del pecíolo, como en la inserción de los cotiledones y de las hojas primarias y en los estados primarios del crecimiento, se encuentran tres yemas, de

las cuales la central es la más visible. Estas tres yemas forman el complejo axilar llamado Tríada. Las yemas tienen propiedades distintas; el desarrollo de ellas puede ser de tres tipos:

1. Desarrollo completamente vegetativo

La yema central se desarrolla primero, formando la rama central. El desarrollo de las dos yemas laterales es primero vegetativo y luego floral, como el de la rama central. Sin embargo este desarrollo puede no ser exactamente igual para las dos yemas laterales. Este tipo de desarrollo, completamente vegetativo, ocurre generalmente en la parte baja de la planta, o sea, en el nudo cotiledonar, el de las hojas primarias y en los nudos de las primeras hojas trifoliadas del tallo principal y de las ramas axilares, cualquiera que sea el hábito de crecimiento

2. Desarrollo floral y vegetativo.

La yema central se desarrolla en una inflorescencia, es decir en un racimo, lo que significa que en esta axila se va a observar primero el racimo floral y después las vainas. Las dos yemas laterales permanecen inicialmente en estado latente. Sin embargo muchas veces después de la formación de las vainas en la inflorescencia central, o debido a cualquier accidente ocurrido en este racimo central, las dos yemas laterales o una solamente, pueden salir del estado latente e iniciar un desarrollo vegetativo y luego un desarrollo floral, produciendo al menos un nudo con una hoja trifoliada. Este tipo de desarrollo se encuentra en la parte superior de los tallos principales o de las ramas laterales, en los hábitos de crecimiento tipo II, III y IV.

3. Desarrollo completamente floral.

El tercer tipo de desarrollo de la tríada es completamente floral. Las dos yemas laterales se desarrollan convirtiéndose directamente en botones florales, los cuales posteriormente se transforman en florales y luego en vainas. Este tipo de desarrollo completamente floral se presenta únicamente en las partes terminales del tallo y de las ramas laterales, en la axila de la última hoja trifoliada en las variedades de hábito de crecimiento tipo I.

2.4.2.4 Hojas:

Las hojas del fríjol son de dos tipos simples y compuestas. Están insertadas en los nudos de los tallos y las ramas laterales, mediante pecíolos. El número de hojas compuestas es variable. Las hojas del fríjol están siempre asociadas con las estipulas presentes en los nudos.

Las hojas primarias son simples; aparecen en el segundo nudo del tallo principal y se forman en la semilla durante la embriogénesis. Son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas.

Las estipulas que constituyen un carácter importante en la sistemática de las leguminosas, son bífidas al nivel de las hojas primarias. Las hojas primarias generalmente caen antes de que la planta esté completamente desarrollada.

Las hojas compuestas, trifoliadas son las hojas típicas del fríjol. Tiene tres folíolos, un pecíolo y un raquis. Tanto el pecíolo como el raquis son acanalados. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado, los dos laterales son asimétricos y también acuminados.

Los folíolos son enteros; la forma tiende a ser de ovalada a triangular, principalmente ovaliforme, pero sin aurículas; son glabros o subglabros.

Los folíolos tienen peciolulos que pueden ser considerados como pulvínulos y poseen estipelas; dos estipelas en el folíolo terminal y una en cada folíolo lateral colocadas a la base de los peciolulos.

En la base del pecíolo cerca del tallo está el pulvínulo principal; los pulvínulos están relacionados con los movimientos nictinásticos de las hojas. A cada lado de las hojas trifoliadas hay una estipula de forma triangular y de inserción basi-fija, que siempre es visible. Existe una gran variación en cuanto al color y pilosidad de las hojas; estos caracteres pueden o no tener relación con el color y pilosidad del tallo y de las ramas.

Esta variación esta también relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta, la edad o también con las condiciones ambientales. (10)

2.4.2.5 Inflorescencias:

Las inflorescencias pueden ser laterales, o terminales como sucede en las plantas de hábito de crecimiento tipo I. Desde el punto de vista botánico se considera racimos de racimos: un racimo principal compuesto de racimos secundarios, que podrían llamarse tríadas florales.

En las inflorescencias se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas y los botones florales.

2.4.2.6 Flor:

La flor del fríjol es una típica flor papilionácea, de simetría bilateral y con las siguientes características:

1. Un pedicelo glabro o subglabro con pelos unciculados y en su base una pequeña bráctea no persistente, unilateral, es decir la bráctea pedicelar.
2. El cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares dispersos, como labios, en dos grupos, en la siguiente forma: dos en la parte alta

completamente soldados y tres más visibles en la parte baja. En la base del cáliz hay dos bractéolas verdes, ovoides y multinervias, que persisten hasta poco después de la floración; ordinariamente de un tamaño equivalente a dos veces la longitud del cáliz.

3. La corola es pentámera y papilionácea y con tres pétalos no soldados. En ella se puede distinguir:
 - a. El estandarte que es glabro, simétrico, con un apéndice ancho y difuso en la cara interna. Puede ser de color blanco, rosado o púrpura, pero nunca verde.
 - b. Dos alas cuyo color puede ser muy variado: blanco, rosado o púrpura. En general las alas son más oscuras que las otras partes de la corola; pero puede ocurrir también lo contrario, que el estandarte sea de un color más oscuro que las alas.
 - c. La quilla presenta forma de espiral muy cerrada, es asimétrica y está formada por dos pétalos completamente unidos. La quilla envuelve completamente al androceo y el gineceo.
4. El androceo está formado por nueve estambres, soldados por su base en un tubo y por un estambre libre llamado vexilar, que se encuentra al frente del estandarte.
5. El gineceo supero incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal. Debajo del estigma se puede observar una agrupación de pelos en forma de brocha.

La morfología floral de *Phaseolus vulgaris* L. Favorece el mecanismo de auto polinización. En efecto las anteras están al mismo nivel del estigma, y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce dehiscencia de las anteras (antesis), el polen cae directamente sobre el estigma.

2.4.2.7 Fruto:

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido, puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa.

Dos suturas aparecen en la unión de las dos valvas: una es la sutura dorsal, llamada placentar: la otra sutura, se denomina sutura ventral.

Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar; en consecuencia, las semillas alterna en las dos valvas. Estas dos suturas son muy importantes en la dehiscencia, como también la producción de las capas pergaminosas de fibra en las valvas.

Las vainas son generalmente glabras o subglabras, con pelos muy pequeños. A veces la epidermis es cerosa. Puede ser de diversos colores, uniforme o con rayas, existiendo diferencias entre las vainas jóvenes o estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas. También el color depende de la variedad.

Dehiscencia:

La dehiscencia es un carácter morfo-agronómico muy importante que se usa algunas veces para clasificar las variedades de fríjol. Se puede considerar tres tipos: de dehiscencia el tipo pergamisona, la vaina que posee fibras fuertes y orientadas en la capa pergamínosa, induce una fuerte dehiscencia en la maduración. Las variedades con este tipo de dehiscencia son cultivadas exclusivamente para la cosecha de granos secos.

El tipo coráceo es aquel en el cual se separan las dos suturas levemente sin que haya separación total de las dos valvas.

En el tipo carnoso o no fibroso la vaina es casi indehisciente, las valvas no poseen fibras y ni separación de valvas a lo largo de las suturas. (16)

2.4.2.8 Semilla:

La semilla es exalbuminosa. Se origina de un óvulo campilótropo. Puede tener varias formas: cilíndrica, de riñón, esférica, u otras.

Las partes más importante de la semilla son:

1. La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
2. El hilum, o cicatriz dejada por el funículo, el cual conecta la semilla con la placenta.
3. El micrópilo que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza principalmente la absorción de agua.
4. La rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo campilótropo.

Respecto a la posición de la semilla en la vaina, los micrópilos están dispuestos en la dirección del ápice de la vaina y los rafe en la dirección del pedicelo.

Internamente la semilla está constituida solamente por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocotilo, los dos cotiledones y la radícula.

El complejo plúmula radícula está situado entre los cotiledones, a un lado del grano contra la testa, de tal manera que la radícula está en contacto con el micrópilo y la plúmula está encerrada hacia el interior del grano. De todas maneras, en el grano seco el

complejo plúmula-radícala, ocupa solamente una parte muy reducida del espacio libre entre los cotiledones.

Calculando en base a la materia seca, la testa representa un 9%, los cotiledones un 90% y un 1%, el resto del embrión.

La semilla tiene una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café, etc.), de forma y de brillo. La combinación de colores es también muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación del gran número de variedades de frijol que existen. (10)

2.4.3 Etapas de desarrollo en las plantas de frijol:

El frijol es una planta anual herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, aunque es una especie termófila, es decir que no soporta las heladas. El ciclo de la planta de frijol se puede desmembrar en dos fases sucesivas: la fase vegetativa y la fase reproductiva.

Etapas de la fase vegetativa:

La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a las semillas las condiciones 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 de crecimiento indeterminado. En esta fase vegetativa se incluyen cinco etapas de desarrollo. (16)

Etapas VO germinación:

Se toma como iniciación, el día en que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo del proceso de germinación; es decir, el día del primer riego, o de la primera lluvia si se siembra en suelo seco. Luego emerge la radícula, raíz primaria, raíces secundarias y las raíces terciarias.

Etapas V1 emergencia:

Se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo. Se considera que un cultivo de frijol inicia la etapa V1 cuando el 50% de la población esperada, presenta los cotiledones al nivel del suelo.

Etapas V2 Hojas primarias:

Comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas. Para un cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. Las hojas primarias del frijol son unifoliadas y opuestas, están situadas en el segundo nudo del tallo principal y cuando están completamente desplegadas se encuentran generalmente en posición horizontal aunque no han alcanzado su tamaño máximo. En esta etapa los cotiledones pierden su forma arqueándose y arrugándose.

Etapa V3 primera hoja trifoliada:

Se presentan cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. Esta etapa se toma cuando el 50% de las plantas presentan la primera hoja trifoliada desplegada. La primera hoja trifoliada, se encuentra por encima de las hojas primarias. El pecíolo y el entrenudo se superponen a las hojas primarias, la segunda hoja trifoliada ya ha aparecido y los cotiledones se han secado completamente y por lo general, han caído.

Etapa V4 Tercera hoja trifoliada:

Comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada o sea cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. Es a partir de esta etapa que se hacen claramente diferenciables algunas estructuras vegetativas, tales como el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas que se desarrollan a partir de las tríadas de yemas que se encuentran en las axilas de las hojas de la planta, incluso de las hojas primarias y de los cotiledones. Tiene una duración máxima de 15 días.

Sub-etapa V4.4 Cuarta hoja trifoliada:

Empieza cuando esta despliega la cuarta hoja trifoliada del tallo principal en la planta o en el 50% de las plantas de un cultivo de frijol.

Sub-etapa V4.5 Quinta hoja trifoliada:

Empieza cuando la quinta hoja trifoliada del tallo principal se ha desplegado. Empieza cuando el 50% de las plantas muestran esta característica en el tallo principal.

Etapas de la fase reproductiva:

Esta fase se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales o los racimos y la madurez de la cosecha.

Etapa R 5 prefloración:

Se inicia cuando aparece el primer botón o primer racimo. En condiciones de cultivo, se considera que este ha entrado en esta etapa cuando el 50% de las plantas presentan esta característica.

Etapa R6 Floración:

Se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que apareció.

Etapa R7 Formación de vainas:

Se inicia cuando la planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida en condiciones de cultivo cuando el 50% de las plantas presentan esta característica.

Etapa R8 Llenado de las vainas:

Se inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Comienza entonces el crecimiento activo de las semillas.

Etapas R9 Maduración:

Se considera como la última de las escalas de desarrollo ya que en ella ocurre la maduración. (16)

2.5 VARIEDADES O GENOTIPOS DE FRIJOL GENERADOS POR ICTA.

2.5.1 ICTA Altense: A230/Guate 192/A175

Esta variedad tuvo su origen, inicialmente en el cruzamiento entre A-230, un material proveniente del CIAT, con un material del programa de frijol del ICTA, Guate 1992, con una tolerancia a Ascochyta; la cruce fue registrada bajo el código C.88. en 1983, se efectuó un cruzamiento entre C-88 y la línea A-175 de CIAT, dando origen a una cruce triple C-160, la cual después de haberse evaluado por varios años en ensayos de finca y parcela de prueba fue liberada como ICTA Altense.

Características Agronómicas:

Es una variedad de frijol negro, cuyo hábito de crecimiento es de tipo indeterminado arbustivo, es bastante tolerante a Ascochyta, Antracnosis, roya y picudo de la vaina. Se adapta bien a altitudes desde 1,800 y 2300 msnm, la planta alcanza una altura de 60 a 70 centímetros, con vainas de color crema con tonalidades ligeras de color morado, conteniendo 6 granos por vaina, el grano es de color negro opaco. El ciclo de siembra a cosecha es de 120 DDS, con rendimientos de 2,500 Kg/Ha. (7)

2.5.2 ICTA Hunapú. Negro Pacoc/A-216=C132-4CM-4CM

Esta variedad proviene de un cruzamiento de una variedad de frijol negro, precoz, originaria de Chimaltenango y se conoce como negro de Pacoc, con la línea A-216, del CIAT. Además de ser tolerante a roya, Ascochyta, tiene plantas bien formadas, de buena altura, ramas espaciadas y las vainas convenientemente distribuidas; es decir, es una variedad que presenta una buena arquitectura de planta. La cruce resultante C-132, fue sometida durante los años 1980-1990 a diversos procesos de mejoramiento genético por el programa de frijol del ICTA, dando origen finalmente a la variedad ICTA Hunapu. (7)

2.5.3 Texel. Línea 86-30

Variedad de ICTA desarrollada para la zona de Tecpán Chimaltenango y el altiplano occidental durante el periodo 1986-1991 y es recomendada principalmente por su resistencia a Mancha Angular y precocidad para el Altiplano Occidental. ICTA TEXEL, además presente resistencia a roya, mosaico común y Ascochyta. ICTA TEXEL, presenta en ensayos de Quetzaltenango entre 4.33 y 5.34 granos por vaina, su hábito de crecimiento es

de tipo II indeterminado arbustivo con guía, esta variedad se cosecha entre 105 y 110 DDS, su rendimiento a nivel comercial es de hasta 24 quintales por manzana o 34 quintales por hectárea, las plantas alcanzan alturas de 35 a 40 centímetros. (14)

2.5.4 ICTA EPR-9

En el sub-programa de frijol del ICTA, se evalúan líneas de frijol entre las cuales se encuentra la línea EPR-9 la cual en base a investigaciones se le ha considerado como de alto potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad industrial, esta línea fue seleccionada del ensayo EPR-2000. Existe expectativa respecto a este material y se espera que a corto plazo pueda ser una alternativa de producción. Las características más importantes son: hábito de crecimiento indeterminado, la floración ocurre a los 50 DDS, el rendimiento es de 2.5 Ton/Ha presenta color morado de vaina y flor, ciclo de 115 días de siembra a cosecha. (14)

2.5.5 BIOFORT 46/49.

Estas variedades de grano negro pequeño opaco, proviene del programa de AGROSALUD y ha sido evaluada en el Altiplano guatemalteco, desde el año 2007. Inicia su floración a los 60 días después de la siembra, madura a los 135 días y se puede cosechar a los 145 días. Su hábito de crecimiento es Indeterminado Arbustivo tipo II, el color de la flor y la vaina es morada y varía el número de flores por planta entre 15 a 25. Es moderadamente resistente a Ascochita y tolerante a Antracnosis y Roya. Su crecimiento es de tipo arbolito entre dos y tres quintales por cuerda de 25 varas o 438 metros cuadrados, (13).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización:

La presente investigación se realizó en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala, siendo las siguientes:

1. Estación Experimental Labor Ovalle Quetzaltenango, se ubica en las coordenadas latitud norte de 14°52'14'' y una longitud oeste de 91°30'52'', con una temperatura media mensual de 13.8 grados centígrados, temperatura máxima mensual de 21.9 grados centígrados, con una altitud de 2,390 metros sobre el nivel del mar, los meses más lluviosos en la zona son de Mayo a Octubre, mientras que los más secos están comprendidos entre noviembre a abril, la precipitación media anual es de 833.7 milímetros. La humedad multianual es de 74%. La zona de vida se clasifica como Bosque Muy Húmedo Montano Bajo. El sitio experimental se localiza en el kilometro 3.5 de la carretera que de la ciudad de Quetzaltenango conduce al municipio de Olintepeque. (15)
2. Aldea Las Lagunas, departamento de San Marcos, ubicada a 3 kilómetros de la Cabecera Departamental, Limita al norte con la ciudad de San Marcos, al sur con la Aldea San José Las Islas, al este con la Aldea Mávil perteneciente al municipio de San Pedro Sacatepéquez, al oeste con la Aldea el Recreo municipio de San Marcos, se encuentra a una altura de 2,400 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 12.4 grados centígrados, oscilando en una temperatura máxima de 20 grados centígrados y una mínima de 6 grados centígrados con una precipitación pluvial de 1,026.50 milímetros y una humedad relativa promedio de 85%, fuente estación meteorológica numero 37 ubicada en la cabecera departamental de San Marcos.

El trabajo de campo de la investigación se llevó a cabo de abril a noviembre del año 2009.

3.2 Descripción Del Diseño Experimental:

Para cumplir con los objetivos y dar respuesta a las hipótesis planteadas se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con diez tratamientos y tres repeticiones. (3)

Modelo estadístico del diseño experimental (3).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde: μ = Efecto de la media general.
 T_i = Efecto de tratamiento.
 B_j = Efecto de bloque.
 E_{ij} = Error experimental.

3.2.1 Unidad Experimental:

Parcela Bruta, estuvo constituida por cinco surcos, separados 0.30 m, cada repetición tuvo 3.25 m de ancho, (4.875 m²)

Parcela Neta, estuvo constituida por tres surcos, separados 0.30 m, cada surco tuvo 2.75 m de ancho, (2.475 m²)

El área total experimental fue de 292.50 metros cuadrados.

3.3. Descripción De Los Tratamientos:

Se utilizaron semillas seleccionadas de los siguientes genotipos:

Cuadro 2. Tratamientos utilizados en la Evaluación de diez genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.

Tratamiento	Variedades	Descripción
101	Altense	Variedad Comercial.
102	Hunapù	Variedad Comercial
103	Texel	Variedad Comercial.
104	Altense Precoz	Línea modificada genéticamente con Cobalto 60 para selección por precocidad.
105	Biofort 14 (Pro)	Línea de alto contenido de Hierro (Fe) y Zinc (Zn).
106	Biofort 46 (49)	Línea de alto contenido de Hierro (Fe) y Zinc (Zn).
107	Biofort 3 (49)	Línea de alto contenido de Hierro (Fe) y Zinc (Zn).
108	Hunapù Precoz	Línea modificada genéticamente con Cobalto 60 para selección por precocidad.
109	EPR-9	Línea obtenida a través de selección correctiva, para selección por producción, línea altamente productora.
110	Peten 31	Línea de alto contenido de Hierro (Fe) y Zinc (Zn).

Referencia: (PRO) = Producción.

Fuente: Informe técnico ICTA (10)

3.4 Descripción de las variables de respuesta:

3.4.1 Rendimiento kg ha^{-1}

Esta variable se midió a través del peso en kilogramos del grano por hectárea, con un 14% de humedad, realizándolo por cada tratamiento y repetición, después de realizar la cosecha y secado se procedió a colectar cada genotipo en su respectiva unidad experimental, seguidamente fueron colocados en sacos debidamente rotulados, finalizada la cosecha se procedió a pesar y contar lo recolectado por cada unidad experimental de la investigación, llevando el registro sobre lo cosechado por tratamiento. El peso en gramos obtenido de cada unidad experimental se transformó a kg ha^{-1} .

3.4.2 Componentes de rendimiento.

1. **Número de vainas por planta**, se contaron el total de vainas en 21 plantas de la parcela de cada línea evaluada, para luego obtener un promedio y determinar el número de vainas por planta.
2. **Granos por vaina**, se contaron el total de los granos de 21 vainas de cada línea evaluada, para luego obtener un promedio y determinar el número de granos por vaina.
3. **Peso de 100 semillas**, se tomó al azar una muestra de 100 semillas de cada línea evaluada y se obtuvo un peso de las mismas expresado en gramos.
4. **Biomasa**, se pesaron los tallos secos, hojas secas, vainas con granos y raíz de la parcela completa, la cual fue expresada en kg ha^{-1} .

3.5 Análisis Estadístico.

Al obtener los resultados se procedió a realizar los siguientes análisis:

1. **Análisis de Varianza:** Para determinar las variables de respuesta evaluadas y determinar con esto el potencial de rendimiento y sus componentes de las variedades evaluadas con un nivel de probabilidad de 0.05.
2. **Prueba De Medias:** Las variables evaluadas fueron sometidas al Análisis de Varianza y al observar la diferencia significativa, se realizó una prueba de medias por el método de Tukey con un nivel de probabilidad de 0.05 (16)
3. **Análisis de Correlación Lineal y Regresión:** Este análisis se realizó para determinar el grado de asociación entre las variables: Rendimiento de grano por parcela, como variable dependiente y la Biomasa, el Número de vainas por planta, el número de granos por vaina y el peso de 100 granos, como variables independientes. (18)

3.6 Manejo Agronómico del experimento.

El manejo agronómico del experimento se realizó similarmente en las dos localidades.

1. **Selección de la semilla:** El material experimental fue proporcionado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA/CIAL). Labor Ovalle.
2. **Preparación del Suelo:** Consistió en dejar el suelo mullido con una pasada de arado y una de rastra eliminando los residuos de la cosecha anterior esto para el caso de las localidades de Estación Experimental Labor Ovalle y aldea Las Lagunas, municipio de San Marcos se realizó el picado del terreno de forma manual.
3. **Siembra:** Esta se realizó de la misma manera en las dos localidades, en forma manual, con azadones. Se colocaron 3 granos de frijol por postura, la distancia utilizada fue de 0.30 m entre surco y 0.25 entre postura.
4. **Control de Malezas:** Se realizaron dos limpiezas manuales, con azadón, en cada una de las localidades con el fin de evitar la competencia de las malezas con el cultivo.
5. **Fertilización:** Se realizó durante el proceso productivo una aplicación de fertilizante en las localidades, siendo a los 30 días después de la siembra con 20-20-0 a razón de 0.56 tha^{-1} (0.30 quintales/240 m^2)
6. **Control de Plagas:** Para evitar el ataque de tortuguillas (*Epilachna varivestis*) y picudo de la vaina (*Apion godmani*) se realizó la aplicación del insecticida Karate 2.5 EC a razón de 1 ltha^{-1} (25 cc por bomba de mochila de 16 litros).
7. **Cosecha:** Se realizó cuando las vainas estuvieron secas para que se abrieran con facilidad y soltaran el grano, se arrancaron las plantas y se aporrearon en costales de polietileno, luego se ventiló el grano para dejarlo libre de basura.
8. **Post cosecha:** Se procedió al pesado y determinación de humedad para luego guardar el grano en bolsas de papel con la identificación del nombre de la línea, número de parcela, número de repetición, lugar y fecha.

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

4.1 Variable Rendimiento:

El Cuadro 3 muestra los resultados de ésta variable en cada localidad, se observa que todos los genotipos presentaron un media de rendimiento que osciló entre 1,576 a 2,630 kg ha^{-1} la cual puede considerarse como aceptable, si tomamos en cuenta que el rendimiento promedio nacional es de 410 kg ha^{-1} ; del mismo cuadro se puede indicar que hay una variación de rendimiento entre las localidades y los genotipos, siendo Labor Ovalle la que obtuvo la media más alta, 2,630 kg ha^{-1} , como conclusión se indica que los genotipos evaluados presentaron buen potencial de rendimiento.

Cuadro 3. Medias de rendimiento en kg ha^{-1} de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.

Cuadro 3 Medias de Rendimiento en kg ha^{-1}

Genotipos	ICTA Labor Ovalle	Aldea Las Lagunas	Media
ALTENSE	3064	2143	2604
HUNAPU	2999	2051	2525
TEXEL	1892	1959	1926
ALTENSE PRECOZ	3336	1482	2409
BIOFORT 14(PRO)	2120	469	1295
BIOFORT 46 (49)	2454	1493	1974
BIOFORT 3 (49)	2236	1070	1653
HUNAPU PRECOZ	3366	1764	2565
EPR-9	2930	2169	2550
PETEN 31	1904	1156	1530
MEDIA	2630	1576	2103

Fuente: datos de campo

Al realizar el Análisis de Varianza para la variable rendimiento de cada una de las localidades, se pudo comprobar que en dos localidades (Cuadros, 4 y 5) existió diferencia estadística significativa, lo que indicó que al menos un genotipo fue diferente en rendimiento al resto.

Tomando como base que el contenido de materia orgánica de los suelos puede variar considerablemente, dependiendo del material madre, las condiciones climáticas y el manejo: Los suelos ricos en materia orgánica, principalmente en regiones frías, pueden tener 60 –70 por ciento de humus.

Los suelos forestales contienen más de 5 por ciento de materia orgánica los suelos que han sido arados por un largo tiempo contienen entre 0,5-1,5 por ciento de materia orgánica.

Los suelos que tienen una adecuada agregación permiten la circulación del aire y el agua, la penetración de las raíces y evitan la formación de costras en su superficie. Además facilitan un buen contacto entre las semillas y el suelo permitiendo una buena absorción de agua y, por ende, una rápida germinación.

Las grandes cantidades de biomasa depositadas en el suelo por los cultivos y los cultivos de cobertura, mantienen o, con el correr del tiempo, mejoran la estructura del suelo, de modo que la tierra permitirá que los cultivos accedan más eficientemente a las bajas concentraciones de nutrientes de los horizontes superiores del perfil del suelo.

Mientras tanto, la materia orgánica en la superficie del suelo o cerca de ella producida durante los períodos de barbecho, continúa suministrando nutrientes en pequeñas cantidades que pueden mantener razonablemente altos niveles de productividad.

El acceso de los nutrientes a las plantas es un fenómeno complejo que está relacionado con un gran número de factores; ciertamente, es ayudado por la aplicación de nutrientes en la superficie del suelo o junto con la materia orgánica o muy cerca de la semilla, o mediante el crecimiento de las plantas en suelos bien granulados libres de capas compactadas.

Esos factores pueden incluir la temperatura del suelo, los niveles de materia orgánica del suelo, el pH, las propiedades químicas del suelo, la presencia de capas compactadas y el equilibrio y la ubicación de los nutrientes, todos los cuales son afectados a su vez por la actividad de cientos de miles de microorganismos que puede haber en solo un centímetro cúbico de suelo. Por lo tanto, el acceso a los nutrientes involucra un conjunto de sucesiones dinámicas sobre las cuales, hasta el momento, los conocimientos son limitados.

El alto rendimiento de la Labor Ovalle pudo ser influenciado en gran parte por la aplicación constante de fertilizantes orgánicos y químicos que han elevado los niveles de los elementos principales provocando con esto que la localidad de ICTA Labor Ovalle tuviera el mejor rendimiento. El Ingeniero Agrónomo Edgar García Técnico de Semillas de la Estación Experimental de ICTA, manifiesta que durante años han realizado aplicaciones de

hasta 3 Toneladas por hectárea de gallinaza deshidratada y ovinaza, además de las aplicaciones químicas en toda el área experimental, lo cual contrasta con las áreas de la localidad de las Lagunas San Marcos en donde los pequeños agricultores por años han realizado bajas aplicaciones de materia orgánica y química, motivo por el cual la presencia de niveles de materia orgánica y altas cantidades de elementos pudieron haber originado la diferencia de rendimientos entre localidades, en el Cuadro 4 se puede observar los datos obtenidos en Estación Experimental sobre análisis de suelos, los niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio están por encima de los valores adecuados de estos elementos en el suelo.

Cuadro 4. Resultados de análisis de suelos realizados en Estación Experimental ICTA, Labor Ovalle, Quetzaltenango.

PH	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Cobr	Hierr	Manganes	Zinc	%
					e	o	o		M.O.
5.5-6.5	12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	10-15	10-15	4-6	
4.81	58.9	206.5	9.26	1.15	1.80	20.03	4.23	3.90	2.12

Fuente: Análisis de suelo en Estación Experimental, Labor Ovalle

Cuadro 5. Análisis de varianza al rendimiento kg ha^{-1} de la Evaluación de diez genotipos de frijol. Localidad de ICTA, Quetzaltenango.

Fv.	Gl	Sc.	Cm.	Fcal.	P>f	F. tab
Tratamientos	9	8920544	991171.56	36.15 *	0.00	2.46
Repeticiones	2	1835248	917624	33.48	0.00	
Error	18	493520	27417.78			
Total	29					
C.V.	6.3					

*** Significancia**

Fuente: datos de campo.

Cuadro 6. Análisis de varianza al rendimiento kg ha^{-1} de la Evaluación de diez genotipos de frijol. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

Fv.	Gl	Sc.	Cm.	Fcal.	P>f	F. tab
Tratamientos	9	8262040	98004.44	8.45	0.00	2.46
Repeticiones	2	435416	217708	2.00	0.16	
Error	18	1955080	108615.55			
Total	29	10652536				
C.V.	20.92					

*** Significancia**

Fuente: datos de campo.

Debido a la significancia se realizó la prueba de medias para la localidad de Labor Ovalle (Cuadro 6), de ésta se deduce que se formaron cinco grupos estadísticos, sobresaliendo los genotipos Hunapú Precoz, Altense Precoz, Altense, Hunapú y EPR - 9, con una media de rendimiento de $3133.4 \text{ kg ha}^{-1}$ los cuales fueron superiores al resto de los genotipos evaluados, El comportamiento de los materiales estadísticamente superiores se debe en parte a que estos genotipos poseen alto potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades, así como su grado de adaptación a las condiciones de producción de frijol del altiplano.. Para el caso de EPR-9 es un material que está en proceso de liberación por Estación Experimental Labor Ovalle y este resultado indica que presenta buen potencial de rendimiento. En cambio en el grupo estadístico donde están los genotipos Biofort, esto debido a las condiciones de adaptación que no presentaron un potencial de rendimiento alto, ya que provienen del CIAT, Cali Colombia y es primera vez que son evaluados bajo estas condiciones de Guatemala.

Sin embargo de estos materiales biofortificados o con alto contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn) el material Biofort 46(49) fue el que presentó el mejor rendimiento 2454 kg ha^{-1} manifestándose como un material con gran potencial que se encuentra dentro de los parámetros de alto rendimiento, además de poseer un alto contenido de Hierro (74 ppm) podría convertirse en un material que pueda solucionar el problema de hierro en Guatemala y que hace a nuestro país el que ocupe el primer lugar en América latina en anemia que provoca que hijos de madres anémicas tengan problemas de aprendizaje.

Cuadro 7. Prueba de medias del rendimiento en kg ha^{-1} a través del método de Tukey al 5 % de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle

Variedades	Media kg ha^{-1}	Significancia
Hunapú Precoz	3365	A
Altense Precoz	3336.33	A
Altense	3036.67	A
Hunapú	2999.33	A
EPR – 9	2929.67	AB
Biofort 46 (49)	2453.67	BC
Biofort 3 (49)	2236	CD
Biofort 14 PRO	2120	CD
Peten 31	1903.67	D
Texel	1891.67	D
Comparador Tukey	484.69	

Fuente: datos de campo

En la localidad de Las Lagunas, San Marcos, también existió diferencia estadística significativa, (ver cuadro 5); al realizar la prueba de Tukey (Cuadro 7), los grupos estadísticos formados fueron 6, sobresaliendo entre estos genotipos la línea EPR – 9 y Altense con una media de 2156 kg ha^{-1} , así también se indica de la misma prueba que hay cinco genotipos que estadísticamente son similares a los dos anteriores siendo estos:

Hunapú, Texel, Hunapú precoz, Biofort 46 (49) y Altense precoz. El rendimiento de estos materiales fue superior a los introducidos (Biofort), debido a que todos éstos materiales están todavía en fase de adaptación, sin embargo, éstos presentan un rendimiento estadístico superior a la media nacional y un comportamiento similar a la otra localidad.

Cuadro 8. Prueba de medias del rendimiento en kg ha^{-1} a través del método de Tukey al 5 % de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

Variedades	Media kg ha^{-1}	Significancia
EPR – 9	2168.67	A
Altense	2143	A
Hunapú	2051	AB
Texel	1959	ABC
Hunapú Precoz	1764.33	ABC
Biofort 46 (49)	1493	ABC
Altense Precoz	1482.33	ABC
Peten 31	1155.67	BCD
Biofort 3 (49)	1070.33	CD
Biofort 14 PRO	469	D
Comparador Tukey	964.70	

Fuente: Datos de campo

4.1.2 Media de Rendimiento de dos localidades del altiplano occidental de Guatemala.

Al realizar la media de rendimiento en las dos localidades, ICTA Labor Ovalle y Aldea Las Lagunas, se observó que los materiales que obtuvieron el mejor rendimiento en promedio fueron: Altense, Hunapú precoz, Hunapú y EPR-9 (Fig.1) obteniendo un promedio de 2561 kg ha^{-1} , es importante resaltar que estos cuatro materiales presentaron un buen desarrollo en la fase vegetativa y reproductiva provocando rendimientos arriba de los $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$, con relación a los materiales biofortificados (con alto contenido de hierro y zinc) el genotipo Biofort 46(49) fue quien obtuvo el mejor promedio de rendimiento en las dos localidades 1974 kg ha^{-1} , en la fase vegetativa estuvo con buen desarrollo, la diferencia pudo marcarse en la etapa de llenado de vaina relacionado al crecimiento activo de la semilla, acá se observó que el peso y tamaño de la semilla fue menor que los materiales con alto rendimiento, es decir que los granos fueron mucho más pequeños y por ende con menor peso comparados con los materiales que superaron la media de $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$.

Media de Rendimiento kg ha^{-1}

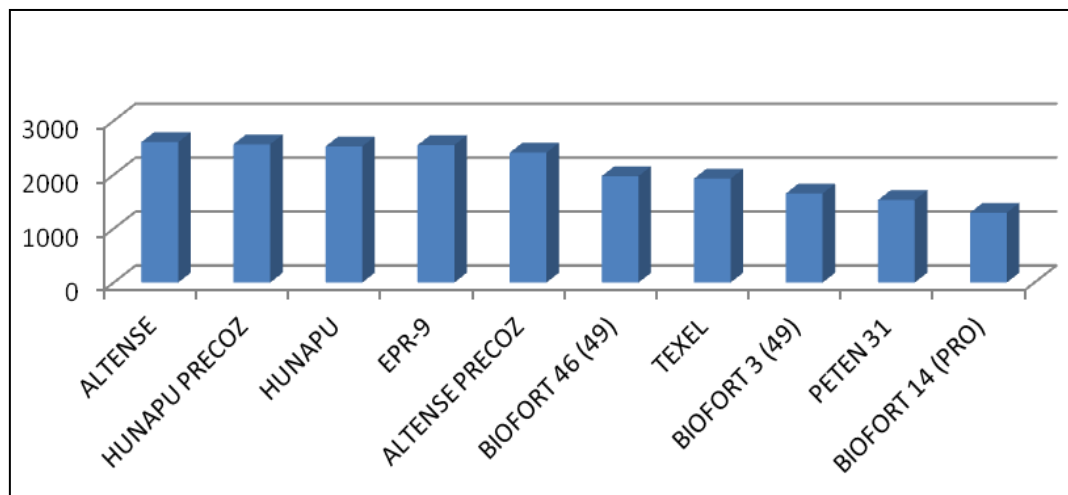


Figura 1. Media de rendimiento de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala, Estación Experimental Labor Ovalle y Aldea Las Lagunas, San Marcos.

4.2 Análisis de Correlación Lineal y Regresión entre los Componentes de Rendimiento

La correlación se puede definir como la tendencia de dos variables a estar relacionadas en una forma definida.

Es costumbre considerar a una de las variables como *dependiente* de la otra. La elección sobre la variable que llamaremos *dependiente* (Y) . O *independiente* (X), según el caso, suele ser obvia.

Las correlaciones fueron obtenidas para determinar el nivel de asociación entre el rendimiento y los componentes de rendimiento En lo referente a este experimento se determinaron los niveles de correlación entre rendimiento y biomasa, vainas por planta, granos por vaina y el peso de 100 granos.

4.2.1 Correlación entre el rendimiento en kg ha^{-1} y número vainas por planta.

En las siguientes figuras se puede observar el comportamiento de este componente del rendimiento, en cada una de las localidades evaluadas, a través de la prueba de una correlación simple. Aquí se puede observar que los coeficientes de correlación obtenidos son bajos, $r = 0.4324$ y 0.5710 , respectivamente, esto demuestra que existió correlación baja de esta variable con el rendimiento, lo que indica que el comportamiento de éste es genético y tiene que ver con otros aspectos ambientales o de nutrición, el Dr. Fernando Aldana Investigador Principal de la Estación Experimental de ICTA manifiesta que la no correlación pudo deberse también a que se utilizaron muestras representativas al azar (vainas de 21 plantas) en cada una de las repeticiones, ocasionando una representación parcial del número de vainas, lo ideal es contar con la totalidad de vainas de cada planta en cada uno de los bloques y localidades, el promedio de número de vainas fue de 9 para las localidades establecidas en Labor Ovalle y 7 para Las Lagunas, en San Marcos.

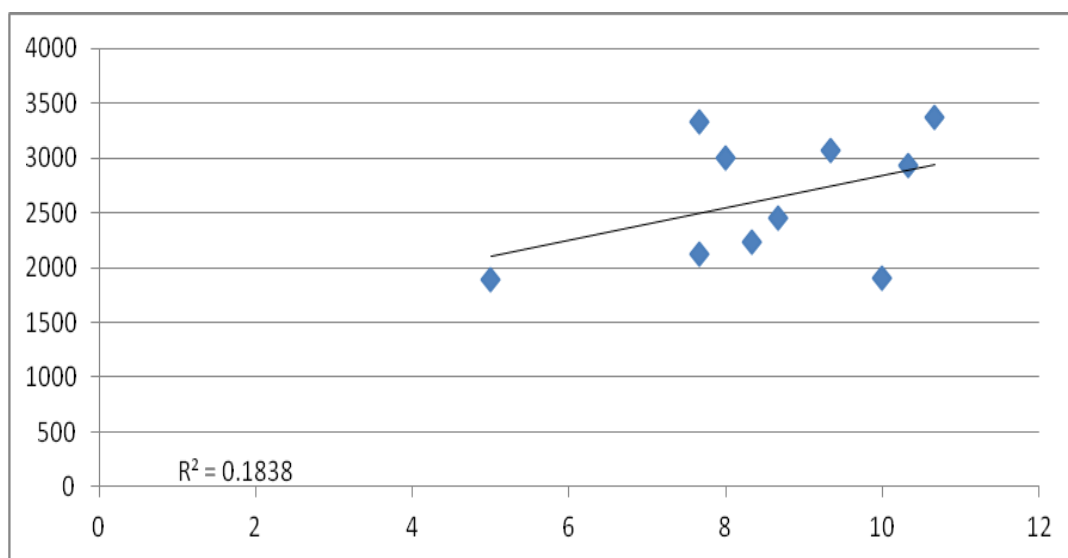


Figura 2. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y número vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.

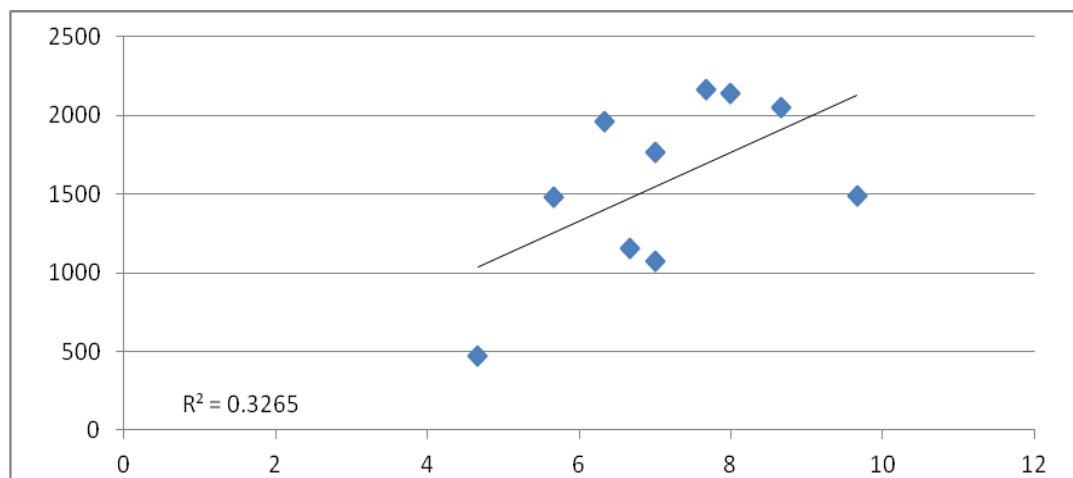


Figura 3. Relación rendimiento en kg/ha^{-1} y número de vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

4.2.2 Correlación entre el rendimiento en kg/ha^{-1} y número de granos por vaina por planta.

Para este componente de rendimiento, Figura 4 y 5, al realizar las correlaciones respectivas, se puede notar que para las localidades de Labor Ovalle, no existió una alta significancia estadística, ya que los coeficientes tuvieron valores de r 0.3248, lo que indica que las variables están muy poco relacionadas y que el rendimiento en estas localidades no depende del número de granos por vaina, a pesar que en promedio fue de 4, sino de otros factores, como biomasa.

Para la localidad de Las Lagunas San Marcos si existió una alta correlación entre la variable en estudio ya que el valor de r 0.74 para esta localidad las dos variables están directamente relacionadas, en promedio y se obtuvo un número de granos por vaina de 5.

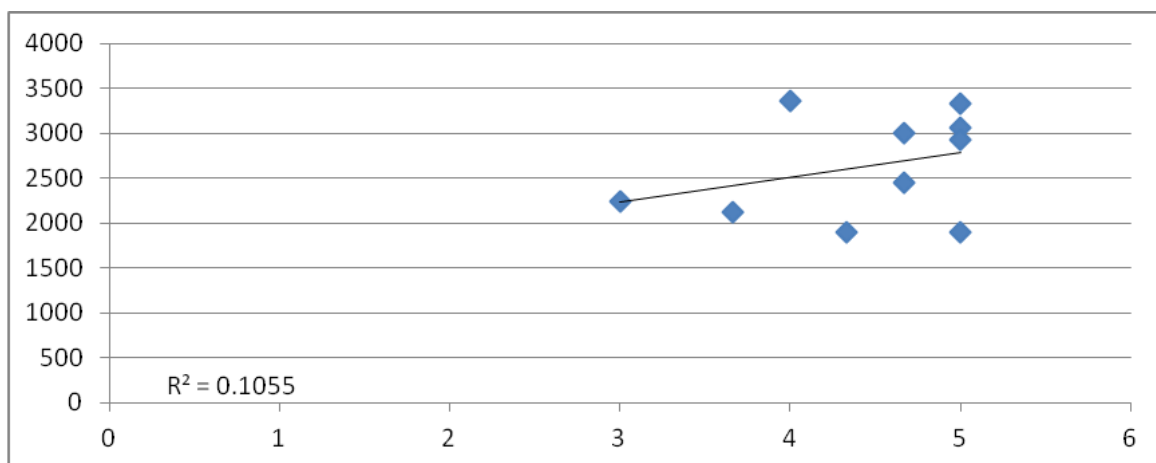


Figura 4. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y número de granos por vaina por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.

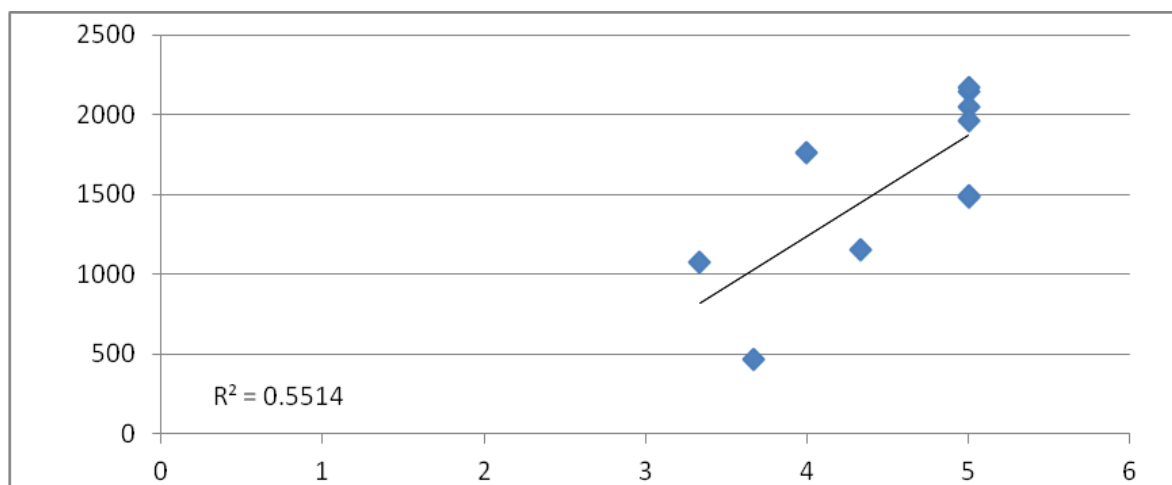
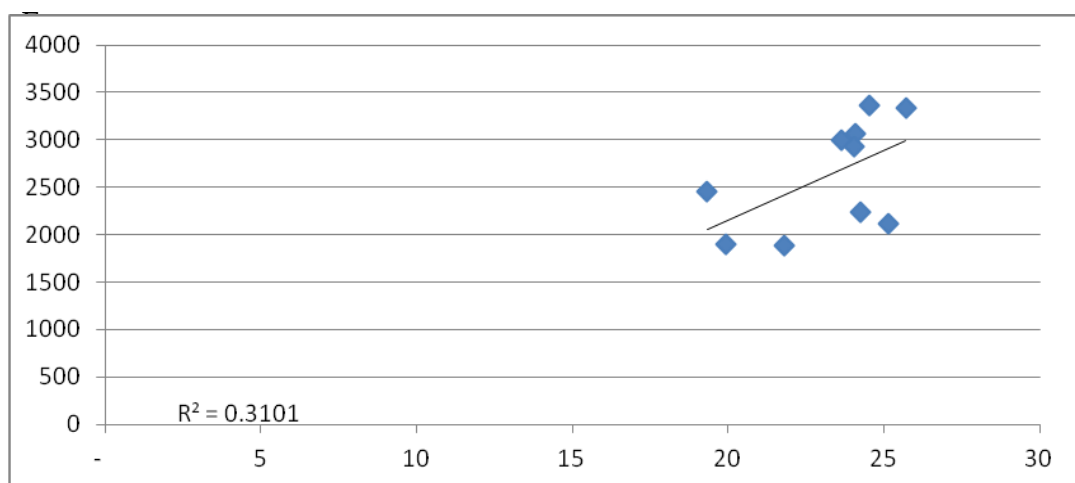


Figura 5. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y número de granos por vaina por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos

4.2.3 Correlación entre el rendimiento en kg ha^{-1} y el peso de 100 semillas.

Para esta relación, (Figuras 6 y 7), al realizar los análisis respectivos, podemos indicar que para ninguna de las dos localidades existió una alta significancia estadística, ya que los coeficientes tuvieron valores de $r = 0.56$ y 0.1892 respectivamente, esto indica que las variables no están relacionadas y que el rendimiento en estas localidades no depende del número de granos, sino de otros aspectos genéticos y/o de nutrición. Sin embargo el peso de 100 semillas no correlaciona con el rendimiento pero nos hace ver que la Biofort 46(49) debe de ser re seleccionada por tamaño de semilla pues es muy pequeña.



a
ción rendimiento en kg ha^{-1} y peso de 100 semillas en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.

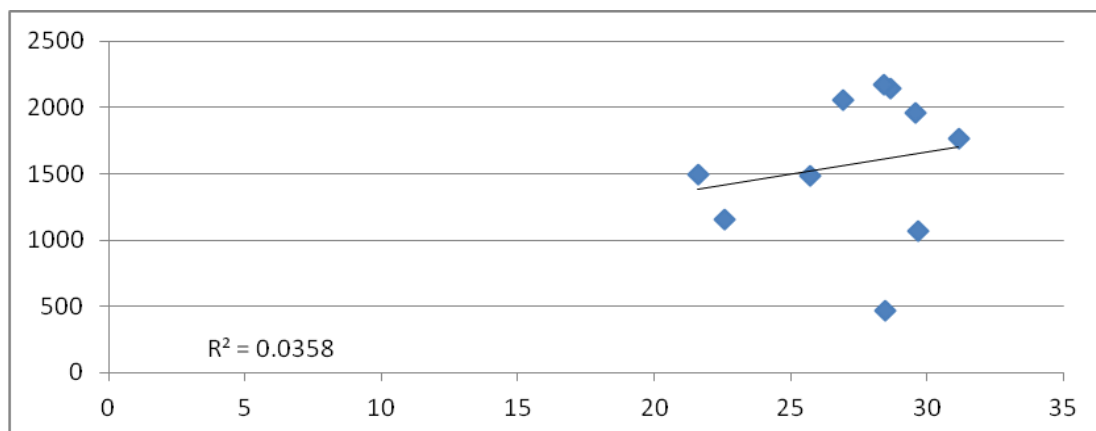


Figura 7. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y peso de 100 semillas en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

4.2.4 Correlación entre el rendimiento en kg ha^{-1} y la biomasa en gramos.

Para observar el comportamiento de esta relación, Figuras 8 y 9, podemos indicar que en las dos localidades existió una alta significancia estadística, ya que los coeficientes tuvieron valores de $r = 0.866$ y 0.919 respectivamente, esto indica que las variables están íntimamente relacionadas y que el incremento del rendimiento en estas localidades depende en mayor parte de la biomasa que los genotipos producen.

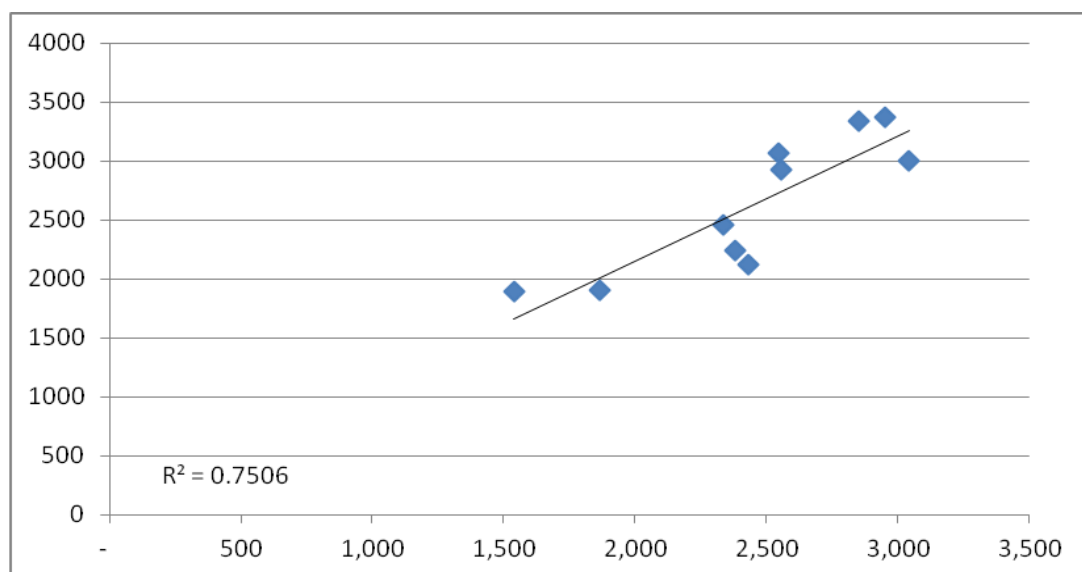


Figura 8. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y biomasa en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Labor Ovalle.

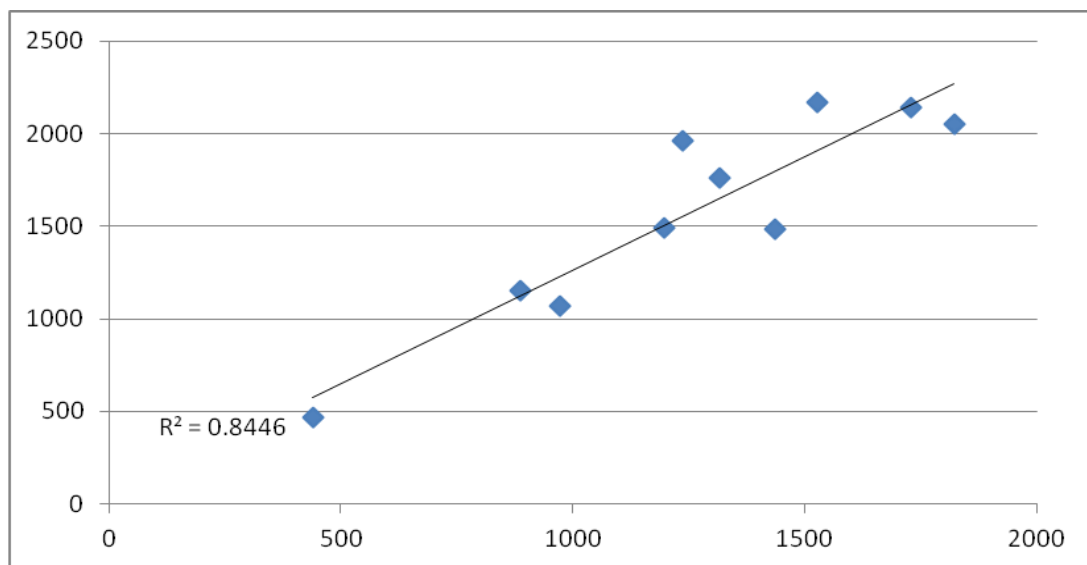


Figura 9. Relación rendimiento en kg ha^{-1} y biomasa en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos

5. Conclusiones

De acuerdo a la discusión de resultados se concluyó:

1. Las variedades de frijol Hunapù Precoz y EPR-9 fueron superiores en rendimiento al resto de variedades (2561 kg ha^{-1}) en cada una de las localidades evaluadas por lo que se rechaza la primera hipótesis nula planteada (H_01).
2. Se presentaron niveles bajos y altos de correlación lineal y regresión entre los componentes de rendimiento y la producción de frijol, siendo los más significativos los granos por vaina ($r= 0.32$ y 0.74) y biomasa ($r=0.82$ y 0.92) por lo que se rechaza la segunda hipótesis nula planteada (H_02).
3. De los materiales Biofortificados (alto contenido de hierro y zinc) la variedad Biofort 46 (49) fue quien presento la media de rendimiento más alta en las dos localidades evaluadas 1974 kg ha^{-1} aunque esta línea presenta muy bajo peso de 100 semillas aspecto que requiere que se seleccione y se mejore este carácter.

6. RECOMENDACIONES.

Tomando en cuenta las conclusiones emanadas se recomienda:

1. Liberar comercialmente el genotipo EPR-9, ya que fue catalogado como material de alto potencial de rendimiento en las dos localidades evaluadas.
2. Continuar con el programa de producción de semilla de frijol con los materiales sobresalientes: Altense, Hunapù Precoz, Hunapù, EPR-9 quienes fueron los que presentaron el más alto potencial de rendimiento en las dos localidades evaluadas.
3. Continuar evaluando y re seleccionando los genotipos biofortificados con alto contenido de Fe y Zn, especialmente la línea Biofort 46 (49) quien fue la que presento mejores rendimientos comparado con las otras líneas biofortificadas, ya que en el futuro se podrían convertir en la solución de problemas nutricionales en la población rural de Guatemala.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Bressani R. D. A. Navarreto, L. Elías. García Soto, 1988. Culinary practices and consumption characteristics of common beans at the rural home level. Arch Latinoamer Nutr 18(4) 925 -934 p.
2. Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Morfología de la planta de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) guía de estudio.
3. De Paz, Rony, 2006. Diseño y Análisis de Experimentos Agrícolas. Segunda Edición. Quetzaltenango. Guatemala.
4. Escobar Edwin, 2006. Evaluación de tres cultivares y una línea preliminar de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres arreglos topológicos en tres localidades del valle de Quetzaltenango. Guatemala. Tesis de Ingeniero Agrónomo 85 p.
5. Guatemala, 1981. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guía Técnica para la investigación Agrícola
6. Guatemala, 1986. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Cultivo de Frijol. Unidad de comunicación social.
7. Guatemala, 1996. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ICTA Altense e ICTA Hunapú. Dos nuevas variedades de frijol negro para el altiplano de Guatemala. Publicación Técnica No. 33 Junio.
8. Guatemala, 2007. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Agronomía de Producción de Frijol en el Altiplano, sub- programa de Frijol, Quetzaltenango, Copilado por: Aldana F., Azañon V., Villatoro J. 8 pp.
9. Colombia, 2007. Viva Bien Coma Frijol. (en línea) s.n.t. Disponible en http://webapp.ciat.cgiar.org/beans/pdfs/folleto_viva_bien.pdfconsultado Diciembre de 2008
10. Colombia, 1988. CIAT, Centro Internacional De Agricultura Tropical. Titulado, Guía de estudio sobre la morfología de la planta de fríjol. Pág. 5-40
11. Guatemala, 2001. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Informe de Sub programa de Trigo, Haba y Frijol del altiplano central 52 p.
12. Guatemala, 2001. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Informe de Sub programa de Trigo, Haba y Frijol del altiplano central 52 p.
13. Guatemala, 2002. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Producción artesanal de semilla de frijol, manual para agricultores. Bárcena V. N. 64 p.

14. Guatemala, 2005. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), dos variedades de frijol negro, de buen rendimiento y resistente a las principales enfermedades del altiplano Boletín No. 5
15. Guatemala, 2006. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Informe de Sub programa de frijol de los años 2000 a 2005. Tomado de internet: <http://www.icta.gob.gt>
16. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 2006. Hojas de registro de datos, estación experimental Labor Ovalle, municipio de Olintepéque, Quetzaltenango. 10 pp.
17. Reyes, Pedro, 1990. Diseños de experimentos aplicados. Tercera edición Trillas México 348p.
18. Sarat, Barreno. E. A. 2006, Evaluación agronómica de siete líneas promisorias y tres variedades comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). I.C.T.A. Labor Ovalle, Olintepéque, Quetzaltenango, Tesis Ing. Agr. Carrera de agronomía, Centro Universitario de Occidente, Quetzaltenango, Guatemala, 65 p.
19. Thomas M. Little y F. Jackson Hills. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México 270 p.
20. Reyes Castro, J. C. 2007. Evaluación de tres variedades y una línea experimental de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Con cuatro densidades de siembra, en el Valle de Quetzaltenango, Tesis Ing. Agr. Carrera de Agronomía, Centro Universitario de Occidente, Quetzaltenango, Guatemala, 55 pp.

8. ANEXOS

Cuadro 1 A

Numero de vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad ICTA, Labor Ovalle.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	8	10	10
HUNAPU	7	9	8
TEXEL	4	5	6
ALTENSE PRECOZ	7	9	7
BIOFORT 14 (PRO)	6	8	9
BIOFORT 46(49)	9	8	9
BIOFORT 3 (49)	8	8	9
HUNAPU PRECOZ	11	10	11
EPR-9	10	10	11
PETEN 31	9	10	11

Cuadro 2 A

Numero de granos por vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad ICTA, Labor Ovalle.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	5	5	5
HUNAPU	4	5	5
TEXEL	5	5	5
ALTENSE PRECOZ	5	5	5
BIOFORT 14 (PRO)	4	3	4
BIOFORT 46(49)	4	5	5
BIOFORT 3 (49)	3	3	3
HUNAPU PRECOZ	4	4	4
EPR-9	5	5	5
PETEN 31	4	5	4

Cuadro 3 A

Peso de 100 granos en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad ICTA, Labor Ovalle.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	24.3	24.9	23
HUNAPU	22.4	24.2	24.3
TEXEL	22	21.6	21.8
ALTENSE PRECOZ	25.7	25.5	25.9
BIOFORT 14 PRO	26.6	24.1	24.7
BIOFORT 46 (49)	19.1	18.5	20.4
BIOFORT 3 (49)	24.6	24.1	24
HUNAPU PRECOZ	25.5	22.7	25.4
EPR-9	22.6	26.1	23.4
PETEN 31	20.8	20	19

Cuadro 4 A

Peso de la biomasa en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad ICTA, Labor Ovalle.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	2535	2439	2660
HUNAPU	3320	2778	3034
TEXEL	1437	1493	1690
ALTENSE PRECOZ	2990	2388	3182
BIOFORT 14 PRO	2636	2100	2551
BIOFORT 46 (49)	2488	2059	2468
BIOFORT 3 (49)	2516	2157	2478
HUNAPU PRECOZ	3409	2515	2932
EPR-9	2671	2342	2659
PETEN 31	2138	1532	1923

Cuadro 5 A

Numero de vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	9	9	6
HUNAPU	10	8	8
TEXEL	7	6	6
ALTENSE PRECOZ	5	7	5
BIOFORT 14 (PRO)	5	4	5
BIOFORT 46(49)	11	10	8
BIOFORT 3 (49)	9	6	6
HUNAPU PRECOZ	9	6	6
EPR-9	7	9	7
PETEN 31	8	6	6

Cuadro 6 A

Numero de granos por vainas por planta de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

GENOTIPO	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	5	5	5
HUNAPU	5	5	5
TEXEL	5	5	5
ALTENSE PRECOZ	5	5	5
BIOFORT 14 (PRO)	3	4	4
BIOFORT 46(49)	5	5	5
BIOFORT 3 (49)	3	3	4
HUNAPU PRECOZ	4	4	4
EPR-9	5	5	5
PETEN 31	4	5	4

Cuadro 7 A

Peso de 100 granos en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

GENOTIPOS	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	29	27.8	29.2
HUNAPU	27.3	26.9	26.6
TEXEL	28	28.9	31.8
ALTENSE PRECOZ	23.7	25.7	27.8
BIOFORT 14 PRO	30.5	27.4	27.5
BIOFORT 46 (49)	18.9	22.5	23.4
BIOFORT 3 (49)	30.7	28.1	30.3
HUNAPU PRECOZ	29.5	31	33
EPR-9	23.2	29.8	32.2
PETEN 31	21.4	23	23.4

Cuadro 8 A

Peso de la biomasa en gramos de la Evaluación de diez genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos localidades del altiplano occidental de Guatemala. Localidad Las Lagunas, San Marcos.

GENOTIPOS	Rep. I	Rep. II	Rep. III
ALTENSE	1280	1914	1991
HUNAPU	1869	1772	1822
TEXEL	1199	1224	1288
ALTENSE PRECOZ	1330	1329	1646
BIOFORT 14 PRO	483	320	516
BIOFORT 46 (49)	1070	1221	1297
BIOFORT 3 (49)	875	1228	811
HUNAPU PRECOZ	1138	1727	1082
EPR-9	1437	1409	1737
PETEN 31	895	1009	759



Fotografía1 A Establecimiento de la investigación en campo.



Fotografía 2 A Germinación frijol.



Fotografía 3 A Visita Dr. Steve Beebe y Dr. Fernando Aldana.



Fotografía 4 A. Distribución de los tratamientos



Fotografía 5 A Cosecha de frijol.



Fotografía 6 A Cosecha de frijol para el pesaje respectivo



Estación Experimental ICTA Labor Ovalle



Localidad Aldea Las Lagunas, San Marcos