

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE SEIS GERMOPLASMAS NATIVOS DE FRIJOL EN ALDEA  
LOS RANCHOS, QUESADA  
TESIS DE GRADO

**LESVIT LISSETH RAMÍREZ ARGUETA**  
CARNET 23817-11

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE SEIS GERMOPLASMAS NATIVOS DE FRIJOL EN ALDEA  
LOS RANCHOS, QUESADA  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**LESVIT LISSETH RAMÍREZ ARGUETA**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADA

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. JAIME HAROLDO YANES MORENO

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

Jutiapa, Noviembre del 2018

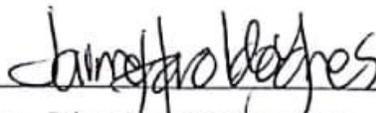
Honorables  
Miembros del Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Guatemala, Ciudad

Honorables Miembros del Consejo:

Es un honor dirigirme a ustedes para hacer de su conocimiento que he asesorado al estudiante (a) Lesvit Lisseth Ramírez Argueta con número de carné 2381711, en la elaboración de su informe de tesis, Titulado: **CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE SEIS GERMOPLASMAS NATIVOS DE FRIJOL EN ALDEA LOS RANCHOS, QUESADA.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización para impresión.

Atentamente.



Ing. Agr. Jaime Haroldo Yanes Moreno

Colegiado No. 5948

Código URL No. 24582

Asesor



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061121-2018

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante LESVIT LISSETH RAMÍREZ ARGUETA, Carnet 23817-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06215-2018 de fecha 27 de noviembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE SEIS GERMOPLASMAS NATIVOS DE FRIJOL EN ALDEA LOS RANCHOS, QUESADA**

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 28 días del mes de noviembre del año 2018.

**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**



## Agradecimientos

A:

Dios por darme la oportunidad de nacer, darme sabiduría para superarme y por las bendiciones que me brinda cada día.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por formar parte de mi formación académica.

Ing. Jaime Haroldo Yanes Moreno por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Osman Carrillo Aguilar por su apoyo y asesoría profesional.

Ing. Luis Moises Peñate por su revisión y corrección de la presente investigación.

Mirna Yomara Ramírez Argueta por su apoyo incondicional y consejos.

Axcel Jerardo Corleto Cúa, por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

Mi familia, por sus consejos.

## **Dedicatoria**

**A:**

- Jehova mi Dios: Quien siempre me da la fortaleza para seguir adelante superando las distintas etapas de mi vida, y por su fidelidad e infinita misericordia.
- Mis Padres: Gregorio Ramírez Villanueva y Reina Delia Argueta Samayoa, por darme el don de la vida y guiarme siempre por el buen camino, instándome a superarme cada día.
- Mi hermano: Erick Ramírez Argueta (QEPD).
- Mis amigos: Por sus consejos, y por los momentos compartidos durante mi formación.

## Índice general

<b>Contenido.....</b>	<b>Página</b>
Resumen .....	ix
1. Introducción .....	1
2. Marco teórico .....	3
2.1. Cultivo de frijol .....	3
2.1.1. Generalidades del cultivo.....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.1.3. Importancia del frijol en Centroamérica y el Caribe.....	4
2.1.4. Descripción botánica.....	5
2.1.4.1. Raíz.....	5
2.1.4.2. Tallo .....	6
2.1.4.3. Hojas.....	6
2.1.4.4. Flores e inflorescencia.....	6
2.1.4.5. Fruto .....	6
2.1.4.6. Semilla.....	6
2.1.4.7. Etapas fenológicas.....	7
2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos .....	8
2.1.5.1. Temperatura .....	8
2.1.5.2. Humedad .....	8
2.1.5.3. Luminosidad.....	9
2.1.5.4. Precipitación.....	9
2.1.5.5. Suelo.....	9
2.1.6. Aspectos agronómicos .....	10
2.1.6.1. Época de siembra .....	10
2.1.6.2. Densidad de siembra .....	10
2.1.6.3. Fertilización.....	10
2.1.6.4. Control de malezas .....	11
2.1.7. Principales plagas y enfermedades .....	11
2.1.7.1. Principales plagas .....	11
2.1.7.2. Principales enfermedades .....	14

2.1.8.	Cosecha y post-cosecha .....	15
2.1.8.1.	Madurez fisiológica.....	15
2.1.8.2.	Arranca y tendido .....	16
2.1.8.3.	Secado de plantas .....	16
2.1.8.4.	Aporreo y trilla .....	17
2.1.8.5.	Limpieza y secado de grano .....	18
2.1.8.6.	Tratamiento y almacenamiento .....	18
2.2.	Genética .....	19
2.2.1.	Fenotipo .....	19
2.2.2.	Genotipo.....	19
2.2.3.	Alelo dominante.....	19
2.2.4.	Alelo recesivo .....	19
2.2.5.	Alelo.....	19
2.3.	Leyes de Mendel.....	20
2.3.1.	Primera ley de Mendel “ley de la segregación” .....	20
2.3.2.	Segunda ley de Mendel o “ley de la segregación independiente” .....	21
2.3.3.	Tercera ley de Mendel “ley de la independencia de caracteres hereditarios” .....	21
2.3.4.	Características fenotípicas .....	22
2.3.5.	Características genotípicas.....	22
3.	Planteamiento del problema y justificación del trabajo .....	23
3.1.	Definición del problema .....	23
3.2.	Justificación del trabajo .....	24
4.	Objetivos .....	25
4.1.	Objetivo general .....	25
4.2.	Objetivos específicos .....	25
5.	Hipótesis .....	26
5.1.	Hipótesis alterna .....	26
6.	Metodología .....	27
6.1.	Localización del trabajo.....	27
6.1.1.	Tipo de suelo y zona de vida.....	27
6.2.	Material experimental.....	27

6.3.	Factores a estudiar .....	27
6.4.	Descripción de los tratamientos.....	27
6.5.	Diseño experimental .....	28
6.6.	Modelo estadístico .....	28
6.7.	Unidad experimental.....	29
6.7.1.	Parcela bruta.....	29
6.7.2.	Parcela neta .....	29
6.8.	Croquis de campo .....	30
6.9.	Manejo del experimento .....	31
6.9.1.	Delimitación del área .....	31
6.9.2.	Preparación del terreno .....	31
6.9.3.	Establecimiento y siembra de parcelas .....	31
6.9.4.	Colocación de código asignado a cada cultivar nativo .....	31
6.9.5.	Monitores de germinación .....	31
6.9.6.	Monitoreo de emergencia de semilla días después de la siembra (dds).....	31
6.9.7.	Control de malezas.....	31
6.9.8.	Control de plagas y enfermedades .....	32
6.9.9.	Fertilización .....	32
6.9.10.	Cosecha .....	32
6.9.11.	Análisis de la información.....	33
6.9.12.	Fase de campo .....	33
6.9.12.1.	Establecimiento de los tratamientos .....	33
6.9.12.2.	Levantamiento de datos.....	33
6.9.12.3.	Fase de gabinete .....	33
6.10.	Variables respuesta .....	34
6.10.1.	Variables de caracterización agronómica.....	34
a.	Días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta de frijol entre cada tratamiento	34
b.	Días a floración de los cultivares de frijol.....	34
c.	Color de flor .....	34
d.	Color de vaina .....	34
e.	Color de grano .....	34

f.	Días a madurez fisiológica de cada uno de los cultivares de frijol .....	34
g.	Días a cosecha de cada uno de los cultivares de frijol .....	34
6.10.1.1.	Variables de rendimiento.....	35
a.	Peso de 100 granos de frijol .....	35
b.	Rendimiento de grano de frijol.....	35
c.	Número de vainas por planta.....	35
d.	Numero de granos por vaina .....	35
6.11.	Análisis de la información .....	36
6.11.1.	Análisis estadístico.....	36
6.11.2.	Análisis económico .....	36
6.11.2.1.	Relación beneficio / costo y rentabilidad .....	36
7.	Resultados y discusión .....	37
7.1.	Días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta de frijol .....	37
7.2.	Días a floración de los cultivares de frijol .....	39
7.3.	Valor comercial (color, tamaño y forma), usando la escala CIAT para frijol de los diferentes germoplasmas criollos.....	41
7.4.	Días a madurez fisiológica y cosecha de cada uno de los germoplasmas de frijol.....	45
7.5.	Peso de 100 granos de cada germoplasma nativo de frijol .....	49
7.6.	Rendimiento de grano de frijol.....	51
7.7.	Número de vainas por planta .....	56
7.8.	Número de granos por vaina.....	57
7.9.	Análisis económico.....	59
7.9.1.	Relación beneficio / costo y rentabilidad .....	60
8.	Conclusiones .....	61
9.	Recomendaciones .....	62
10.	Referencias bibliográficas.....	63
11.	Anexos .....	65
12.	Cronograma de trabajo.....	72

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris)</i> .....	4
Tabla 2. <i>Contenido nutricional por cada 100 gramos de materia seca.</i> .....	4
Tabla 3. <i>Descripción de las etapas de desarrollo durante la fase vegetativa y reproductiva del cultivo de frijol.</i> .....	7
Tabla 4. <i>Temperaturas críticas para frijol en las distintas fases de desarrollo</i> .....	8
Tabla 5. <i>Plagas de importancia económica en el cultivo de frijol.</i> .....	12
Tabla 6. <i>Control cultural, biológico y químico de las plagas del cultivo de frijol</i> .....	13
Tabla 7. <i>Principales enfermedades que atacan el cultivo de frijol</i> .....	14
Tabla 8. <i>Identificación mediante código y procedencia de los cultivares criollos de frijol</i> .....	28
Tabla 9. <i>Días de cada una de las etapas de desarrollo vegetativo y reproductivo de los germoplasmas nativos de frijol</i> .....	38
Tabla 10. <i>Análisis de varianza sobre el número de días de floración.</i> .....	40
Tabla 11. <i>Calificación CIAT de los seis germoplasmas nativos de frijol</i> .....	41
Tabla 12. <i>Calificación CIAT para variantes tamaño de grano y tamaño de vaina.</i> .....	42
Tabla 13. <i>Calificación CIAT para las variantes grosor de vaina y humedad del grano.</i> .....	43
Tabla 14. <i>Calificación CIAT para las variantes peso de grano y número de granos por vaina.</i> ..	43
Tabla 15. <i>Calificación CIAT para las variantes de número de granos por planta y número de vainas por planta.</i> .....	44
Tabla 16. <i>Calificación CIAT para la variante peso de 100 grano de frijol</i> .....	45
Tabla 17. <i>Días a madurez fisiológica por bloque y germoplasmas nativos de los cultivares de frijol.</i> .....	46
Tabla 18. <i>Análisis de varianza sobre el número de días a madurez fisiológica de seis germoplasmas nativos de frijol.</i> .....	46
Tabla 19. <i>Prueba de medias de tukey sobre sobre el número de días a madurez fisiológica en seis germoplasmas nativos de frijol</i> .....	47
Tabla 20. <i>Peso de 100 granos de frijol en gramos.</i> .....	49
Tabla 21. <i>Análisis de varianza en pesos de 100 grano de los germoplasmas nativos de frijol</i> .....	50
Tabla 22. <i>Prueba de tukey en el peso de 100 granos de frijol de los germoplasmas nativos.</i> .....	50
Tabla 23. <i>Rendimiento en kg/ha de seis germoplasmas nativos de frijol sin ajuste de humedad</i> .....	52

Tabla 24. Rendimiento en kg/ha de seis germoplasmas nativos de frijol con ajuste de humedad (14%).....	522
Tabla 25. Análisis de varianza en el rendimiento de los germoplasmas nativos de frijol.....	53
Tabla 26. Prueba de tukey en el rendimiento de frijol de los germoplasmas nativos.....	53
Tabla 27. Número promedio de vainas por planta en bloques. ....	56
Tabla 28. Análisis de varianza en el promedio del número de vainas/planta de los germoplasmas nativos de frijol.....	57
Tabla 29. Número de granos promedio por vaina en bloques de los germoplasmas nativos de frijol. ....	57
Tabla 30. Análisis de varianza en el promedio del número de granos/vaina de los germoplasmas nativos de frijol.....	58
Tabla 31. Rendimiento de kg/ha e ingresos por hectárea de los germoplasmas nativos estudiados ...	59
Tabla 32. Costo total por hectárea producida e ingreso total por producción de cada tratamiento. ....	60
Tabla 33. Relación beneficio/costo y rentabilidad de cada uno de los tratamientos investigados. ....	60

## Índice de figuras

Figura No. 1. Gráfica de días transcurridos de cada una de las etapas fenológicas de los germoplasmas nativos de frijol. ....	39
Figura No. 2. Grafica de días a floración de cada uno de los germoplasmas nativos de frijol/bloque.. .....	39
Figura No. 3. Gráfica de días a madurez fisiológica de los germoplasmas nativos de frijol.....	48
Figura No. 4. Gráfica del rendimiento en kg/ha según clasificación de comparación de medias tukey .....	55
Figura No. 5. Planta de frijol exponiendo su sistema radicular, germinación y emergencia nivel del suelo de los cotiledones, etapas V0 y V1 .....	65
Figura No. 6. Planta frijol exponiendo su tallo .....	65
Figura No. 7. Planta de frijol exponiendo sus hojas primarias (A) y hoja trifoliada.....	66
Figura No. 8. Planta de frijol exponiendo su inflorescencia (A) y desarrollo de la inflorescencia floral .....	66
Figura No. 9. Semilla de frijol exhibiendo sus partes externas (A) e internas (B).....	67
Figura No. 10. Escala de etapas fenológicas del cultivo de frijol .....	67
Figura No. 11. Tipos de crecimiento en la planta de frijol.....	68
.....	68
Figura No. 12. Incidencia de plagas y enfermedades de acuerdo al ciclo de crecimiento del frijol.....	68
Figura No. 13. Cuadro de costo estimado de producción por hectárea del cultivo de frijol sin tecnología .....	69
Figura No. 14. Libro de campo con las variables (datos a tomar) (Página 1 de 2) .....	70
Figura No. 14. Libro de campo con las variables (datos a tomar) (Página 2 de 2) .....	71

# **Caracterización fenotípica de seis germoplasmas nativos de frijol en Aldea los Ranchos, Quesada**

## **Resumen**

El objetivo de la investigación fue el estudio de seis germoplasmas nativos de frijol, estudiando su comportamiento y rendimiento, caracterizando fenotípicamente a cada germoplasma criollo. Los germoplasmas nativos evaluados fueron Mono-URL2017, Llama-URL2017, Vega-URL2017, Patzo-URL2017, Vamora-URL2017, y Quetzal-URL2017. La investigación se llevó a cabo en Aldea Los Ranchos, Quesada, departamento de Jutiapa. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar (DBCA), con seis tratamientos y cinco repeticiones. Las variables respuestas fueron; días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta entre cada tratamiento, días a floración, color de flor, color de vaina, color de grano, días a madurez fisiológica de cada uno de los cultivares, días a cosecha, peso de cien granos de frijol, rendimiento de grano, número de vainas por planta, número de granos por vaina. Los resultados obtenidos mostraron que dos germoplasmas nativos estudiados presentan diferencias en cuanto al rendimiento de grano de frijol en kilogramos por hectárea, siendo el primero el tratamiento cuatro (Patzó-URL2017) con un promedio en su rendimiento de 1786.20 kg/ha y en segundo lugar el tratamiento seis con 1606.92 kg/ha en su rendimiento. Los germoplasmas Patzo-URL2017 y Quetzal-URL2017 presentaron mejores resultados en rendimiento total y comercial de kilogramos por hectárea, por lo que la siembra de los germoplasmas (Patzó-URL2017) y (Quetzal-URL2017) son una alternativa técnica y económica para la obtención de mejores rendimientos, obteniendo una relación beneficio/costo de 1.63 y 1.47 respectivamente, lo que nos indica que por cada quetzal invertido se gana 0.63 centavos y 0.47 centavos respectivamente.

## 1. Introducción

La producción de frijol en Guatemala es realizada en su mayoría por agricultores de recursos económicos limitados sujetos a condiciones ambientales generalmente adversas. Según los encargados del área de investigación de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) el área de mayor producción de frijol en el país es el departamento del Petén. La importancia que representa el frijol es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agro-socio-económico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia (ICTA, 2010). En el año 2015, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Viceministro de Seguridad Alimentaria y Nutricional, el Programa Mundial de Alimentos y Ministerio de Desarrollo Social, en coordinación con la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional, han entregado 34,088 TM de alimentos, a 689,381 familias en situación de inseguridad alimentaria. Según reportes del instituto internacional de nutrición vegetal en el año 2009, indican que Guatemala es un país donde aproximadamente el 50% de la población se dedica a la agricultura, especialmente en la producción de granos básicos que forman parte fundamental de su dieta alimenticia.

El frijol es un grano básico de mayor importancia en Guatemala, según el programa de granos básicos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), el frijol es una fuente de proteínas aportando alrededor de un 22%, representa uno de los alimentos de mayor consumo popular en el continente Americano (FAO, 2011, p. 1-3). El sistema de Información Gerencial de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social ha registrado 5,196 casos acumulados de desnutrición aguda total (moderada y severa) en niños y niñas menores de 5 años, que equivale a una tasa de incidencia acumulada de 22.87 por cada 10,000 menores de 5 años.

La investigación generó información confiable y actualizada sobre la adaptabilidad, rendimiento y caracterización fenotípica de germoplasmas nativos de frijol. Los germoplasmas a evaluar provienen de diversos agricultores, quienes por varias generaciones han utilizado el germoplasmas nativos como semilla y que tienen como tradición obtener semilla de la producción para posteriores procesos productivos.

Se logró estudiar el comportamiento de los germoplasmas nativos en cuanto a adaptación y rendimiento de los cultivares en la localidad de la investigación por medio del análisis de los datos obtenidos generando información de la caracterización fenotípica correspondiente de cada germoplasma tomando en cuenta características cualitativas y cuantitativas. Los germoplasmas nativos han sido identificados con un código integrando nombre del germoplasma, siglas de la Universidad Rafael Landívar (URL) y el año en que se llevó a cabo la investigación, los germoplasmas utilizados en la investigación son: Mono-URL17, Llama-URL17, Vega-URL17, Vamora-URL17 originarios del municipio de Quesada utilizados como semilla por los agricultores de la región, y los germoplasmas Patzo-URL17, Quetzal-URL17 originarios del departamento de Jutiapa, utilizados desde hace varios años como semilla por los agricultores de escasos recursos de la región. Proponiendo con ello preservar los cultivares locales y nativos, ya que continúan siendo importantes en la producción de granos básicos para los pequeños productores del país, siendo también la materia prima para el mejoramiento genético de nuevos cultivares.

## 2. Marco teórico

### 12.1. Cultivo de frijol

#### 12.1.1. Generalidades del cultivo

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L*) es una especie de origen americano. México, Guatemala y Perú son los posibles centros de origen o al menos como los centros de diversificación primaria. Desde el punto de vista taxonómico el frijol es el prototipo del género *Phaseolus*. Su nombre completo fue designado por Linneo en 1753 como (*Phaseolus vulgaris L*). El género *Phaseolus* pertenece la tribu Phaseolae, Subtribu Phaseolinae de la Familia Fabaceae y Subfamilia Faboideae dentro del orden Fabales. El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan (ICTA, 2010, p. 45-50).

Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA, 2010), las cuatro especies dentro del género *Phaseolus* que se cultivan son: (*Phaseolus vulgaris L.*), (*Phaseolus coccineus L.*), (*Phaseolus lunatus L.*), (*Phaseolus acutifolius A. Gray var. atifolius Freeman*). Según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2009) el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es un cultivo importante para la alimentación humana a nivel mundial por su alto contenido de proteína, de igual forma genera empleo e ingresos a las familias del área rural. Cabe destacar que como fuente alimenticia tiene alto contenido de proteína, (22%) carbohidratos, vitaminas y minerales. El consumo aproximado por persona se estima en 31kg al año, lo que corresponde a 82 Gramos al día. Según (Guzmán, 2007) citado por Jorge Domingo Vidal Morales, la planta de frijol es una planta anual herbácea, erecta o trepadora, de tallo pubescente o glabrescente cuando adulta.

Las flores se disponen en racimos usualmente axilares, más cortas que las hojas. El gineceo deriva en una legumbre lineal-oblonga, algo curvada e hinchada, glabra o picuda y con cuatro o diez semillas oblongas arriñonadas de diversos colores y tamaños. Esta planta es cultivada desde el trópico hasta zonas templadas, se cultiva en diversas regiones ecológicas, que van desde tropical seca y hasta el Montano bajo tropical húmedo; el cultivo se efectúa en condiciones de temperatura y precipitación alejadas de las óptimas recomendadas (18°C y 27°C), este se cultiva esencialmente para obtener sus semillas, las cuales poseen un alto contenido de proteínas (alrededor del 22%).

### 12.1.2. Clasificación taxonómica

**Tabla 1. Clasificación taxonómica del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).**

Reino	Plantae
Sub-reino	Embryobiontha
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsidae
Sub-clase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

**Fuente: CENTA (2008, p. 8)**

### 12.1.3. Importancia del frijol en Centroamérica y el Caribe

El frijol es la fuente principal de proteína para las familias de bajos ingresos en Centro América y el Caribe (Beaver, 2013). Esto puede corroborarse con los datos del contenido de este grano que menciona en la revista de calidad alimentaria y potencial nutracético del frijol (ICTA, 2010, p. 45-50).

**Tabla 2. Contenido nutricional por cada 100 gramos de materia seca.**

Nutriente	Cantidad
Energía	337 Kilo-calorías
Proteína	22 gr
Grasa	1.6 gr
Carbohidratos	60.8 gr
Calcio	8.6 mg
Fósforo	247mg
Hierro	7.6 mg
Riboflavina	0.19 mg
Vitamina C	3 mg

**Fuente: ICTA, 2010, p. 47**

El atributo nutricional más importante de las leguminosas es su efecto suplementario sobre las dietas compuestas por cereales, que generalmente son utilizadas en Centroamérica y el Caribe, dietas compuestas por frijol-arroz, frijol-trigo, frijol-maíz, pero dicho efecto está limitado por la deficiencia de aminoácidos azufrados y por los llamados factores anti-nutricionales (Cárdenas, Gómez, Díaz y Camarena, 2010, p, 12-15). El cultivo de frijol, “constituye la leguminosa que ha sido objeto de más estudio en América Latina, por ser la fuente principal de proteína, así como por formar parte importante de los hábitos alimentarios de los pobladores, la importancia que esta leguminosa tiene, es el costo de la proteína que contiene, ya que es bajo en comparación con la proteína de origen animal (ICTA, 2010, p.18). El Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAGA, 2014) indica que en la región Centroamericana dos son los países que se destacan por figurar entre los 30 países más productores de dicho grano en el mundo, estando Nicaragua en la posición número 20 y Guatemala ocupando la posición número 29, sin embargo es de mencionar que Guatemala produce y consume frijoles de color negro principalmente y Nicaragua frijoles de color rojo y grano pequeño.

#### **12.1.4. Descripción botánica**

El frijol común es una planta anual, herbácea, pertenece a la familia de las fabáceas de la sub familia de las fabaceae, se cultiva desde la zona tropical hasta las zonas templadas (Ríos y Quirós 2012, p. 1-22).

##### **12.1.4.1. Raíz**

El sistema radicular está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria, pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes. Estas presentan nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radicular, estos nódulos tienen forma poliédrica y son colonizados por bacterias del género *Rhizobium* los cuales fijan nitrógeno atmosférico que contribuyen a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (CENTA, 2008, p. 22).

#### 12.1.4.2. **Tallo**

El tallo está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, es herbáceo, delgados y débiles con sección cilíndrica o levemente angular; puede ser erecto; semi-postrado o postrado (CENTA, 2008). Son órganos que parcialmente almacenan pequeñas cantidades de alimentos fotosintetizados los cuales más tarde son cedidos a las vainas (frutos) (IICA/COSUDE, 2009, p. 4).

#### 12.1.4.3. **Hojas**

Según ICTA (2010, p. 46), las hojas son de dos tipos, simples primarias y compuestas trifoliadas, insertadas por medio de los pecíolos a los nudos de los tallos y ramas laterales. Las hojas primarias aparecen en el segundo nudo del tallo principal y son opuestas. Las hojas primarias caen antes que la planta complete su desarrollo. Las hojas trifoliadas son las típicas del frijol, tienen un pecíolo, su foliolo central es simétrico, los dos laterales son, asimétricos, los foliolos poseen peciolos.

#### 12.1.4.4. **Flores e inflorescencia**

Las flores son típicas papilionáceas, gamosépalas, pentámeras, de simetría bilateral, con tres pétalos, hermafroditas, la corola consta de un estandarte glabro y simétrico, dos alas y una quilla espiralaza asimétrica que envuelve completamente al gineceo y androceo. Las inflorescencias pueden ser laterales o terminales y botánicamente se consideran racimo de racimo, con cuatro componentes principales: pedúnculo, brácteas y botones florales (ICTA, 2010, p. 46).

#### 12.1.4.5. **Fruto**

Es una vaina que encierra generalmente cuatro a seis semillas, las cuales provienen del ovario. Las vainas o legumbres poseen dos valvas, cuya unión consta de dos saturas, la dorsal y la ventral (ICTA, 2010, p.47).

#### 12.1.4.6. **Semilla**

Las semillas constan de: Testa, hilum y micrópilo. La constitución interna de la semilla se integra del embrión, el cual se forma de la plúmula dos hojas primarias, hipocotilo, dos cotiledones y radícula. En base a la materia seca de la semilla, la testa constituye el 9%, los cotiledones el 90% y el embrión el 1% (IICA/COSUDE, 2009, p.16).

#### 12.1.4.7. Etapas fenológicas

Según el sistema estándar de evaluación de germoplasma de frijol el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ha definido y delimitado las etapas de desarrollo de la planta con base en sus características morfológicas, debido a la alta variabilidad en la duración de las etapas fenológicas de la planta como consecuencia de las variaciones de los factores que intervienen en su desarrollo y crecimiento.

**Tabla 3. Descripción de las etapas de desarrollo durante la fase vegetativa y reproductiva del cultivo de frijol.**

<b>Etapas</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>
V-0	Germinación	La semilla absorbe agua para favorecer aparición radicular.
V-1	Emergencia	Los cotiledones aparecen y empiezan a separarse.
V-2	Hojas primarias	Son unifoliadas, opuestas y se desarrollan a partir del segundo nudo del tallo.
V-3	Primera hoja trifoliada	Se abre la primera hoja trifoliada y aparece la segunda hoja.
V-4	Tercera hoja trifoliada	El frijol comienza a producir los brotes laterales que se convierten en ramas principales.
R -5	Prefloración	Aparece el primer botón floral o el primer racimo.
R-6	Floración	Se abre la primera flor.
R-7	Formación de vainas	Aparece la primera vaina que mide más de 2.5cm de longitud
R-8	Llenado de vainas	Las vainas comienzan su desarrollo y el grano comienza a crecer.
R-9	Madurez fisiológica y cosecha	Las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse. Las semillas desarrollan el color típico de la variedad.

**Fuente: Sistema estándar de evaluación de germoplasma de frijol CIAT 2007, p.1-56.**

La escala puede ser utilizada en todos los tipos de hábito de crecimiento y desarrollo de la planta de frijol, así también con todos los germoplasmas encontrados dentro de estos tipos. Además, la escala puede ser usada para medir el desarrollo, tanto de una planta individual, como de un cultivo (CIAT, 2007, p.1-56).

## **2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.1.5.1. Temperatura**

El manejo de los factores climáticos de forma racional y conjunta forma parte fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, debido a que todos estos se encuentran estrechamente relacionados, tanto que la actuación de uno de estos incide en gran manera sobre el resto. El frijol es una planta de clima húmedo y suave, dando las mejores producciones en climas cálidos. En lugares donde la temperatura oscila entre 12-15°C con vegetación poco vigorosa y con temperaturas por debajo de 15°C, en estas condiciones la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”. Las temperaturas por encima de los 30°C afectan el desarrollo de la planta, ocasionando la aparición de deformaciones en vainas y aborto de flores (Infoagro, 2017, p. 19).

**Tabla 4. Temperaturas críticas para frijol en las distintas fases de desarrollo**

<b>Descripción</b>	<b>Temperatura</b>
Temperatura óptima del suelo	15°C-20°C
Temperatura ambiente óptima de germinación	20°C-30°C
Temperatura mínima de germinación	10°C
Temperatura óptima durante el día	21°C-28°C
Temperatura óptima durante la noche	16°C-18°C
Temperatura máxima biológica	35°C-37°C
Temperatura mínima biológica	10°C-14°C
Temperatura mínima letal	0°C-2°C
Temperatura óptima de polinización	15°C-25°C

**Fuente: Infoagro, 2017, p. 18-19**

### **2.1.5.2. Humedad**

El cultivo de frijol requiere de una humedad relativa óptima para la primera fase de cultivo del 60% al 65%, y posteriormente entre el 65% y el 75%. El cultivo de frijol 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 del cultivo. Así también el exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades (Infoagro, 2017, p. 22).

### **2.1.5.3. Luminosidad**

El fotoperíodo óptimo para la inducción de la floración es de 8 a 14 horas. La reducción de la luz propicia un desarrollo achaparrado o rastrero de la planta, con un efecto negativo en los rendimientos. Cabe mencionar que la luminosidad condiciona el período de fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es la luminosidad, siempre que la humedad relativa sea adecuada (Infoagro, 2017, p.17).

### **2.1.5.4. Precipitación**

El cultivo de frijol requiere una lluvia bien distribuida moderada, que oscila entre (300-400 mm de agua por ciclo de cultivo), siendo esencial el periodo seco durante la cosecha. Los dos extremos como sequedad o anegamiento son perjudiciales para el buen desarrollo-crecimiento y rendimiento del cultivo (Infoagro, 2017, p. 22).

### **2.1.5.5. Suelo**

Según la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA, 2003), el cultivo de frijol es muy susceptible a condiciones extremas, en las que se pueden mencionar; exceso o falta de humedad, por lo que es recomendable llevar a cabo la siembra en suelos de textura ligera y drenados. El pH óptimo de siembra fluctúa entre 6.5 y 7.5, límites en los cuales la mayoría de los elementos nutricionales del suelo presentan su máxima disponibilidad para la planta en las diferentes escalas de su etapa fenológica; no dificultándosele la adaptación en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5 (Escoto, 2004, p.22-30).

## **2.1.6. Aspectos agronómicos**

### **2.1.6.1. Época de siembra**

Según Guerra (2002, p.53), existen tres épocas de siembra de frijol, implementándose esta en el departamento de Chiquimula más no en los otros departamentos de Guatemala, las épocas de siembra utilizadas son; de primera ó de invierno que se siembra en los meses de mayo y junio, la segunda que se realiza en los meses de agosto y septiembre, está por lo general se realiza en asocio con cultivo de maíz, siendo estas dos primeras las más comunes en todo el país, realizándose el departamento de Chiquimula una tercera siembra bajo riego. Las siembras de primera y de segunda se establecen considerando el factor lluvia en la región, mientras que la tercera siembra depende de las unidades productivas y considerando el factor condiciones de temperatura, a la que se le agrega la utilización de riego.

### **2.1.6.2. Densidad de siembra**

Según INTA (2009, p.32) para garantizar una población de plantas entre 210,000 a 270,000 plantas por hectárea se recomienda sembrar de 51 kg/ha a 64 kg/ha de semilla, esto se logra con distancias entre hileras de 0.45 m a 0.60 m y una población entre 12 y 15 semillas por metro lineal y tapar bien la semilla para evitar daños de insectos como los zompos. La germinación de la semilla debe ser superior al 80%. La siembra es una labor de vital importancia y de su correcta aplicación dependerá mucho la población de plantas, para asegurar con esto una buena producción, para lo cual se empleará una alta dosis de siembra que puede variar entre 50kg a 60Kg de semilla por hectárea depositando 03 a 04 semillas por postura a una profundidad máxima de 7cm (INTA,2009, p. 29).

### **2.1.6.3. Fertilización**

El cultivo de frijol responde favorablemente a la aplicación de un fertilizante completo al momento de la siembra, pero siendo sus mayores exigencias de nutrimentos fosforados y nitrogenados, aunque siempre se recomienda que el diagnóstico de los problemas nutricionales del frijol, se realice mediante análisis de suelos, de tejido vegetal o bien por observación directa de los síntomas del cultivo, ya que de esta manera se logra llevar a cabo la elaboración e implementación de un plan de fertilización adecuado a las necesidades y exigencias del cultivo por etapa fenológica (Escoto, 2004). Los cultivares nativos responden poco o nada a la fertilización y por consiguiente no deben ser fertilizados porque independientemente de que se lleve a cabo o no, los resultados son similares (INTA, 2009, p.31).

#### **2.1.6.4. Control de malezas**

El control eficiente de las malezas durante del período crítico de competencia (5-30 días después de la siembra), reduce las pérdidas por rendimiento entre 50% y 70%. En siembras con labranza cero y mínima es importante efectuar las limpieas entre los 18 y 22 días antes de la siembra mediante el control mecánico de las malezas con el uso de machetes o chapeadora mecánica a fin de obtener cobertura vegetal y favorecer el rebrote de las malezas, que serán utilizadas como cobertura muerta al momento de la siembra (INTA, 2009, p.27-28). Es importante mantener el campo libre de malezas, para que las plantas aprovechen al máximo los fertilizantes, la floración sea vigorosa, y con ello lograr máximo llenado de grano, para evitar la competencia con plantas extrañas al cultivo (ICTA, 2010, p.45-50).

#### **2.1.7. Principales plagas y enfermedades**

El frijol es un cultivo que es atacado por diversas plagas y enfermedades desde el inicio de su crecimiento. Estas reducen su rendimiento al eliminar partes de hoja, raíces o flores, semillas y en ocasiones causando la muerte de la planta, si no se controlan oportunamente. Se puede dar a conocer como atacan estos en cada una de las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol, figura 8 (ver anexos) (INTA, 2009, p. 25-26).

##### **2.1.7.1. Principales plagas**

Entre las principales plagas del frijol tenemos, Crisomélidos (*Diabrotica spp.*) Importante durante las primeras etapas del cultivo ya que pueden desfoliar completamente las plantas jóvenes, Lorito verde o chicharrita (*Empoasca kraemeri*), las ninfas y adultos, que pican y succionan la savia de las células en el envés de las hojas, originado puntitos o pequeñas manchas, que son notorias en el haz de las hojas, áfido o pulgón (*Aphis fabae.*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) regularmente estos son vectores de enfermedades virales en el frijol como (mosaico dorado y mosaico dorado amarillo) Picudo de la vaina (*Trichapion godmani.*) esta ataca los granos cuando aún están en la vaina en formación afectando el rendimiento general del cultivo (CENTA, 2008, p. 18-21). Según el ICTA (2010, p.22-24), uno de los principales cuidados que se debe tener con el cultivo del frijol, es el control cultura, químico o biológico, ya que son varias las plagas que pueden causarle daño económico, lo que significa que afecta la rentabilidad y utilidades de este cultivo, por lo que a continuación se muestra un cuadro con los controles, dosis e intervalo a cosecha (IC) que estos se deben de llevar a cabo en el ciclo de desarrollo del cultivo.

**Tabla 5. Plagas de importancia económica en el cultivo de frijol**

Nombre común/ nombre Técnico	Localización	Tipo de daño	Umbral económico
Lorito verde/ ( <i>Empoasca craemeri</i> )	Follaje	Adultos y ninfas chupan savia del envés de hojas, peciolos y vainas, producen achaparramiento y deformación.	Unos o más ninfas por trifolio
Malla o tortuguilla/ ( <i>Diabrotica spp, Cerotoma sp.</i> )	Follaje	Son defoliadores y transmisores de virus principalmente el mosaico rugoso y severo.	Dos o más adultos por planta.
Barrenador del tallo/ ( <i>Elasmopalpus ignosellus</i> )	Suelo	Taladran el tallo de plántulas y comen raíces.	Dos larvas/m <sup>2</sup>
Babosa/ ( <i>Vaginulus plebeius</i> ) sin. ( <i>Sarasinula plebeia</i> )	Suelo	Defoliadores todo el ciclo de cultivo especialmente en estado de plántula.	Uno por 2m <sup>2</sup>
Mosca blanca/ ( <i>Bemisia tabaco</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )	Follaje	Adulto y larva chupan savia de la planta, transmiten el VDMF y virus del mosaico enano del frijol.	No determinado
Picudo de la vaina/ ( <i>Trichapion godmani</i> )	Vaina y granos	Las larvas destruyen las semillas en desarrollo. Las vainas dañadas por el adulto se deforman.	No determinado
Falso medido/ ( <i>Tricholpusis ni</i> )	Follaje y vainas	Las larvas se alimentan de hojas, vainas y flores	Una larva por cada cinco plantas
Gusano peludo/ ( <i>Estigmene acrea</i> )	Follaje	Causan mayor daño en las plantas jóvenes o en plena floración.	
Gorgojo del frijol/ ( <i>Acanthoselides obtectus, Zabrotes subfaciatus</i> )	Granos	Los adultos depositan los huevos sobre las vainas y sobre el grano.	

**Fuente: ICTA, 2010, p. 22-24**

**Tabla 6. Control cultural, biológico y químico de las plagas del cultivo de frijol.**

Nombre común/ nombre técnico	Control cultural	Nombre técnico	Dosis	IC
Lorito verde/ ( <i>Empoasca kraemeri</i> )	Mantener el cultivo limpio de maleza, siembra asocio con maíz, uso de cobertura.	Deltametrina	10-12cc/4Gal de agua	5 días
		Endosulfan	50cc/4Gal de agua	7 días
Malla o tortuguilla/ ( <i>Diabrotica spp, Cerotoma sp.</i> )	Buena preparación del suelo y mantener el cultivo libre de malezas.	Deltametrina	10-12cc/Gal de agua	
		Endosulfan	50cc/4Gal de agua	
Barrenador del tallo/ ( <i>Elasmopalpus lignosellus</i> )	Buena preparación del suelo y siembra en periodos lluviosos.	Thiodicarb	1L/25Lbs de semilla	
Babosa/ ( <i>Vaginulus plebeius</i> ).	Control de malezas.	Metaldehído	16-26Lb/mz	
Mosca blanca/ ( <i>Bemisia tabaco y Trialeurodes vaporariorum</i> )	Rotación de cultivos, evitar siembras cercanas de soya, tomate, tabaco.	Deltametrina	10.12cc/4Gal de agua	5 días
		Endosulfan	40-50cc/4Gal-50cc/Gal	
Picudo de la vaina/ ( <i>Trichapion godmani</i> )	Uniformar las siembras de cada región, eliminación de rastrojo.	Deltametrina	12-15-50cc/4Gal de agua	5 días
Falso medidor/ ( <i>Tricholpysis ni</i> )	Mantener el cultivo libre de maleza.	B.turigiensis var. kurstaki	300-350g/ha	2 días
Gusano peludo/ ( <i>Estigmene acrea</i> )	Control de malezas hospederos como Bidens pilosa y Amaranthus spinosus.	B.turigiensis var. kurstaki	300-350g/ha	2 días
Gorgojo del frijol/ ( <i>Acanthoselides obtectus, Zabrotes subfaciatus</i> )	Mezclar con ceniza utilizando 20% de frijol.	Fosfamina	4 pastillas/silos metálicos de 18 qq o 1 por 4 qq de semilla.	14 días

**Fuente: ICTA, 2010, p. 23.**

### 2.1.7.2. Principales enfermedades

El principal cuidado que se debe de tener con el cultivo del frijol, es el control fitosanitario, ya que son varias las enfermedades que pueden causarle daño económico, lo que afecta la rentabilidad y utilidades de este cultivo, entre las más sobresalientes se tienen las enfermedades fungosas, insectiles, virus, bacterias (Escoto, 2010, p.22-30). Según el ICTA (2010, p. 19), la mayoría de las enfermedades en el cultivo de frijol son transmitidas a través de la semilla. Entre estas están; antracnosis, mancha angular, mustia hilachosa, bacteriosis común y virus del mosaico común. Por lo que es importante tomar en cuenta la limpieza de la semilla y renovar la misma frecuentemente.

**Tabla 7. Principales enfermedades que atacan el cultivo de frijol**

<b>Enfermedad</b>	<b>Nombre común/ nombre científico</b>
Enfermedades causadas por hongos	Antracnosis / ( <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> )
	Roya ( <i>Uromyces Phaseoli</i> )
	Mancha angular ( <i>Phaeoisariopsis griseola</i> )
	Pudriciones de la raíz ( <i>Fuzarium, Rhizoctonia, y Phytium</i> )
Enfermedades causadas por virus	Virus mosaico dorado del frijol BGYMV,
	Virus mosaicos común del frijol BCMV,
	Virus mosaico severo del frijol VMSF.
Enfermedades causadas por bacterias	Bacteriosis común ( <i>Xanthomonas campestris pv phaseoli</i> )
	Tizón común ( <i>Xanthomonas campestris</i> ) p.v. <i>phaseoli</i>

**Fuente: (CENTA, 2008), (ICTA, 2010, p.22-24)**

### **2.1.8. Cosecha y post-cosecha**

Según el Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE, 2009), de estas labores depende mucho la calidad del producto. Un apresuramiento en la cosecha y mal manejo de post-cosecha producirá el arrugamiento y manchado de los granos por el verdor del follaje, sin embargo, no cosechando en su momento oportuno el grano, sufrirá la infestación del gorgojo de los granos que colocaran sus posturas en la parte externa de éste e infestarán posteriormente los almacenes.

Para llevar a cabo la cosecha y luego el manejo de post-cosecha se deben de seguir, características específicas de la planta, así mismo esto se lleva a cabo por una serie de procesos que va determinado desde madurez fisiológica, arranque y tendido, secado de plantas, aporreo, limpieza y secado de grano, y almacenamiento (IICA/COSUDE, 2009, p.16-18).

#### **2.1.8.1. Madurez fisiológica**

Según el ICTA (2010, p.10), las variedades mejoradas de frijol maduran entre los 75 a 80 días. Estos períodos son variables en función de época de siembra, altitud y la región. Las diferencias en el número de días esperados para alcanzar la madurez, depende de las temperaturas y la luminosidad presentes en la zona.

Los síntomas para determinar que una variedad de frijol común llegó a su fase de madurez se manifiesta por el cambio de color del follaje, que pasa de verde a amarillo, iniciándose por los folíolos inferiores; cambio de color de epidermis de las vainas, de verde a rojo, morado o blanco, según la variedad utilizada. El grano experimenta su máximo crecimiento, fijación del color final y pérdida de humedad antes del desgrane. Todos los signos anteriores establecen la madurez del grano y es el momento óptimo para efectuar el arranque de las plantas (INTA, 2009, p.28).

Es recomendable iniciar la cosecha de frijol cuando las vainas han cambiado de color de verde a amarillo y empiecen a secarse. Es importante realizar esta actividad en las primeras horas del día para evitar que las vainas que estén secas se abran y se caiga el grano al suelo. Es necesario arrancar las plantas y dejarlas secarlas al sol. Luego se procede a aporrearlas o desvainar el grano manualmente (IICA/COSUDE, 2009, p. 4).

### **2.1.8.2. Arranca y tendido**

En este cultivo no existe la cosecha mecanizada, por lo que esta actividad se debe realizar en forma manual. Este es un proceso, mediante el cual se arrancan las plantas de frijol formando manojos no muy densos, luego se ubican en hileras o carriles, con las raíces hacia arriba para favorecer el secado de las plantas. Se realiza con el 95% de vainas secas, esto permite acelerar el secamiento de plantas y del grano. Se realiza en forma manual engavillando las plantas cada 6 surcos y mecánicamente (IICA/COSUDE, 2009, p.6).

### **2.1.8.3. Secado de plantas**

Luego del arranque, las plantas deben ser trasladadas a la casa para colocarlas bajo la sombra. Si tiene espacio en la vivienda, como corredores o patios, estos serán de mucha ayuda durante el secado. Mantener las plantas bajo sombra es importante, pues permite reducir los daños causado por el calor o la humedad. Dejar las plantas en el campo, puede provocar resequedad en la semilla por exceso de sol, o pudriciones por exceso de humedad (ICTA, 2010, p.12).

Según ICTA (2010, p.12), la resequedad puede ocasionar la quiebra de muchos granos durante el aporreo. Al secar las plantas, se debe evitar que estas queden en contacto directo con el suelo; para ello se recomienda el uso de mantas, sacos, lonas o cualquier otro material que impida este contacto. Algunos productores acostumbran a secar las plantas de frijol en manojos. Esta práctica consiste en agrupar varias plantas y amarrarlas del tallo, cerca de la raíz.

Dependiendo de la radiación solar, dejar las plantas al sol entre 2 a 4 días hasta que el grano alcance una humedad del 14 %. Esto se detecta en el campo, introduciendo la uña en el grano; si ésta no entra con facilidad, se determina que está listo para la siguiente labor. Una vez que las plantas alcanzan un color pajizo y las vainas comienzan a abrirse se procede a la recolecta para su transporte al lugar donde se efectúa la labor de trilla o aporreo (INTA, 2009, p. 8).

#### **2.1.8.4. Aporreo y trilla**

Se puede efectuar de forma manual o mecanizada con una humedad del grano de 15% a 18%. Posterior es necesario continuar el secado del grano para reducir la humedad entre 13 a 15% para su almacenamiento y comercialización. Volúmenes pequeños se aporrean con el uso de telones de polietileno, que se extiende sobre el suelo, las plantas secas de frijol se apilonan previo asoleo y con una varilla de madera rolliza y/o hierro se golpean, logrando que las vainas se abran y los granos se desprendan. Volúmenes de mayor cantidad se aporrean con toriles contruidos de varas de madera rolliza (INTA, 2009, p.11).

Según el ICTA (2010, p.17), el aporreo se debe hacer de cinco a seis días después de la cosecha cuando el porcentaje de humedad de la semilla ha disminuido a un 14% ó 16%, este porcentaje se puede estimar realizando la prueba de la uña o del diente, la cual consiste en tratar de introducir la uña o el diente en el grano de frijol o mediante el método de la sal:

- a. Si al apretar la semilla con la uña, esta penetra y deja una marca en la cubierta, significa que tiene una humedad del 14% al 16% y ésta lista para aporreo o trilla.
- b. De igual manera, si al presionar la semilla suavemente con los dientes, estos penetran y dejan una marca en la cubierta, esto significa que tiene una humedad del 14% al 16%.
- c. Con el método de la sal se utiliza un bote de vidrio que tenga boca ancha que esté limpio y seco, con la tapa del bote se mide la cantidad de frijol y la sal con una relación de 4 tapas de frijol y una tapa de sal, se mezcla la sal y el frijol dentro del bote y se deja por unos 15 minutos, luego si observa que la sal se encuentra adherida a las paredes del bote, esto indica que la semilla tienen humedad mayor del 14% y necesita más secado.

#### **2.1.8.5. Limpieza y secado de grano**

La limpieza consiste en eliminar las impurezas o materiales indeseables que están contaminando el grano. Se lleva a cabo mediante el venteo (forma natural, aprovechando el viento o utilizando el ventilador de una pulverizadora a motor), siendo este método un poco lento e incómodo para el agricultor (INTA, 2009, p. 9). El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) en el año 2010 en su manual de producción de frijol da a conocer otra forma de limpieza del grano en el que se utilizan dos zarandas una sobre la otra, de la siguiente forma:

- a. La primera zaranda debe tener los orificios de un tamaño que permita el paso a la semilla y a las impurezas pequeñas.
- b. La segunda zaranda debe tener los orificios de menor tamaño de tal forma que el grano sea retenido y que deje pasar solamente las impurezas más pequeñas.

El secado del grano es una de las prácticas más importantes para mantener la calidad del mismo, se pone al sol, sobre una superficie que puede ser un piso de cemento, una lona o costales. En este caso se debe tomar en cuenta que el grano puede alcanzar temperaturas muy altas, para evitar esto es necesario moverlo constantemente. Por otro lado es necesario evitar las horas de mayor temperatura (11:00AM y 02:00PM). Evitar secar el grano directamente en el suelo ya que se puede contaminar de enfermedades y a la vez puede absorber humedad (ICTA, 2010, p.15).

#### **2.1.8.6. Tratamiento y almacenamiento**

El tratamiento permite proteger al grano del ataque de insectos en almacenamiento. Para tratar la semilla se utilizan diversos productos químicos, se debe tener cuidado con su manipulación y no convertirlos en un peligro para la salud y el ambiente. Es conveniente aplicar la cantidad recomendada. Se utilizan para ello productos químicos como pastillas de Detia o Phostoxin, aplicando un cuarto de pastilla por cada quintal de grano (ICTA, 2010, p.46). El frijol una vez sometido a secado y listo para almacenar, debe ponerse en sacos de polietileno. Los sacos se acomodarán en estibas sobre polines de madera; la bodega debe estar libre de residuos de cosecha anteriores. El calor excesivo tiene efectos negativos en el frijol almacenado, porque endurece el grano, retrasa la germinación de la semilla y aumenta el tiempo de cocción (INTA, 2009, p. 2). En algunos lugares de Guatemala se acostumbra almacenar el grano de frijol con restos de hojas, para que esta basura le sirva al grano para conservar su humedad (IICA/COSUDE, 2009, p.17).

## **2.2. Genética**

Griffiths, Miller, Suzuki, Lewentin, Gerbart, (2002), p. 30 en su libro de genética séptima edición, describe que la genética es la ciencia que estudia la transmisión de la información hereditaria de una generación a la siguiente, su objeto de estudio son los genes, los cuales pueden abordarse desde distintas perspectivas, molecular, bioquímica, celular, familiar, poblacional o evolutiva. La genética es también definida como la rama de las ciencias biológicas que se dedica a el estudio de la naturaleza, organización, función, expresión, transmisión y evolución de la información genética codificada de los organismos, cuyo objetivo principal es el estudio del modo en que los rasgos y las características se transmiten de padres a hijos. En la genética existen diversos conceptos necesarios para el estudio e investigación de caracteres en una especie, entre los que se pueden mencionar:

### **2.2.1. Fenotipo**

Literalmente significa “forma que se muestra” y se puede definir como la apariencia física de la característica estudiada. Ejemplos: semilla redonda, semilla arrugada; flor blanca, flor roja; planta alta, planta baja (Griffiths, et al., 2002, p. 31).

### **2.2.2. Genotipo**

Es la combinación específica de alelos para cierto gen o set de genes, que contiene un organismo heredado de sus progenitores (Griffiths, et al., 2002, p.31).

### **2.2.3. Alelo dominante**

Es dominante el alelo que se expresa a expensas del alelo alternativo. El fenotipo dominante es el que se expresa en la F1 de un cruzamiento entre dos líneas puras.

### **2.2.4. Alelo recesivo**

Es un alelo cuya expresión se suprime en presencia de un alelo dominante. El fenotipo recesivo es el que “desaparece” en la primera generación de un cruzamiento entre dos líneas puras y “reaparece” en la segunda generación (Griffiths, et al., 2002, p.31).

### **2.2.5. Alelo**

Es una forma alternativa de un par de genes dado. Por ejemplo planta alta y planta enana son los alelos relacionados con la altura de la planta de arveja utilizados por Mendel en sus cruzamientos. Pueden existir más de dos formas alternativas de un gen, más de dos alelos (Griffiths, et al., 2002, p.31).

### **2.3. Leyes de Mendel**

Aunque los análisis genéticos lo preceden, las leyes de Mendel conforman la base teórica de nuestro conocimiento de la Genética. Los experimentos que realizó Mendel se diferencian de los de sus antecesores por la elección adecuada del material de estudio y por su método experimental. El organismo de estudio elegido por Mendel fue la arveja común (*Pisum sativum*), fácil de obtener de los vendedores de semillas de su tiempo, en una amplia gama de formas y colores que a su vez eran fácilmente identificables y analizables. Luego polinizó artificialmente depositando en los estigmas el polen recogido de las plantas elegidas como padre. Eligió siete características que se presentaban en dos formas, tal como altura de planta alta o baja, o color de flor blanca o rosada. La contribución de Mendel fue excepcional, sus innovaciones a la ciencia de la genética fueron: Desarrollar líneas puras (población que da sólo descendientes iguales para una determinada característica). Contar sus resultados, establecer proporciones y realizar análisis estadísticos (Griffiths, et al., 2002, p. 32-37).

#### **2.3.1. Primera ley de Mendel “ley de la segregación”**

Mendel estudió siete caracteres que aparecen en dos formas discretas, en vez de caracteres difíciles de definir que dificultan su estudio. Lo primero que realizó fueron cruzamientos entre plantas que diferían para sólo un carácter conocido como (cruzamiento monohíbrido). A partir de la primera ley mendeliana el mismo saca sus conclusiones donde explica que:

Los determinantes hereditarios son de naturaleza particulada. Estos determinantes son denominados en la actualidad genes. En los individuos diploides cada individuo posee un par de estos determinantes o genes en cada célula para cada característica estudiada. Todos los descendientes de un cruzamiento de dos líneas puras (F 1) tienen un alelo para el fenotipo dominante y uno para el fenotipo recesivo. Estos dos alelos forman el par de genes (Griffiths, et al., 2002, p. 32-37). Un miembro del par de genes segrega en cada gameto, de manera que cada gameto lleva solamente un miembro del par de genes. El proceso de la meiosis, un proceso desconocido en los días de Mendel, explica cómo se heredan los caracteres (Griffiths, et al., 2002, p. 32-37). La primera ley de Mendel establece que durante la formación de los gametos cada alelo de un par se separa del otro miembro para determinar la constitución genética del gameto. La Confirmación de la hipótesis de la primera ley de Mendel: Con las observaciones realizadas, Mendel pudo formular una hipótesis acerca de la segregación. Para probar esta hipótesis Mendel autofecundó las plantas de la F 2. (Griffiths, et al., 2002, p. 32-37).

### **2.3.2. Segunda ley de Mendel o “ley de la segregación independiente”**

Hasta ahora hemos considerado la expresión de un solo gen. Mendel además realizó cruzamientos en los que se podía seguir la segregación de dos genes. Estos experimentos resultaron la base de su descubrimiento de su segunda ley, la ley de la segregación independiente. Durante la formación de los gametos la segregación de los alelos de un par es independiente de la segregación de los alelos de otro par. Tal como sucedió en los cruzamientos mono-híbridos, Mendel confirmó los resultados de su segunda ley realizando un cruzamiento de prueba que en este caso es la retrocruza del dihíbrido de la F 1 por el padre doble recesivo.

Mendel obtuvo esta ley al cruzar diferentes variedades de individuos heterocigotos y pudo observar en sus experimentos que obtenía muchos guisantes con características de piel amarilla y otros con características de piel verde. Según la interpretación actual, los dos alelos, que codifican para cada característica, son agregados durante la producción de gametos mediante una división celular meiótica. Esto significa que cada gameto va a contener un solo alelo para cada gen. Por cada característica, un organismo hereda dos alelos, uno de cada progenitor. Esto significa que en las células somáticas, un alelo proviene de la madre y el otro del padre, estos pueden ser homocigotos o heterocigotos (Griffiths, et al., 2002, p. 35-37).

### **2.3.3. Tercera ley de Mendel “ley de la independencia de caracteres hereditarios”**

En ocasiones es descrita como la segunda ley, en caso de considerar solo dos leyes (criterio basado en que Mendel solo estudio la transmisión de factores hereditarios y no su dominancia/expresividad). Mendel concluyo que diferentes rasgos son heredados independientemente unos de otros, no existe relación entre ellos, por lo tanto el patrón de herencia de un rasgo no afectara al patrón de herencia de otro. Solo se cumple en aquellos genes que no estén ligados o que estén en regiones muy separadas del mismo cromosoma. El experimento que se realizó para llegar a esta conclusión de la tercera ley de Mendel, fue realizado al cruzar una planta de chicharos que producían semillas amarillas y lisas, con una planta de chicharos que producía semillas verdes y con textura rugosa, es decir que cada una de estas tenía dos rasgos visiblemente distintos entre sí. Tomando en cuenta que ambos individuos eran homocigotos (Griffiths, et al., 2002, 35-37).

#### **2.3.4. Características fenotípicas**

Estas características pueden cualitativas o cuantitativas, entre las cualitativas podemos encontrar color de la flor, el color de la semilla y de la vaina, habito de crecimiento, forma del grano, la textura de la vaina y de la semilla, y madurez fisiológica. En las cuantitativas se pueden mencionar, longitud del tallo, numero de vainas por planta, numero de granos por vaina, peso de grano, longitud de vainas, ancho de vainas, y los días transcurridos entre cada una de las etapas fenológicas de la planta. Cada una de estas características está relacionada con la dominancia o recesividad que tienen los caracteres genotípicos (Griffiths, et al., 2002, p. 37-39).

#### **2.3.5. Características genotípicas**

Estas características son las que dan origen a los caracteres fenotípicos cualitativos y cuantitativos de una especie todo ello dependiendo del ambiente en que se desarrollen, cuya variabilidad está dada por los alelos que pueden ser dominantes o recesivos. Entre ellos se pueden mencionar, PP = homocigoto dominante (ambos alelos dominantes), Pp = heterocigoto (un alelo dominante y otro recesivo), pp = homocigoto recesivo (Griffiths, et al., 2002, p. 37-39).

### **3. Planteamiento del problema y justificación del trabajo**

#### **3.1. Definición del problema**

El cultivo de frijol en Guatemala es de los más importantes y tradicionales, siendo la fuente principal de carbohidratos y proteínas en la dieta de los guatemaltecos, ya que la mayor parte de la población los consume diariamente en la dieta alimenticia. La región de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa no escapa a esta situación, según la Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional en su pronóstico de seguridad en el año 2015, informa que el área de siembra ha disminuido gradualmente, ya que de 85,179 ha con granos básicos en el año 2002, se ha reducido a 71,550 ha en el año 2016. En el ciclo agrícola 2014-2015 la producción del grano ha variado de 94, 656,000 kg a 52, 231,500 kg.

Por lo mencionado anteriormente la producción de frijol se ha visto afectada por el cambio de uso de tierra, por la baja estabilidad económica a la que se enfrentan las personas de escasos recursos, debido a la falta de educación y trabajos, así mismo también por la utilización para siembra de germoplasmas criollos de los cuales se desconoce su adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de la zona, dichos germoplasmas nativos son utilizados por productores de recursos limitados que no son sujetos de atención de instituciones oficiales, organismos no gubernamentales, empresas privadas de asistencia técnica y cooperativas. Además la falta de liquidez económica de los agricultores para adquirir paquetes tecnológicos, por el alto costo de estos. Es indudable que son varios los factores agro-socio-económicos que intervienen en este fenómeno, sin embargo se consideran como los más importantes: el costo de los insumos del proceso productivo, lo poco sostenible de los mismos por falta de disponibilidad en efectivo de los productores de granos básicos, así mismo el alto costo de venta de las semillas mejoradas, las cuáles necesitan adquirir un paquete tecnológico al que los agricultores de escasos recursos no tienen fácil acceso debido a su baja o nula estabilidad económica.

La problemática anterior apunta hacia la inseguridad alimentaria de la población de recursos limitados, que tienen como fuente principal de ingresos la comercialización de excedentes principalmente de frijol; cuando los rendimientos así lo permiten, para obtener a través de ello otros complementos de la subsistencia, todo lo anterior desemboca en la manifestación de la desnutrición como resultado del consumo inadecuado o insuficiente de alimento.

### **3.2. Justificación del trabajo**

La investigación de caracterización fenotípica de seis germoplasmas nativos de frijol en aldea Los Ranchos, Quesada pretende generar alternativas de producción que contribuyan a ofrecer nuevos y apropiados germoplasmas nativos para los agricultores de recursos limitados, dando a conocer nuevas expectativas de rendimiento, adaptabilidad coloración y características agronómicas en general, que deben ser tomadas en cuenta para el establecimiento y manejo de estos cultivares, según la zona destinada de producción, y para lograr con ello que el productor obtenga el mayor rendimiento con la mejor calidad al menor costo posible. Caracterizar los fenotipos y cuantificar los componentes de rendimiento para posteriormente someter a parcela de prueba en diversos ambientes a los germoplasmas observados. Siendo el cultivo de frijol el de mayor importancia en la zona, existe poca información generada por medio de investigación que ayude a determinar los germoplasmas nativos que mejor se adapten y generen mayores rendimientos e ingresos económicos para los productores. Con la investigación se pretende ayudar a la sostenibilidad de los sistemas de producción de agricultores de recursos limitados, que son parte de la responsabilidad social académica de la Universidad Rafael Landívar, dirigido a combatir la desnutrición de la población de escasos recursos en nuestro país.

La investigación para la caracterización de germoplasmas nativos es importante, por lo que se llevó cabo la evaluación de cultivares de frijol siendo una condición indispensable para estimar objetivamente el potencial productivo y estudiar las características agronómicas individuales de cada cultivar, como aporte para el establecimiento y manejo agronómico adecuado por parte del agricultor. Por lo antes mencionado el presente estudio pretende aportar información de cultivares nativos de frijol con datos recolectados y analizados durante la investigación, para que pueda ser utilizada como herramienta y mejorar los sistemas de producción de agricultores de recursos limitados, debido que para ellos el uso de semilla mejorada es limitada y los problemas están relacionados al escaso crédito agrícola, bajo acceso y disponibilidad oportuna de semilla, problemas de calidad y adaptabilidad de la semilla.

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

Realizar la caracterización fenotípica de seis germoplasmas nativos de frijol en Aldea Los Ranchos, Quesada.

### **4.2. Objetivos específicos**

Determinar las diferencias marcadas que existen en días a floración de los distintos cultivares nativos de frijol evaluados en Aldea Los Ranchos, Quesada.

Definir las diferencias observadas en cuanto a madurez fisiológica de los diferentes cultivares nativos de frijol en Aldea Los Ranchos, Quesada.

Evaluar los componentes del rendimiento de seis cultivares nativos de frijol en Aldea Los Ranchos, Quesada.

Realizar un análisis de beneficio/costo, para determinar cuál de los materiales tiene mayor rentabilidad para los agricultores de recursos limitados.

## **5. Hipótesis**

### **5.1. Hipótesis alterna**

Al menos uno de los seis cultivares nativos a evaluar tendrá un efecto respuesta diferente sobre el rendimiento.

Por lo menos uno de los seis cultivares nativos tendrá un comportamiento diferente, en características agronómicas distintivas.

El comportamiento de rendimiento de granos será diferente entre los cultivares de frijol a evaluar.

## **6. Metodología**

### **6.1. Localización del trabajo**

El estudio de investigación se realizó en Aldea los Ranchos, ubicado en el municipio de Quesada, departamento de Jutiapa, ubicada geográficamente en las coordenadas 14° 16'30" latitud Norte y 90° 02'05" longitud Oeste, a una altura de 9400 msnm, esta aldea se encuentra colindante con Oratorio (GUATEPYMES, 2015, p. 1).

#### **6.1.1. Tipo de suelo y zona de vida**

Son suelos que corresponden a la serie de suelos culma, que son suelos poco profundos, bien drenados, son suelos franco arcillosos de color café oscuro. La estructura de los suelos es granular y la reacción es de ligeramente ácido a neutra y el pH alrededor de 6.5 (Simmons, 2008, p. 44). Según la clasificación de vida de Holdridge, el municipio se encuentra ubicado en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical-Templado -bh-S (T)- (MAGA, 2002, p. 2).

### **6.2. Material experimental**

Se evaluaron en total seis germoplasmas nativos de frijol, los cuales fueron previamente seleccionados, por medio de una caracterización en función de los ciclos reproductivos de cada cultivo por estudiantes del curso de genética de la Universidad Rafael Landívar, siendo estos cultivares de importancia productiva para la población de recursos limitados de Guatemala. Los cuales fueron puestos a disposición por agricultores de la zona, quienes llevan más de diez años produciendo granos básicos a partir de estos germoplasmas nativos, pasando la semilla nativa de generación en generación, debido a la limitada disponibilidad económica para adquirir semilla certificada.

### **6.3. Factores a estudiar**

El factor a estudiar en la investigación es la caracterización cuantitativa y cualitativa de seis germoplasmas nativos de frijol, datos basados en la caracterización agronómica utilizada en la escala del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) del año 2004 para el cultivo de frijol.

### **6.4. Descripción de los tratamientos**

Se mencionan los seis germoplasmas nativos de frijol que se evaluaron. Dándole a estos un código de identificación para llevar a cabo su establecimiento y caracterización en campo. La información básica de origen de cada material genético, no se encuentra disponible en este momento por ser materiales nativos.

**Tabla 8. Identificación mediante código y procedencia de los cultivares criollos de frijol.**

No.	Germoplasmas de frijol	Lugar de procedencia
1	Mono-URL17	Quesada
2	Llama-URL17	Quesada
3	Vega-URL17	Quesada
4	Patzo-URL17	Jutiapa
5	Vamora-URL17	Quesada
6	Quetzal-URL17	Jutiapa

### **6.5. Diseño experimental**

Para esta investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con seis tratamientos y cinco repeticiones, estando la distribución de los tratamientos y sus repeticiones en cinco bloques. Esto debido a la gradiente de variabilidad producida por factores externos que afectan el rendimiento de los germoplasmas nativos.

### **6.6. Modelo estadístico**

Para determinar las diferentes variables el modelo estadístico utilizado será el siguiente:

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

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Variable respuesta observada en el J-ésimo bloque y I-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto de la media general

$B_j$  = Efecto del J-ésimo bloque

$T_i$  = Efecto del I-ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental asociado al ij-ésima unidad experimental.

## **6.7. Unidad experimental**

El experimento ocupó un área de 21.6 metros m de ancho y 54 m de largo con área aproximada de 1166.40 m<sup>2</sup>, la cual contó con 24 camellones de 10 m de largo, formando cinco bloques a lo largo del área. Cada camellón con dos surcos con un espacio entre surcos de 0.30 m, formando un total de 33 plantas por surco.

### **6.7.1. Parcela bruta**

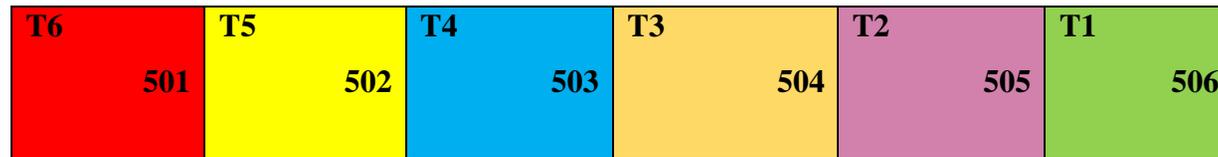
La parcela bruta estuvo compuesta de 3.6m de ancho y 10 m de largo, se tuvo un área de 36m<sup>2</sup>, se llevó a cabo de esta manera con el fin de que el coeficiente de variación de valores sean exactos y no exceda estos mismos, y para poder obtener una parcela neta que nos generara resultados confiables.

### **6.7.2. Parcela neta**

La parcela neta estuvo formada por 3.6 m de ancho y 9 m de largo dando un área de 32.4 m<sup>2</sup>, se llevó a cabo de esta manera porque se tomó los surcos del centro, eliminando los surcos de cada extremo izquierdo y derecho respectivamente, para obtener datos más confiables, eliminando 0.50 m a cada extremo de lo largo, para evitar el efecto de orillas que nos puedan generar coeficientes de variación elevados.

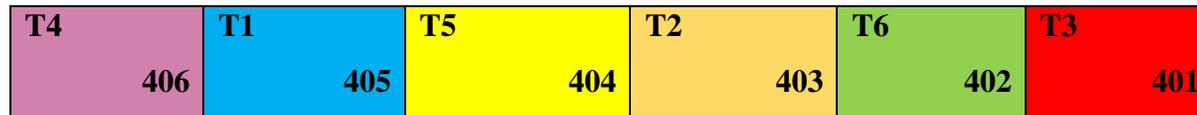
## 6.8. Croquis de campo

Bloque I

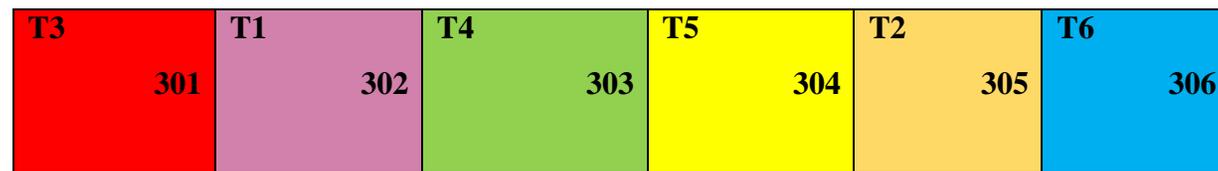


0.50 metros (m) (Calle)

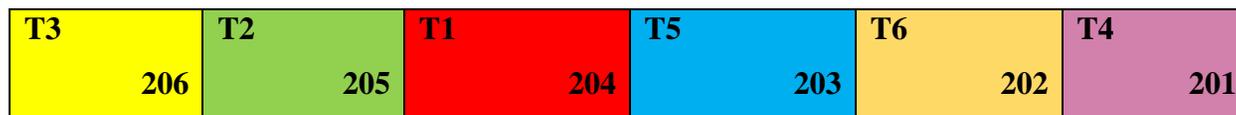
Bloque II



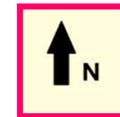
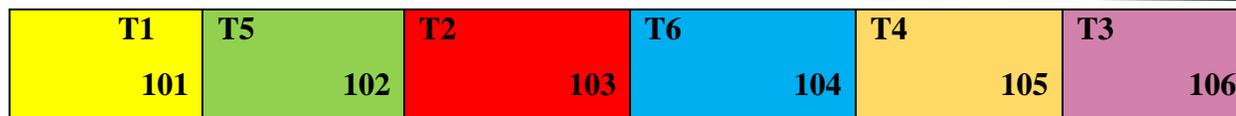
Bloque III



Bloque IV



Bloque V



## **6.9. Manejo del experimento**

A continuación se describen la serie de actividades que se llevaron a cabo en el manejo del experimento durante el período de su desarrollo en campo, hasta la toma y análisis de datos.

### **6.9.1. Delimitación del área**

Se llevó cabo la delimitación de un área de 1166.40 m<sup>2</sup> donde se establecieron las parcelas demostrativas de cultivares nativos de frijol, cada una comprendida en 32.4m<sup>2</sup> de área total.

### **6.9.2. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó de forma mecanizada, para lo cual se procedió a dar una pasada de rastra para nivelar el terreno y prepararlo para el paso del arado para la remoción del suelo a una profundidad de 0.30 m, permitiendo voltear los suelos de manera homogénea, lo cual permitió una adecuada aireación del suelo.

### **6.9.3. Establecimiento y siembra de parcelas**

Luego de haber llevado a cabo la preparación del terreno, se procedió al establecimiento de parcelas, las que luego se procedieron a sembrar.

### **6.9.4. Colocación de código asignado a cada cultivar nativo**

Se llevó a cabo luego de la siembra, se procedió a colocar la rotulación con el código asignado a cada uno de los cultivares establecidos en las parcelas.

### **6.9.5. Monitores de germinación**

Esto se llevó a cabo tres días después de haber realizado la siembra.

### **6.9.6. Monitoreo de emergencia de semilla días después de la siembra (dds)**

Luego de haber transcurrido seis días después de la siembra se procedió a observar y realizar el conteo de plantas emergidas de cada cultivar. Luego de haber realizado esta fase de la investigación se procedió a monitorear de forma constante las parcelas demostrativas de cada uno de los diferentes germoplasmas nativos para poder a través de ello dar respuesta a las variables propuestas para la caracterización agronómica de cada uno de los cultivares nativos.

### **6.9.7. Control de malezas**

El control de malezas se realizó de forma manual y química en la plantación, el cual se realizó dependiendo de la población y el tipo de malezas que se encuentren afectando el buen desarrollo de las plantas.

### **6.9.8. Control de plagas y enfermedades**

Se realizó un programa Fito-sanitario de aplicaciones preventivas y curativas para el control de plagas y enfermedades que se presentaron durante las distintas fases del cultivo, tomando en cuenta que para las enfermedades foliares se utilizaron productos preventivos.

### **6.9.9. Fertilización**

Se realizó aplicaciones de fertilizantes para cada cultivar de frijol, según las necesidades y exigencias de estos, basados en la etapa fenológica del cultivo. Utilizando el dato de requerimientos según ICTA de 192 kg/ha de la fórmula 15-15-15.

### **6.9.10. Cosecha**

Esto se llevó a cabo de forma manual, cuando la planta llegó a su madurez fisiológica y al final de su ciclo reproductivo. Luego de esto se procedió a la toma de datos de rendimiento de la planta. Se utilizaron sacos identificados con el código de cada tratamiento para no confundir los resultados obtenidos. Se cosecharon las plantas de los dos surcos centrales, dejando las dos posturas extremas, anotando el número de plantas cosechadas.

#### **Datos a tomar en el ensayo por c/u de las parcelas:**

- a. Depto: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
Comunidad: \_\_\_\_\_
- b. Altitud (msnm) \_\_\_\_\_
- c. Fecha de siembra \_\_\_\_\_
- d. Fecha de cosecha \_\_\_\_\_
- e. Análisis de suelo Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
- f. Plantas emergidas \_\_\_\_\_
- g. Días a floración (cuando el 50% de plantas tengan mínimo una flor abierta) \_\_\_\_\_
- h. Enfermedades (1 excelente, 9 pobre) \_\_\_\_\_
- i. Días a madurez fisiológica, (cuando el 50% de vainas cambien de color) \_\_\_\_\_
- j. Días a cosecha, (cuando el 95% de vainas estén secas) \_\_\_\_\_
- k. Valor comercial en la escala de CIAT (1 excelente, 9 pobre) \_\_\_\_\_
- l. Número de plantas cosechadas \_\_\_\_\_
- m. Rendimiento de grano en kg \_\_\_\_\_
- n. Valor comercial de grano (color, tamaño y forma), usando la escala de CIAT \_\_\_\_\_

### **6.9.11. Análisis de la información**

Se recopiló información, tomando nota de los datos obtenidos en cada una de las visitas de muestreo a las parcelas de los diferentes cultivares donde se procedió a tomar datos descriptivos y cuantitativos característicos del cultivar nativo, esto con el fin de dar respuesta a las diferentes variables propuestas en la investigación, en las que están las de caracterización agronómica y de rendimiento de cada cultivar nativo de frijol.

El análisis de cada una de las variables de estudio propuesta se llevó a cabo por medio de la tabulación de los datos en hojas electrónicas de Excel, para posteriormente realizar un análisis estadístico en InfoStat versión libre. Se utilizaron estadísticas descriptivas para todas las variables obtenidas, en éstas variables se utilizaron tablas de comparación de características genotípicas en los diferentes cultivares nativos estudiados. Para las variables cuantitativas y continuas se realizó un análisis de varianzas y comparaciones de medias con el método de fisher.

### **6.9.12. Fase de campo**

La metodología de la investigación en la fase de campo se dividió en tres etapas:

#### **6.9.12.1. Establecimiento de los tratamientos**

En esta etapa se llevó a cabo la delimitación y preparación del área total donde se establecieron los cultivares, luego de esta delimitación se procedió a la implementación de las parcelas de evaluación que se plantaron en el lugar, colocando el código de caracterización para cada cultivar, para dar paso a una segunda etapa en la fase de campo.

#### **6.9.12.2. Levantamiento de datos**

Luego de haber realizado la delimitación, preparación y establecimiento de las parcela en el área elegida, se procedió a la toma de datos de forma constante en cada una de las parcelas establecidas, para su posterior análisis en una última etapa, que se llevó a cabo como fase de gabinete.

#### **6.9.12.3. Fase de gabinete**

Luego de haber realizado la toma de datos en cada una de las áreas y parcelas de investigación, se procedió a la fase de gabinete en la cual se realizó un análisis de los resultados obtenidos, dicho análisis se realizó utilizando los programas de Excel e InfoStat, todo esto tomando en cuenta las distintas literaturas que se relacionan con el tema de investigación propuesto.

## 6.10. Variables respuesta

### 6.10.1. Variables de caracterización agronómica

- a. Días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta de frijol entre cada tratamiento:** Esto se llevó con un monitoreo semanal en cada una de las parcelas establecidas, en donde se anotó la etapa en la que se encontraba el cultivo y cuánto tiempo ha transcurrido desde la siembra hasta la presencia de dicha etapa, anotando las características que presentó la planta en esta etapa de crecimiento. Monitoreando constantemente para obtener las mejores características de cada etapa, y marcar bien los días en que cada una de estas se presenta.
- b. Días a floración de los cultivares de frijol:** Esto se llevó a cabo realizando monitoreos constantes, anotando la fecha en que se presenta la floración en los diferentes cultivares establecidos, y los días luego de la siembra en que esta se presenta en la planta.
- c. Color de flor:** Esto se realizó en cada uno de los cultivares de frijol, anotando el color de la flor presente en las plantas de los distintos cultivares establecidos, anotando las características más notables presentes en el momento de la toma de datos.
- d. Color de vaina:** Esto se realizó en cada uno de los cultivares de frijol, anotando la pigmentación de la vaina o la falta de la misma, presente en las plantas de los distintos cultivares establecidos, anotando las características más notables presentes en el momento de la toma de datos.
- e. Color de grano:** Esto se realizó en cada uno de los cultivares nativos de frijol al momento de la cosecha, anotando la pigmentación de la del grano, presente en las plantas de los distintos cultivares establecidos.
- f. Días a madurez fisiológica de cada uno de los cultivares de frijol:** Esto se llevó a cabo monitoreando los cultivos establecidos, observando las características que indican que este ha llegado al fin de su ciclo productivo, anotando los días después de la siembra en que surge este proceso.
- g. Días a cosecha de cada uno de los cultivares de frijol:** Esto se llevó a cabo monitoreando los cultivos establecidos, observando las características que indican que está en su madurez fisiológica y en su punto ideal para ser cosechado, anotando los días después de la siembra en que surge este proceso.

#### **6.10.1.1. Variables de rendimiento**

- a. Peso de 100 granos de frijol:** Se tomaron 100 granos de frijol al azar de cada uno de los cultivares, se determinó el peso y se anotó el resultado en gramos.
- b. Rendimiento de grano de frijol:** Se registró el peso (kilogramos) del grano proveniente de todas las vainas de frijol cosechadas en la parcela demostrativa. El peso se corrigió con base al porcentaje de humedad que presentó en ese momento y posteriormente se transformará a kg/ha.
- c. Número de vainas por planta:** Se tomaron diez plantas por parcela demostrativa, contando de cada una de las plantas la cantidad de vainas que posee, anotando el promedio obtenido.
- d. Numero de granos por vaina:** Se tomaron 20 vainas al azar de cada una de las parcelas demostrativas, y se procedió a realizar el conteo del número de granos por vaina, anotando el promedio obtenido.

## **6.11. Análisis de la información**

### **6.11.1. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza para cada variable respuesta cuantitativa a evaluar a través del programa de Análisis Estadístico InfoStat (versión libre) con el objetivo de determinar si existía o no diferencia estadística entre los cultivares A y B, y por consiguiente si existía diferencia significativa estadística se utilizó la prueba múltiples de medias tukey para determinar diferencias reales entre tratamientos. Además se presenta en forma gráfica los efectos respuesta de los cultivares y la interacción.

### **6.11.2. Análisis económico**

Durante el desarrollo de la investigación se llevó a cabo un registro de costos de producción (Quetzales) que permitió tener control de los costos e ingresos que ocurrieron dentro de cada uno de los tratamientos evaluados, luego a través de los datos recolectados se realizó una análisis económico de relación beneficio/costo de cada uno de los cultivares.

#### **6.11.2.1. Relación beneficio / costo y rentabilidad**

En el análisis económico se determinó la relación beneficio/costo y rentabilidad para cada tratamiento, como se explica a continuación.

$$\mathbf{RB/C=VPB/ VPC}$$

RB/C= relación beneficio costo

VPB= valor presente de beneficio

VPC= valor presente de costo

$$\mathbf{Rentabilidad= (U/C) \times 100}$$

U= Utilidad

C= Costo

## **7. Resultados y discusión**

Después de haber concluido con la fase de campo del experimento y haber obtenido la información generada a partir del estudio, se procedió a llevar a cabo la fase de gabinete donde se presentan los resultados de los seis tratamientos y cinco repeticiones, en cada uno de las parcelas, dichas parcelas se ubicaron en Los Ranchos, en el municipio de Quesada, en los cuales se obtuvieron los diferentes datos para proceder luego con su análisis de varianza (ANDEVA), correspondientes para cada una de las variables respuesta a determinar siendo estas las siguientes: Días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta de frijol, días a floración de los cultivares criollos de frijol, valor comercial de grano (color, tamaño y forma), usando la escala CIAT para frijol de los diferentes germoplasmas nativos, días a madurez fisiológica y cosecha de cada uno de los cultivares de frijol, peso de 100 granos de cada germoplasma nativo de frijol, rendimiento del grano de frijol en kg/ha, número de vainas por planta y número de granos por vaina.

### **7.1. Días transcurridos a cada etapa de desarrollo de la planta de frijol**

Los resultados en cuanto a la diferencia de días transcurridos entre una etapa de desarrollo y otra, se muestran en la tabla 9. Para poder determinar estos datos se observó el desarrollo de los germoplasmas nativos y se tomó datos durante el período de siembra hasta cosecha de estos, tomando en cuenta también el tamaño, vigor y características visibles de cada una de los diferentes germoplasmas. La identificación para cada una de las etapas se lleva a cabo con un código que lleva una letra y un número, dicha letra corresponde según la fase de la planta, es decir que V corresponde a la fase vegetativa y R corresponde a la fase reproductiva de la planta y el número dado en una escala de 0 a 9 indicando la posición de la etapa en dicha escala.

En la tabla 9, se logra observar como cada cultivar nativo presentó los mismos patrones correspondientes a su especie, pasando por cada una de sus etapas correspondientes desde la V0 hasta la R5, donde se pudo observar la diferencia de características dependiendo de su etapa pero sin embargo no hubo mayor diferencia en días al presentarse cada una de ellas en los diferentes germoplasmas nativos.

**Tabla 9. Días de cada una de las etapas de desarrollo vegetativo y reproductivo de los germoplasmas nativos de frijol.**

Fase	Variables Etapa	Código	Germoplasma y días después de la siembra (dds)							
			Mono- URL2017	Llama- URL2017	Vega- URL2017	Patzo- URL2017	Vamora- URL2017	Quetzal- URL2017	IRI 2017	
Vegetativa	Germinación	V-0	5	6	6	5	5	6		
	Emergencia	V-1	7	7	8	7	7	8		
	Hojas primarias	V-2	11	12	13	11	12	11		
	Primera hoja trifoliada	V-3	16	17	19	18	19	17		
	Tercera hoja trifoliada	V-4	26	26	28	26	27	26		
Reproductiva	Prefloración	R-5	32	30	32	35	35	35		
	Floración	R-6	36	35	38	39	39	39		
	Formación de vainas	R-7	44	53	53	53	54	55		
	Llenado de vainas	R-8	63	66	65	67	68	66		
	Madurez fisiológica y cosecha	R-9	76	85	77	83	75	83		

En la figura No. 1 se logra apreciar el comportamiento en días transcurridos a las diferentes etapas fenológicas de cada uno de los cultivares nativos, logrando observar que no existe una diferencia significativa entre los días de cada una de éstas etapas.

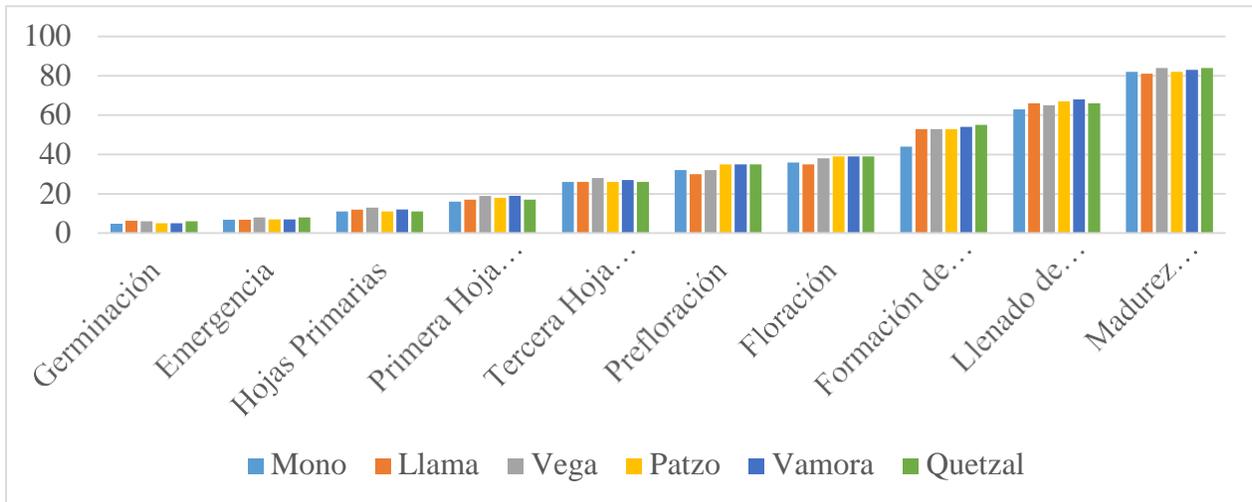


Figura No. 1. Gráfica de días transcurridos de cada una de las etapas fenológicas de los germoplasmas nativos de frijol.

## 7.2. Días a floración de los cultivares de frijol

Los resultados obtenidos en cuanto a los días a floración se calcularon desde el momento en que se realizó la siembra donde da inicio la etapa de germinación V0 (ver tabla 9), hasta la etapa de desarrollo R6 (ver tabla 9), que es cuando el 50% de las plantas tienen una o más flores abiertas.

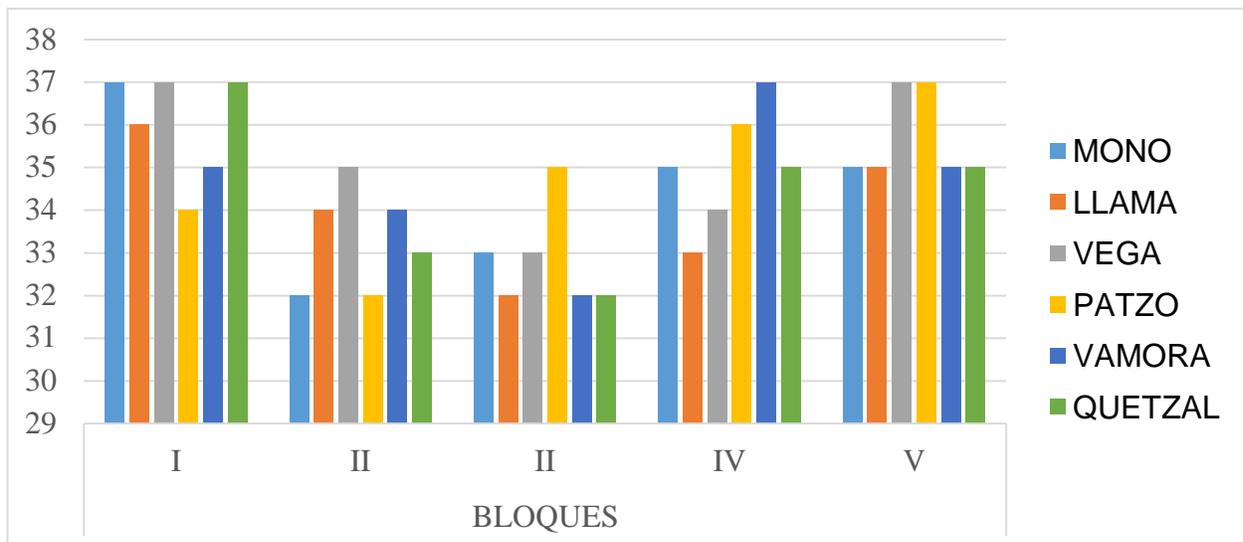


Figura No. 2. Grafica de días a floración de cada uno de los germoplasmas nativos de frijol/bloque.

En la figura No.2 se logra observar que la floración de los germoplasmas nativos de la investigación ocurrió en la mayoría de ellos a los 35 días, llegando algunos hasta los 37 días después de su siembra, luego de analizar los datos con una análisis de varianza este indica que no existe diferencia significativa en los días que se lleva a cabo la floración de un germoplasma y otro y así mismo el color de la flor que este produce, en lo cual se observan floración de color blanca y de color morado. Se llevó a cabo un análisis de varianza donde se obtuvo para la duración de días de floración una media de 35.66 días, con un mínimo de 35 días y un máximo de 37 días para que lleguen a la etapa de floración.

Según el análisis de varianza presentado en tabla 10, no se obtuvieron diferencias significativas sobre el número de días de floración de los germoplasmas, debido a que p-valor es mayor que el nivel de significancia del 5% (0.05) utilizado para el análisis de los datos obtenidos, por lo que no es necesario realizar una prueba múltiple de medias de tukey de 5% de significancia. El coeficiente de variación obtenido es de 3.73 lo que nos indica que no hay variabilidad entre los datos y que estos no se encuentran dispersos, considerándose un valor aceptable y por lo mismo se establece que el experimento fue bien manejado lo cual da confiabilidad a los resultados obtenidos en esta investigación, encontrándose también este en el límite permitido para experimentos agrícolas.

**Tabla 10. Análisis de varianza sobre el número de días de floración.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>S.C</b>	<b>G.L</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
<b>Modelo</b>	52.03	9	5.78	3.47	0.0098
<b>Germoplasma</b>	4.17	5	0.83	0.5	0.7726
<b>Bloques</b>	47.87	4	11.97	7.18	0.0009
<b>Error</b>	33.33	20	1.67		
<b>Total</b>	85.37	29			
<b>C.V</b>	3.73				

7.3. Valor comercial (color, tamaño y forma), usando la escala CIAT para frijol de los diferentes germoplasmas criollos.

Tabla 11. Calificación CIAT de los seis germoplasmas nativos de frijol.

Valores comerciales	Datos de valores comerciales y germoplasmas						Puntuación escala CIAT (1-excelente, 9-malo)					
	Mono- URL2017	Llama- URL2017	Vega- URL2017	Patzo - URL2017	Vamora- URL2017	Quezsal- URL2017	1	2	3	4	5	6
	<b>Color de flor</b>	Blanca	Morado	Blanca	Morado	Morado	Morado	-	-	-	-	-
<b>Tamaño de grano</b>	1.5cm	1cm	0.8cm	0.8cm	1cm	1cm	1	2	3	3	2	2
<b>Tamaño de vaina</b>	10cm	11cm	9cm	10cm	12cm	11.5cm	1	1	4	2	1	1
<b>Grosor de vaina</b>	0.8cm	1.3cm	0.9cm	0.8cm	1.6cm	1.2cm	3	2	3	3	1	1
<b>Color de grano</b>	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	-	-	-	-	-	-
<b>Forma de grano</b>	Ovalado	Ovalado	Ovalado	Ovalado	Ovalado	Ovalado	-	-	-	-	-	-
<b>Humedad/grano</b>	10%	30%	15%	10%	40%	10%	2	4	3	2	5	2
<b>Peso de grano</b>	0.28g	0.28g	0.23	0.20g	0.28g	0.24g	2	2	4	4	2	3
<b>No.granos/vaina</b>	6	7	6	7	8	8	3	2	3	2	1	1
<b>No.granos/planta</b>	126	84	90	126	192	168	2	4	4	2	1	1
<b>No.vainas/planta</b>	21	14	15	18	24	21	2	3	3	3	2	2
<b>Color de vaina</b>	Crema	Crema	Crema	Morada	Morada	Crema	-	-	-	-	-	-
<b>Peso 100 granos</b>	28g	28g	23g	20g	28g	24g	2	2	4	4	2	3

Los datos tomados para el valor comercial del grano se basaron en la escala CIAT, tomando en cuenta las diferentes características de las plantas de germoplasmas nativos a estudiar cómo se puede observar en la tabla 11. Entre los cuales se tomaron en cuenta el color de flor, tamaño de grano en centímetros, tamaño de vaina en centímetros, grosor de vaina en centímetros, color de grano, forma de grano, humedad/grano, peso de grano, número de granos por vaina, número de granos por planta, número de vainas por planta, color de vaina y el peso de 100 granos, para poder con estas características calificar cada germoplasma como excelente, bueno, pobre y malo en cada una de las clasificaciones.

**Tabla 12. Calificación CIAT para variantes tamaño de grano y tamaño de vaina.**

Germoplasmas	Tamaño de grano	Variantes		
		Calificación	Tamaño de vaina	Calificación
<b>Mono-URL2017</b>	1	Excelente	1	Excelente
<b>Llama-URL2017</b>	2	Excelente	1	Excelente
<b>Vega-URL2017</b>	3	Bueno	4	Bueno
<b>Patzo -URL2017</b>	3	Bueno	2	Excelente
<b>Vamora-URL2017</b>	2	Excelente	1	Excelente
<b>Quetzal-URL2017</b>	2	Excelente	1	Excelente

Como se muestra en la tabla 12, en cuanto al tamaño del grano los germoplasmas Llama-URL2017, Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 obtuvieron una calificación en la escala CIAT de 2 correspondiente a excelente, Mono-URL2017 con una calificación de 1 correspondiente a excelente y los germoplasmas Vega-URL2017 y Patzo-URL2017 una calificación de 3 correspondiente a bueno. Según el tamaño de vaina los germoplasmas con mejores resultados según la escala CIAT son Llama-URL2017 con una calificación 2 correspondiente a excelente y Vega-URL2017, Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 con una calificación de 1 correspondiente a excelente, ubicándose el germoplasma Patzo-URL2017 en una calificación de 4 correspondiente a bueno.

**Tabla 13. Calificación CIAT para las variantes grosor de vaina y humedad del grano.**

Germoplasmas	Grosor de vaina	Variantes		
		Calificación	Humedad del grano	Calificación
<b>Mono-URL2017</b>	3	Bueno	1	Excelente
<b>Llama-URL2017</b>	2	Excelente	1	Excelente
<b>Vega-URL2017</b>	3	Bueno	4	Bueno
<b>Patzo -URL2017</b>	3	Bueno	2	Excelente
<b>Vamora-URL2017</b>	1	Excelente	5	Pobre
<b>Quetzal-URL2017</b>	1	Excelente	2	Excelente

Según la tabla 13 con respecto al grosor de vaina los germoplasmas con mejores resultados son Llama-URL2017 con una calificación de 2 en la escala CIAT, Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 con una calificación de 1 en la escala CIAT ambos correspondientes a excelente, seguidos estos por Mono-URL2017, Vega-URL2017 y Patzo-URL2017 con una calificación de 3 correspondiente a bueno en la escala CIAT. En humedad del grano Mono-URL2017, Patzo-URL2017 y Vamora-URL2017 obtuvieron una calificación de 2 correspondiente a excelente, Llama-URL2017 con una calificación de 4 y Vega-URL2017 con una calificación de 3 correspondiente a bueno, seguido por Vamora-URL2017 con una calificación de 5 correspondiente a pobre en la escala de clasificación CIAT.

**Tabla 14. Calificación CIAT para las variantes peso de grano y número de granos por vaina.**

Germoplasma	Peso de grano	Variantes		
		Calificación	No.granos/vaina	Calificación
<b>Mono-URL2017</b>	2	Excelente	3	Bueno
<b>Llama-URL2017</b>	2	Excelente	2	Excelente
<b>Vega-URL2017</b>	4	Bueno	3	Bueno
<b>Patzo -URL2017</b>	4	Bueno	2	Excelente
<b>Vamora-URL2017</b>	2	Excelente	1	Excelente
<b>Quetzal-URL2017</b>	3	Bueno	1	Excelente

Con respecto a los datos observados en la tabla 14, el peso obtenido de granos por cada uno de los germoplasmas nativos los que presentaron mejores resultados son Mono-URL2017, Llama-URL2017, Vamora-URL2017 con una clasificación de 2 correspondiente a excelente, seguidos por Quetzal-URL2017 con una clasificación de 3 y Vega-URL2017, Patzo-URL2017 con una clasificación de 4 respectivamente correspondiente a bueno en la escala CIAT. En cuanto al número de grano por vaina los germoplasmas con mejores resultados fueron Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 con una clasificación de 1, seguidos por Llama-URL2017 con una clasificación de 2, siendo ambas calificaciones correspondientes a excelente, Mono-URL2017 y Vega-URL2017 con una clasificación de 3 correspondiente a bueno en la escala de clasificación CIAT.

**Tabla 15. Calificación CIAT para las variantes de número de granos por planta y número de vainas por planta.**

Germoplasmas	Variantes			
	No. granos/planta	Calificación	No. vainas/planta	Calificación
<b>Mono-URL2017</b>	2	Excelente	2	Excelente
<b>Llama-URL2017</b>	4	Bueno	3	Bueno
<b>Vega-URL2017</b>	4	Bueno	3	Bueno
<b>Patzo -URL2017</b>	2	Excelente	3	Bueno
<b>Vamora-URL2017</b>	1	Excelente	2	Excelente
<b>Quetzal-URL2017</b>	1	Excelente	2	Excelente

Según la tabla 15 el rendimiento de granos por planta en cuanto a la clasificación de la escala CIAT los germoplasmas nativos que presentaron mejores resultados están Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 con una clasificación de 1, seguidos por Mono-URL2017, Patzo-URL2017 con clasificación 2 ambas calificaciones correspondientes a excelente en la escala CIAT, y por último los germoplasmas Llama-URL2017 y Vega-URL2017 con una clasificación de 4 correspondiente a bueno según la escala CIAT. Con respecto al número de vainas por planta los germoplasmas Mono-URL2017, Vamora-URL2017, Quetzal-URL2017 están calificados con 2, 1 y 1 respectivamente ambas correspondientes a excelentes en la escala, estos seguidos por Llama-URL2017, Vega-URL2017 y Patzo-URL2017 con clasificación 3 correspondiente a bueno en la escala CIAT de clasificación para germoplasmas de frijol.

**Tabla 16. Calificación CIAT para la variante peso de 100 grano de frijol.**

<b>Germoplasmas</b>	<b>Variantes</b>	
	<b>Peso de 100 granos</b>	<b>Calificación</b>
<b>Mono-URL2017</b>	2	Excelente
<b>Llama-URL2017</b>	2	Excelente
<b>Vega-URL2017</b>	4	Bueno
<b>Patzo -URL2017</b>	4	Bueno
<b>Vamora-URL2017</b>	2	Excelente
<b>Quetzal-URL2017</b>	3	Bueno

Como se muestra en la tabla 16 los germoplasmas nativos con mejores resultados obtenidos en cuanto al peso de 100 granos según la escala CIAT son Mono-URL2017, Llama-URL2017, Vamora-URL2017 con una calificación de 2 correspondiente a excelente, seguidos por los germoplasmas Quetzal-URL2017 con una calificación de 3, y Vega-URL2017 con el germoplasma Patzo-URL2017 con una calificación de 4 correspondiente a bueno en la escala de clasificación de resultados según CIAT. De todos los germoplasmas nativos investigados el color de grano fue negro, con respecto a color de vaina los germoplasmas Mono-URL2017, Llama-URL2017, Vega-URL2017 y Quetzal-URL2017 dieron como resultado color crema y los germoplasmas Patzo-URL2017 y Vamora-URL2017 presentaron vaina color morado, la forma del grano para todos los germoplasmas nativos es de forma ovalada (ver tabla 11).

#### **7.4. Días a madurez fisiológica y cosecha de cada uno de los germoplasmas de frijol**

Los resultados obtenidos en cuanto a días a madurez fisiológica de los germoplasmas nativos en investigación se determinaron en el momento en el que las vainas perdieron su pigmentación y comenzaron el proceso de secado, momento en el que las semillas desarrollan su color típico de cada uno de los cultivares nativos y pierden la humedad. Estos datos de madurez fisiológica se tomaron desde el momento de la siembra hasta que se observó un 90% de la plantación llegando a su etapa final del desarrollo. Los germoplasmas nativos estudiados mostraron una variación para este carácter que oscilo entre los 75 y 85 días después de la siembra (ver tabla 9 y 17).

**Tabla 17. Días a madurez fisiológica por bloque y germoplasma nativos de los cultivares de frijol.**

Germoplasmas	Días a madurez fisiológica y cosecha por bloques (R-9)				
	I	II	III	IV	V
<b>Mono-URL2017</b>	76	74	74	75	85
<b>Llama-URL2017</b>	81	89	87	85	85
<b>Vega-URL2017</b>	84	74	78	76	77
<b>Patzo-URL2017</b>	85	83	81	84	83
<b>Vamora-URL2017</b>	78	75	77	70	75
<b>Quetzal-URL2017</b>	80	86	83	81	87

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en la tabla 18, se obtuvo significancia lo que indica que p-valor es menor que el nivel de significancia del 5% (0.05), debido al resultado obtenido se realizó una prueba múltiple de medias de tukey para comprobar las diferentes medias de los tratamientos en investigación. El coeficiente de variación es de 4.17 por lo que esta en limite permitido y no hay variabilidad y dispersión entre los datos obtenidos, considerando un valor aceptable y por lo mismo se establece que el experimento fue bien manejado lo cual da confiabilidad a los resultados obtenidos en esta investigación,

**Tabla 18. Análisis de varianza sobre el número de días a madurez fisiológica de seis germoplasmas nativos de frijol.**

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)						Significancia
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	
<b>Modelo</b>	491.27	9	54.59	4.86	0.0016	
<b>Germoplasmas</b>	453.07	5	20.88	8.07	0.0003	*
<b>Bloques</b>	38.20	4	9.55	0.85	0.5101	
<b>Error</b>	224.60	20	11.23			
<b>Total</b>	715.87	29				
<b>C.V</b>	4.17					

**Tabla 19. Prueba de medias de tukey sobre sobre el número de días a madurez fisiológica en seis germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.66193</b>				
<b>Error:</b>	11.2300	gl:	20	
<b>Germoplasmas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Llama-URL2017</b>	85.40	5	1.50	A
<b>Quetzal-URL2017</b>	83.40	5	1.50	A B
<b>Patzo-URL2017</b>	83.20	5	1.50	A B
<b>Vega-URL2017</b>	77.80	5	1.50	B C
<b>Mono-URL2017</b>	76.80	5	1.50	B C
<b>Vamora-URL2017</b>	75.00	5	1.50	C

De acuerdo con la prueba múltiple de medias de tukey presentada en la tabla 19 muestra cuatro grupos de tratamientos, sobresaliendo el grupo A con el tratamiento 2 (Llama-URL2017), con un promedio respectivo para este grupo de 85.40 para el número de días transcurridos a madurez fisiológica por tratamiento. El grupo AB con el tratamiento 6 y 4 (Quetzal-URL2017, Patzo-URL2017), con un promedio de 83.40-83.20 para el número de días a madurez fisiológica por tratamiento, el grupo BC con los tratamientos 3 y 1 (Vega-URL2017, Mono-URL2017), con un promedio de 77.80-76.80 en el número de día a madurez fisiológica por tratamiento, y por último el grupo C con el tratamiento 5 (Vamora-URL2017), con una media de 75 días para la madurez fisiológica por tratamiento. En el cuál los grupos A y C representan diferencias significativas en el número de días transcurridos a madurez fisiológica por tratamiento, donde el grupo A presenta la media más alta 85.40 en contraste con el grupo C que posee la media más baja de 75.0 días a madurez fisiológica por tratamiento.

Basados en los resultados obtenidos según el análisis de días transcurridos a madurez fisiológica por tratamiento nos muestra una segmentación de 4 grupos de los cuales existe diferencia significativa entre A y C. Mostrando que los grupos AB, BC y C no poseen diferencias significativas, ya al realizar la prueba de comparación de medias tukey se encontraron letras en común. Pero se encuentra que el tratamiento 6 y 4 (Quetzal-URL2017, Patzo-URL2017) posee una mayor media que el tratamiento 3,1 y 5 (Vega-URL2017, Mono-URL2017, Vamora-URL2017) y que el tratamiento 2 (Llama-RUL2017) tiene una mayor media que le tratamiento 6 en relación de días a madurez fisiológica.

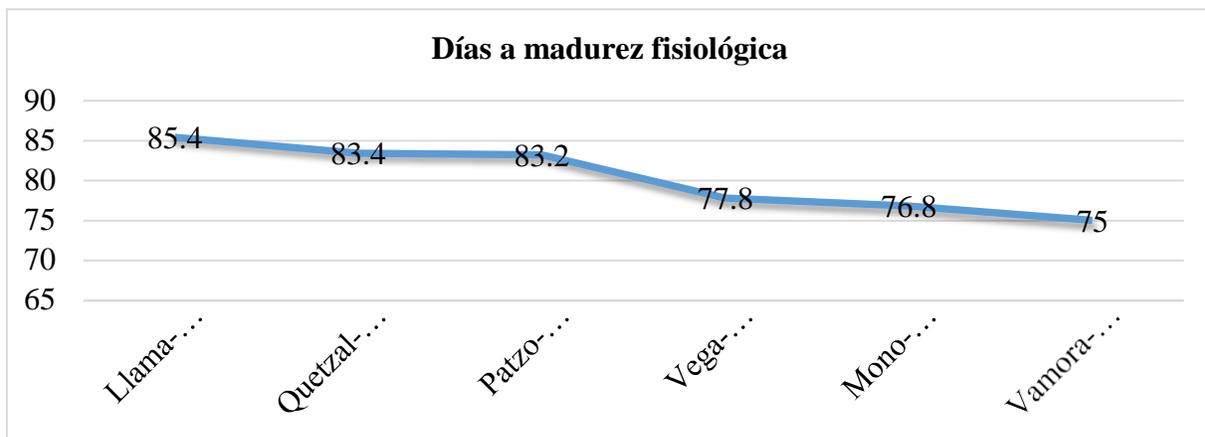


Figura No. 3. Gráfica de días a madurez fisiológica de los germoplasmas nativos de frijol.

Según el análisis de varianza hay una diferencia significativa entre los germoplasmas nativos estudiados, observándose en la gráfica anterior que el germoplasma nativo Vamora-URL2017 como el más precoz, reportándose un periodo de 75 días para su madurez fisiológica, seguido por los materiales Mono-URL2017 y Vega-URL2017 que reportan 76 y 77 días respectivamente (ver gráfica No. 3).

### 7.5. Peso de 100 granos de cada germoplasma nativo de frijol

El peso de 100 granos de frijol se realizó tomando los granos al azar de distintas plantas, para poder sacar este peso que esta dado en gramos, que está desde 13 g hasta 34 g, como se puede observar en el cuadro 20.

**Tabla 20. *Peso de 100 granos de frijol en gramos.***

Germoplasmas	Peso de 100 granos por bloque en gramos				
	I	II	III	IV	V
<b>Mono-URL2017</b>	22	23	24	19	20
<b>Llama-URL2017</b>	26	28	27	27	28
<b>Vega-URL2017</b>	29	26	28	27	26
<b>Patzo-URL2017</b>	24	20	25	22	23
<b>Vamora-URL2017</b>	34	28	27	29	26
<b>Quetzal-URL2017</b>	22	24	13	30	29

De acuerdo con el análisis de varianza presentado en la tabla 21, nos indica que existen diferencias significativas entre los germoplasmas nativos evaluados, debido a que p-valor es menor que el nivel de significancia 5% (0.05), por lo cual se realizó una prueba múltiple de medias de tukey para comparar las diferentes medias en el cuadro 22. El coeficiente de variación es de 14.01 encontrándose en el límite permitido para experimentos agrícolas, lo que indica que no hay variabilidad y dispersión entre los datos obtenidos, considerándose un valor aceptable y por lo mismo se establece que hay confiabilidad en los resultados obtenidos en esta investigación.

**Tabla 21. Análisis de varianza en pesos de 100 grano de los germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)</b>						
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Modelo</b>	227.67	9	25.30	2.03	0.0898	
<b>Bloques</b>	16.47	4	4.12	0.33	0.8542	
<b>Germoplasmas</b>	211.20	5	42.24	3.39	0.0222	*
<b>Error</b>	249.13	20	12.46			
<b>Total</b>	476.80	29				
<b>C.V</b>	14.01					

**Tabla 22. Prueba de tukey en el peso de 100 granos de frijol de los germoplasmas nativos.**

<b>Test: tukey Alfa=0.05 DMS=6.74057</b>				
<b>Error:</b>	12.4567	gl:	20	
<b>Germoplasmas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Vamora-URL2017</b>	28.80	5	1.58	A
<b>Vega-URL2017</b>	27.20	5	1.58	A B
<b>Llama-URL2017</b>	27.20	5	1.58	A B
<b>Patzo-URL2017</b>	23.60	5	1.58	A B
<b>Quetzal-URL2017</b>	22.80	5	1.58	A B
<b>Mono-URL2017</b>	21.60	5	1.58	B

De acuerdo a la prueba múltiple de medias de tukey presentada en la tabla 22 muestra tres grupos de tratamientos, sobresaliendo el grupo A con el tratamiento 5 (Vamora-URL2017) con una media en el peso de 100 granos de 28.80 g, seguido por el grupo AB con los tratamientos 3, 2, 4 y 6 (Vega-URL2017, Llama-URL2017, Patzo-URL2017, Quetzal-URL2017), con una media de 27.20 g para los tratamientos 3 y 2, para los tratamientos 4 y 6, 23.60 g y 22.80 g respectivamente, por último el grupo B con el tratamiento 1 con un promedio en el peso de 21.60 g por cada 100 granos de frijol. En donde los grupos A y B presentan diferencias significativas, a diferencia del grupo AB que no presenta diferencias significativas contra el grupo A, presentando la mayor media en el peso de 100 granos de frijol el tratamiento 5 (Vamora-URL2017), y el tratamiento 1 la menor media en el peso.

### 7.6. Rendimiento de grano de frijol

Se registró el peso (kilogramos) del grano proveniente de todas las vainas de frijol cosechadas en la parcela demostrativa. El peso se corregirá con base al porcentaje de humedad que presentó en ese momento y posteriormente se transformará a kg/ha. Se determinó el rendimiento de cada germoplasma en el área útil de las parcelas experimentales, los datos se expresan en kg/ha para tener una mejor referencia de la producción total de cada germoplasma en investigación, cada uno de estos datos se ajustó al porcentaje 14% de humedad obtenido mediante la fórmula propuesta por el CIAT.

<b>Formula</b>	$P_i (100-H_i) = P_f (100-H_f)$
$P_i (100-H_i) = P_f (100-H_f)$	$1038.95 (100-30\%) = P_f (100-14)$
Donde:	$1038.95 (70) = P_f (86)$
Pi= peso inicial	$P_f = \frac{1038.95 * 70}{86}$
Hi= humedad inicial	86
Pf= peso final	$P_f = 845.66$
Hf= humedad final (14%)	

La fórmula explicada anteriormente fue el procedimiento que se utilizó para realizar el ajuste de pesos según la humedad para todos los germoplasmas nativos.

**Tabla 23. Rendimiento en kg/ha, germoplasmas nativos de frijol sin ajuste de humedad.**

<b>Rendimiento en kg/ha sin corregir</b>					
<b>Germoplasmas</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Mono-URL2017</b>	1363.64	1428.57	1803.35	1322.3	1450.3
<b>Llama-URL2017</b>	1038.95	1038.96	1492.24	1312.12	1983.09
<b>Vega-URL2017</b>	779.21	909.09	1838.45	1327.81	1454.54
<b>Patzo-URL2017</b>	1428.57	1623.37	2266.66	1527.27	2085.12
<b>Vamora-URL2017</b>	1753.24	1818.18	3006.06	1642.42	2086.51
<b>Quetzal-URL2017</b>	1948.04	1363.63	1751.64	1245.45	1725.85

**Tabla 24. Rendimiento en kg/ha, germoplasmas nativos de frijol con ajuste de humedad (14%).**

<b>Rendimiento kg/ha corregido</b>					
<b>Germoplasmas</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Mono-URL2017</b>	1363.64	1428.57	1803.35	1322.3	1450.3
<b>Llama-URL2017</b>	845.66	845.66	1214.61	1068.00	1614.14
<b>Vega-URL2017</b>	770.14	898.51	1817.07	1312.37	1437.62
<b>Patzo-URL2017</b>	1428.57	1623.37	2266.66	1527.27	2085.12
<b>Vamora-URL2017</b>	1223.19	1268.49	2097.25	1145.87	1455.70
<b>Quetzal-URL2017</b>	1948.04	1363.63	1751.64	1245.45	1725.85

Como se puede observar en las tablas 23 y 24 con el ajuste de humedad sobre el rendimiento en kilogramos por hectárea varía debido a la aplicación de la fórmula de ajuste de humedad para obtener datos exactos del rendimiento de cada germoplasma nativo y poder llevar a cabo el análisis de varianza y la comparación de medias de tukey para poder conocer si existe o no significancia entre los tratamientos estudiados, y así mismo clasificar los mismos en grupos estadísticos. De acuerdo con análisis de varianza presentado en la tabla 25, existen diferencias significativas entre los germoplasmas evaluados, debido a que p-valor es menor que el nivel del 5% (0.05) de significancia de tukey, debido a esto se realizó una prueba múltiple de media de tukey para comprobar las diferentes medias en la tabla 26. El coeficiente de variación es 15.77 por lo que no hay variabilidad y dispersión entre los datos obtenidos ya que este se encuentra en el límite permitido de experimentos agrícolas.

**Tabla 25. Análisis de varianza en el rendimiento de los germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)</b>						
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Modelo</b>	3155800.78	9	350644.53	6.75	0.0002	*
<b>Bloques</b>	1706642.95	4	426660.74	8.22	0.0004	*
<b>Germoplasmas</b>	1449157.83	5	289831.57	5.58	0.0022	*
<b>Error</b>	1038495.98	20	51924.80			
<b>Total</b>	4194296.76	29				
<b>C.V</b>	15.77					

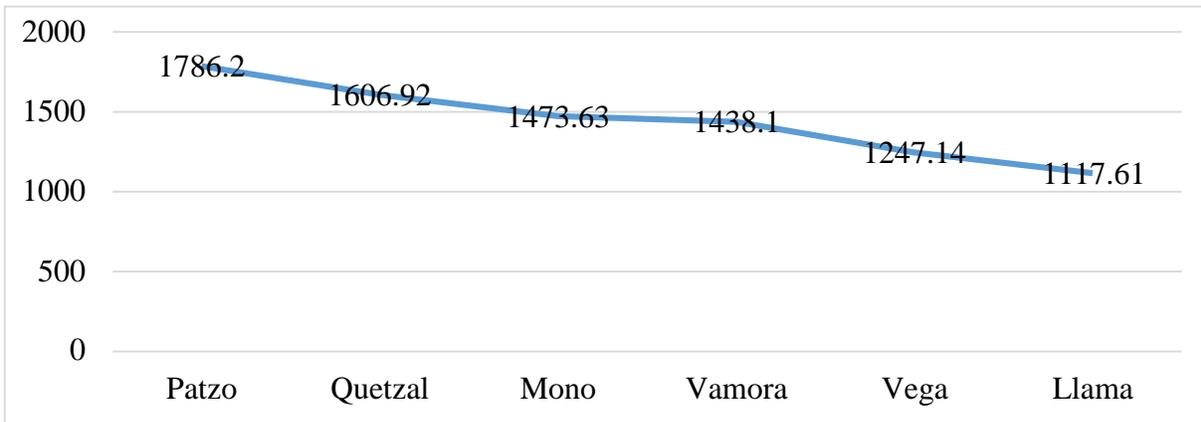
**Tabla 26. Prueba de tukey en el rendimiento de frijol de los germoplasmas nativos.**

<b>Test: tukey Alfa=0.05 DMS=452.99905</b>				
<b>Error:</b>	51924.80	gl:	20	
<b>Germoplasmas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>Patzo-URL2017</b>	1786.20	5	101.91	A
<b>Quetzal-URL2017</b>	1606.92	5	101.91	A B
<b>Mono-URL2017</b>	1473.63	5	101.91	A B C
<b>Vamora-URL2017</b>	1438.10	5	101.91	A B C
<b>Vega-URL2017</b>	1247.14	5	101.91	B C
<b>Llama-URL2017</b>	1117.61	5	101.91	C

De acuerdo a la prueba múltiple de medias de tukey presentada en la tabla 26 muestra cinco grupos de germoplasmas, sobresaliendo el grupo A con el tratamiento 4 (Patzó-URL2017), con un promedio respectivo para el grupo de 1786.20 kg/ha en el rendimiento por hectárea, el grupo AB con el tratamiento 6 (Quetzal-URL2017) con un promedio de 1606.92 kg/ha para el rendimiento por hectárea, para el grupo ABC con los tratamientos 1 y 5 (Mono-URL2017, Vamora-URL2017) con un promedio en el rendimiento por hectárea de 1473.63 kg/ha y 1438.10 kg/ha respectivamente.

El grupo BC con el tratamiento 3 (Vega-URL2017), con un promedio de 1247.14 kg/ha en el rendimiento por hectárea, y por último tenemos el grupo C con el tratamiento 2 (Llama-URL2017) con una media para este grupo de 1117.61 kg/ha en el rendimiento de grano por hectárea. Donde los grupo A y C presentan diferencias significativas en el rendimiento de kilogramos por hectárea por germoplasma, donde el grupo A presenta una media más alta de 1786.20 kg/ha y el grupo C una media más baja de 1117.61 kg/ha.

Los resultados obtenidos en el análisis en cuanto al rendimiento de kilogramos por hectárea por germoplasma muestran una segmentación de 5 grupos de los cuáles existe diferencia significativa entre los grupos A y C y los grupos. Mostrando que los grupos AB, ABC, BC y C no poseen diferencias significativas, ya que al realizar la comparación múltiple de medias tukey se encontró letras en común. Se logra observar que el tratamiento 4 (Patzó-URL2017) presenta una mayor media en comparación al tratamiento 2 (Llama-URL2017) y que el tratamiento 6 (Quetzal-URL2017) presenta una mayor media que los tratamientos 1, 3 y 5 (Mono-URL2017, Vega-URL2017, Vamora-URL2017). Por lo tanto los tratamientos 4 (Patzó-URL2017) y 2 (Llama-URL2017) aumentan el rendimiento de kilogramos por hectárea siendo estos dos los mejores.



**Figura No. 4. Gráfica del rendimiento en kg/ha según clasificación de comparación de medias tukey.**

El análisis de varianza de la tabla 25 mostró que existió diferencia significativa entre los germoplasmas nativos de la investigación, observándose en la gráfica 4 el germoplasma patzo-URL2017 con mayor rendimiento en kg/ha el cuál reportó un rendimiento de 1786.2 kg/ha. La diferencia de los rendimientos entre germoplasmas precoces y tardíos se ven afectados por factores como habito de crecimiento y características del germoplasma, las cuales pueden ser condicionadas por el clima, la fertilidad, propiedades del suelo, temperatura, sequía entre otras, el rendimiento viene dando como un resultado de la combinación de los distintos factores que hacen que el germoplasma desarrolle su potencial genético de producción (ICTA, 2012).

### 7.7. Número de vainas por planta

Se tomaron diez plantas por parcela demostrativa, contando de cada una de las plantas la cantidad de vainas que posee, anotando el promedio obtenido y luego se procedió a realizar el análisis de varianza y comparación de media de tukey. El número de vainas por planta puede ser discontinuo debido a que sus valores pueden ser expresados en número enteros. Con respecto a la variable de número de vainas por planta la media aritmética fue de 18.90 vainas por planta.

**Tabla 27. Número promedio de vainas por planta en bloques.**

Germoplasmas	Numero promedio de vainas por planta en bloques				
	I	II	III	IV	V
<b>Mono-URL2017</b>	21	19	20	22	18
<b>Llama-URL2017</b>	14	16	18	16	15
<b>Vega-URL2017</b>	15	22	17	20	19
<b>Patzo-URL2017</b>	18	19	22	20	21
<b>Vamora-URL2017</b>	24	22	20	19	16
<b>Quetzal-URL2017</b>	21	22	15	17	19

Según el análisis de varianza presentado en la tabla 28, no se obtuvieron diferencias significativas sobre el número promedio de vainas por planta para cada uno de los germoplasmas nativos, debido a que p-valor es mayor que el nivel de significancia del 5% (0.05), por lo que no es necesario realizar una prueba múltiple de medias de tukey de 5% de significancia. El coeficiente de variación es de 12.69 lo que indica que no hay dispersión y variación entre los datos obtenidos, encontrándose este en el límite permitido para experimentos agrícolas.

**Tabla 28. Análisis de varianza en el promedio del número de vainas/planta de los germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)</b>					
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	81.63	9	9.07	1.58	0.1895
<b>Bloques</b>	12.53	5	13.82	2.40	0.0734
<b>Germoplasmas</b>	69.10	4	3.13	0.54	0.7049
<b>Error</b>	115.07	20	5.75		
<b>Total</b>	196.70	29			
<b>C.V</b>	12.69				

### **7.8. Número de granos por vaina**

Se tomaron 20 vainas al azar por cada uno de los germoplasmas nativos en cada una de las parcelas demostrativas, y se procedió a realizar el conteo del número de granos por vaina, anotando el promedio obtenido. El carácter de semillas por vaina en una planta es uno de los factores determinantes del rendimiento, siendo también un carácter propio de cada germoplasma nativo, es heredable y sufre pocas alteraciones con las condiciones ambientales.

**Tabla 29. Número de granos promedio por vaina en bloques de los germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Germoplasmas</b>	<b>Numero promedio de granos por vaina en bloques</b>				
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Mono-URL2017</b>	6	5	5	6	7
<b>Llama-URL2017</b>	7	6	6	5	5
<b>Vega-URL2017</b>	6	5	7	6	6
<b>Patzo-URL2017</b>	7	6	6	5	7
<b>Vamora-URL2017</b>	8	7	6	8	7
<b>Quetzal-URL2017</b>	8	7	7	6	5

Según el análisis de varianza presentado en la tabla 30, no se obtuvieron diferencias significativas sobre el número promedio de granos por vaina para cada uno de los germoplasmas nativos, debido a que p-valor es mayor que el nivel de significancia tukey del 5%, por lo que no es necesario realizar una prueba múltiple de medias de tukey de 5% de significancia. El coeficiente de variación es de 13.45 por lo que no hay variación y dispersión entre los datos obtenidos, encontrándose este también el límite permitido de experimentos agrícolas.

**Tabla 30. Análisis de varianza en el promedio del número de granos/vaina de los germoplasmas nativos de frijol.**

<b>Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)</b>					
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	11.67	9	1.30	1.83	0.1257
<b>Bloques</b>	4.20	5	1.49	2.10	0.1073
<b>Germoplasmas</b>	7.47	4	1.05	1.48	0.2460
<b>Error</b>	14.20	20	0.71		
<b>Total</b>	25.87	29			
<b>C.V</b>	13.45				

## 7.9. Análisis económico

Se presenta la estructura del costo estimado de producción por hectárea, para lo cual se procedió durante el desarrollo de la investigación a llevar un registro económico (Quetzales) que permitió tener control de los costos e ingresos que ocurrieron dentro de los tratamientos evaluados, luego a través de los datos recolectados se realizó un análisis económico de relación beneficio/costo de cada uno de los cultivares. Para ello se tomaron en cuenta los rendimientos promedio de todos los germoplasmas nativos estudiados en kg/ha. Con el propósito de poder llevar a cabo la identificación del germoplasma nativo con mayor beneficio económico, se determinaron los costos variables que se realizan en cada actividad durante el manejo agronómico del cultivo, así mismo también los ingresos netos de comercialización de cada uno de los tratamientos en investigación.

**Tabla 31. Rendimiento de kg/ha e ingresos por hectárea de los germoplasmas nativos estudiados.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento en kg/ha</b>	<b>Rendimiento en qq/ha</b>	<b>Costo total/ha</b>	<b>Precio/qq</b>	<b>Ingreso total/tratamiento</b>
<b>Patzo-URL2017</b>	1786.20	39.29	7,203.00	300.00	11,787.00
<b>Quetzal-URL2017</b>	1606.92	35.35	7,203.00	300.00	10,605.00
<b>Mono-URL2017</b>	1473.63	32.41	7,203.00	300.00	9,723.00
<b>Vamora-URL2017</b>	1438.10	31.63	7,203.00	300.00	9,489.00
<b>Vega-URL2017</b>	1247.14	27.43	7,203.00	300.00	8,229.00
<b>Llama-URL2017</b>	1117.61	24.58	7,203.00	300.00	7,374.00

### 7.9.1. Relación beneficio / costo y rentabilidad

En el análisis económico se determinó la relación beneficio/costo y rentabilidad para cada tratamiento, como se explica a continuación.

**Tabla 32. Costo total por hectárea producida e ingreso total por producción de cada tratamiento.**

Tratamiento	Costo total/ha	Ingreso total/tratamiento
<b>Patzo-URL2017</b>	7,203.00	11,787.00
<b>Quetzal-URL2017</b>	7,203.00	10,605.00
<b>Mono-URL2017</b>	7,203.00	9,723.00
<b>Vamora-URL2017</b>	7,203.00	9,489.00
<b>Vega-URL2017</b>	7,203.00	8,229.00
<b>Llama-URL2017</b>	7,203.00	7,374.00

**RB/C=VPB/ VPC**

RB/C= relación beneficio costo

VPB= valor presente de beneficio

VPC= valor presente de costo

**Rentabilidad= (U/C) x 100**

U= Utilidad

C= Costo

**Tabla 33. Relación beneficio/costo y rentabilidad de cada uno de los tratamientos investigados.**

Tratamiento	VPB	VPC	%	RBC=VPB/VPC	R=(U/C)*100
<b>Patzo-URL2017</b>	11,787.00	7,203.00	100.00	1.6364	163.64
<b>Quetzal-URL2017</b>	10,605.00	7,203.00	100.00	1.4723	147.23
<b>Mono-URL2017</b>	9,723.00	7,203.00	100.00	1.3499	134.99
<b>Vamora-URL2017</b>	9,489.00	7,203.00	100.00	1.3174	131.74
<b>Vega-URL2017</b>	8,229.00	7,203.00	100.00	1.1424	114.24
<b>Llama-URL2017</b>	7,374.00	7,203.00	100.00	1.0237	102.37

## 8. Conclusiones

Los seis germoplasmas evaluados presentaron un efecto diferente en cuanto al rendimiento en kilogramos por hectárea de grano seco, y pueden ser utilizados como semilla por agricultores de la región de recursos económicos limitados.

Los tratamientos Patzo-URL2017 y Quetzal-URL2017 presentaron un mayor rendimiento en kilogramos por hectárea en grano seco de 1786.20 kg/ha y 1606.92 kg/ha respectivamente. Los tratamientos Vamora-URL2017 y Mono-URL2017 generaron rendimientos significativos pero no lo suficientemente altos en relación a los obtenidos en los tratamientos Patzo-URL2017 y Quetzal-URL2017.

El tratamiento Patzo-URL2017 generó un rendimiento en peso de grano seco de 1786.20 kg/ha, siendo el de mayor rendimiento en kilogramos por hectárea.

Los germoplasmas Patzo-URL2017 y Vamora-URL2017 mostraron diferencias agronómicas significativas en cuanto a color de vaina, mostrando color de vaina morada y los tratamientos Mono-URL2017, Llama-URL2017, Vega-URL2017, Quetzal-URL2017 mostraron vainas de color crema.

Los germoplasmas Mono-URL2017, Vega-URL2017 mostraron diferencias agronómicas significativas en color de flor presentando coloración blanca, y los germoplasmas Patzo-URL2017, Vamora-URL2017, Llama-URL2017, Quetzal-URL2017 presentaron flor de color morada.

Los seis germoplasmas evaluados no presentaron diferencias significativas con respecto a color de grano, forma de grano, presentando el mismo tipo de crecimiento arbustivo.

El tratamiento Patzo-URL2017 es el que resulta más efectivo, con una relación de beneficio/costo de 1.63, coincidiendo económica y técnicamente como el mejor para la producción de frijol, con una rentabilidad del 163%. Seguido del germoplasma Quetzal-URL2017 con una relación de beneficio/costo 1.47 y una rentabilidad de 147% el cual es apto para la producción de frijol y mejorar los rendimientos para los agricultores de recursos limitados.

## 9. Recomendaciones

Técnica y económicamente se recomienda a la población de recursos limitados los germoplasmas Patzo-URL2017 y Quetzal-URL2017 siendo estos los que presentan mayores rendimientos en grano seco de frijol.

Los germoplasmas Mono-URL2017 y Vamora-URL2017 también pueden ser utilizados para la siembra, ya que generaron un rendimiento aceptable para generar beneficios económicos para los agricultores de recursos limitados.

Realizar un plan de manejo de plantación, incluyendo en el la prevención, manejo, control de plagas y enfermedades, así también un plan de fertilización que ayude al aumento en cantidad y calidad del rendimiento de los germoplasmas nativos, tratando de tal manera de no aumentar los costos de producción para los agricultores.

Dar seguimiento a la investigación, contrastando el germoplasma Patzo-URL2017 contra Quetzal-URL2017, y los dos anteriores con los germoplasmas Mono-URL2017 y Vamora-URL2017, en distintas localidades y condiciones agroclimáticas distintas, para observar los resultados que presenten en cuanto a adaptación y rendimiento en distintas localidades.

Se recomienda a la Universidad Rafael Landívar que incluya como parte de la responsabilidad social académica la investigación genética a detalle de los germoplasmas que generaron los mejores rendimientos de grano seco para generar a través de ello una variedad registrada como autónoma de la universidad para que pueda ser distribuida entre la población de recursos limitados, esto dirigido a combatir la desnutrición de la población de escasos recursos a nuestros país.

## 10. Referencias bibliográficas

- A.Griffiths, J. Miller, D. Suzuki, R. Lewontin, W. Gelbart, Libro de genética, séptima edición, 2012, Mc Graw-Hill-interamericana de España, S.A.U., p. 30-39.
- Beaver, JS; Rosas S, J. 2013. Investigación colaborativa de fríjol en Centroamérica y El Caribe, Honduras.
- Cárdenas Q, H; Gómez B, C; Díaz N, J; Camarena M, F. 2010. Evaluación de calidad de la proteína de 4 variedades mejoradas de fríjol. Perú.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de el Salvador). 2008. Programa de granos básicos, Guía técnica para el cultivo del frijol 1-24p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 2004, etapas de desarrollo de la planta de frijol común; Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audio tutorial sobre el mismo tema, Cali, Colombia 1-56p.
- Escoto Gudiel, ND. 2004. El cultivo del fríjol (en línea). Honduras, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria 22-30p.
- GUATEPYMES (2015) Quesada, Jutiapa (en línea). Guatemala. Consultado 24 Enero 2017. Disponible. <http://www.guatepymes.com/geodic.php?keyw=24992> 1p
- Guerra, H. 2002 Respuesta genético ambiental de 13 líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), con tolerancia a estrés por altas temperaturas en siembras bajo riego en el Valle del Riosan José Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, USAC 53p.
- Guzmán, B. 2007 Evaluación agroeconómica de seis líneas promisorias de frijol negro y un testigo local en el municipio de Guanagazapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala, URL. Citado por Jorge Domingo Vidal Morales 64p.
- Guzman-Maldonado, S.H., 2002. Calidad Alimentaria y potencial nutracético del frijol 56p.
- Héctor F, O. 2005. Morfología de la planta de fríjol común, Cali, Colombia, CIAT.50p.
- IICA/COSUDE. Cultivo de frijol, Tecnologías de pre-secado en campo, Proyecto RED SICTA, Red de Innovación Agrícola, Managua, Nicaragua, Junio 2009 2-20p.
- Infoagro, Cultivo de judía o frijol (parte I). Extraído el 17 de Enero de 2017 de <http://www.infoagro.com/hortalizas/judia.htm> 22p.
- Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA). 2010. Manual de Producción Comercial y de Semilla de Frijol, Guatemala, GT 45-50p.

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2009. Cultivo de Frijol. Guía Tecnológica para la producción de frijol común, Managua, Nicaragua 32p.
- IPNI (Instituto Internacional de Nutrición Vegetal). 2009. Reporte virtual de mercado del Instituto internacional de la nutrición de las plantas para Centro América 3p.
- MAGA (2014). Mapa de zonas de vida de Holdridge, Republica de Guatemala (en línea), Guatemala. Consultado el 24 Enero de 2017. Disponible. <http://www.sigmaga.com.gt/imagenes/mapas/vegetacion/zonas-de-vida.pdf> 6p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2011. Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos 14-19p.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, FAO, 2011, seguridad alimentaria GT, 3p.
- Ríos, M.J, Quirós D.J. 2012. El frijol cultivo, beneficio y variedades. Boletín técnico 46p.
- Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN), 2015, pronóstico de seguridad Alimentaria y Nutricional, Guatemala, GT 2p.
- Simmons, Ch. (2008). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional Guatemala 1000p, 444-470p.

## 11. Anexos

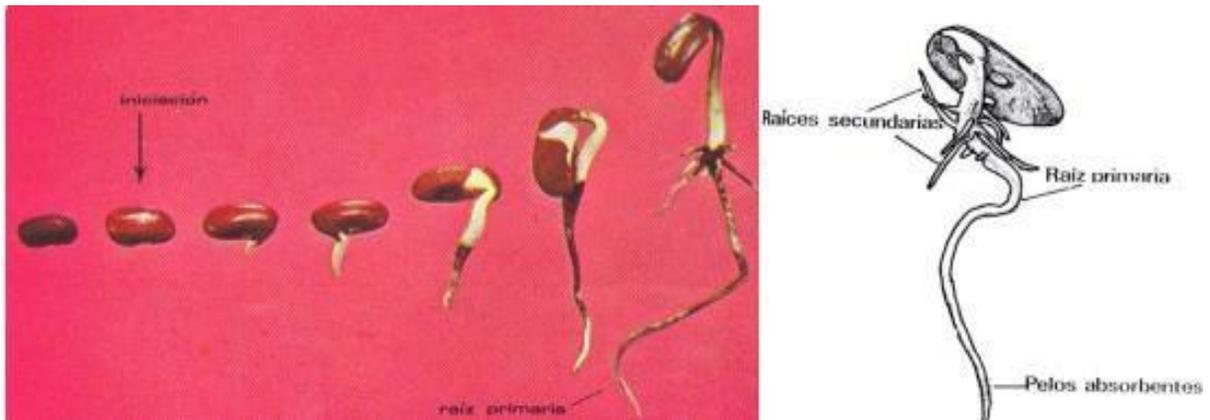


Figura No. 5. Planta de frijol exponiendo su sistema radicular, germinación y emergencia nivel del suelo de los cotiledones, etapas V0 y V1, (Carrillo, 2006)

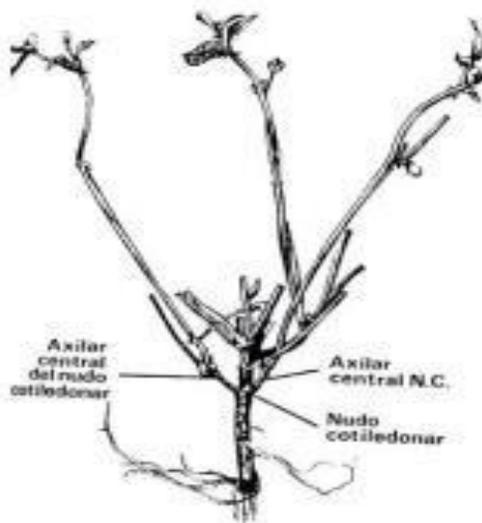
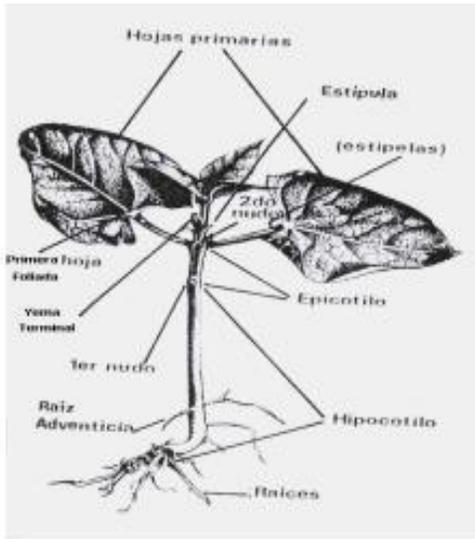
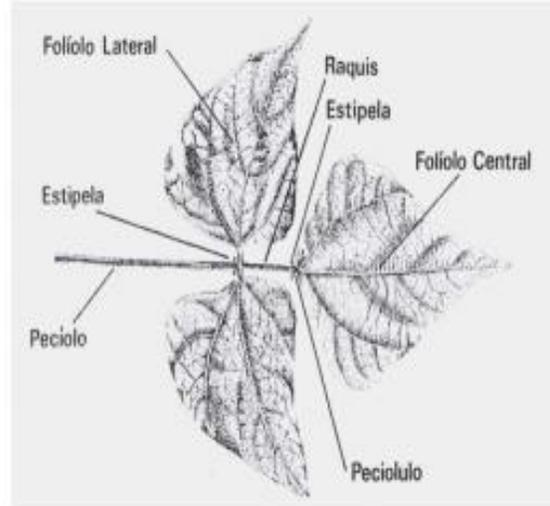


Figura No. 6. Planta frijol exponiendo su tallo, (Carrillo, 2006)

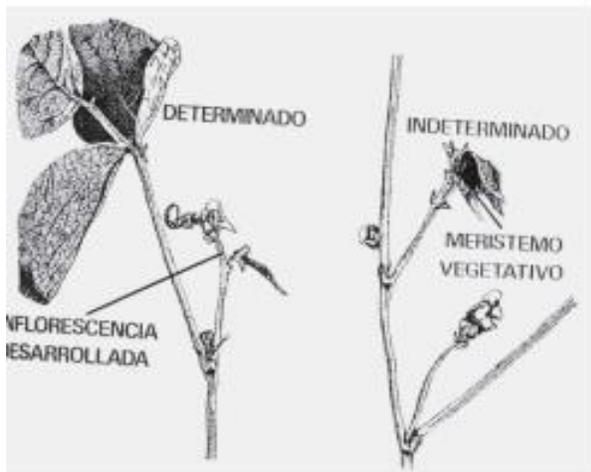


(A)

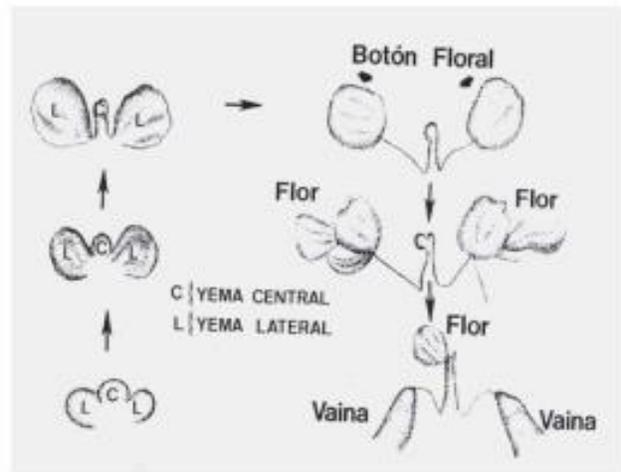


(B)

Figura Figura No. 7. Planta de frijol exponiendo sus hojas primarias (A) y hoja trifoliada (Héctor, 1981)



(A)



(B)

Figura No. 8. Planta de frijol exponiendo su inflorescencia (A) y desarrollo de la inflorescencia floral (Héctor, 1981).



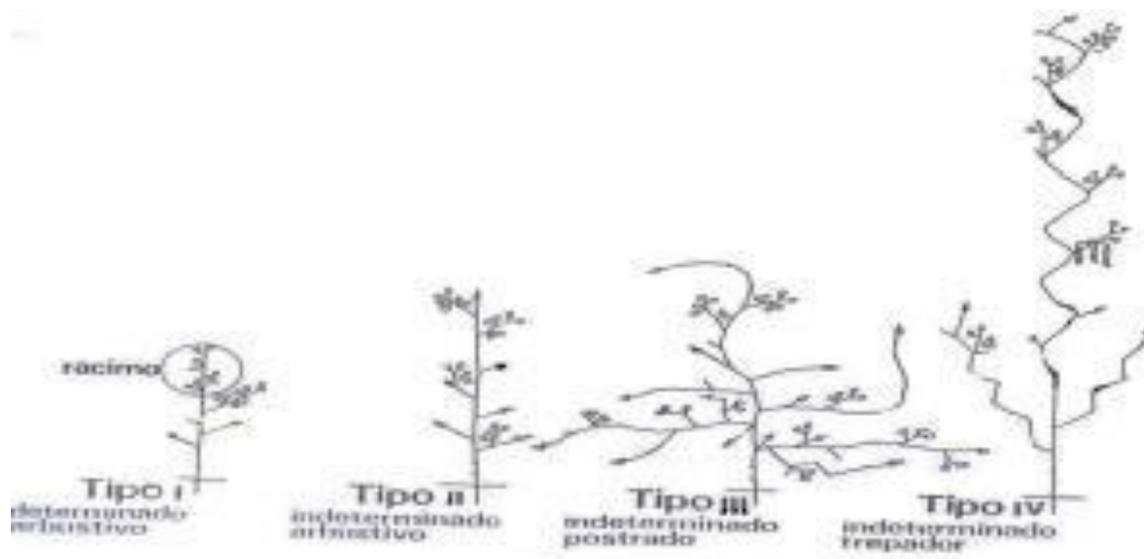


Figura No. 11. Tipos de crecimiento en la planta de frijol (Héctor, 1981).

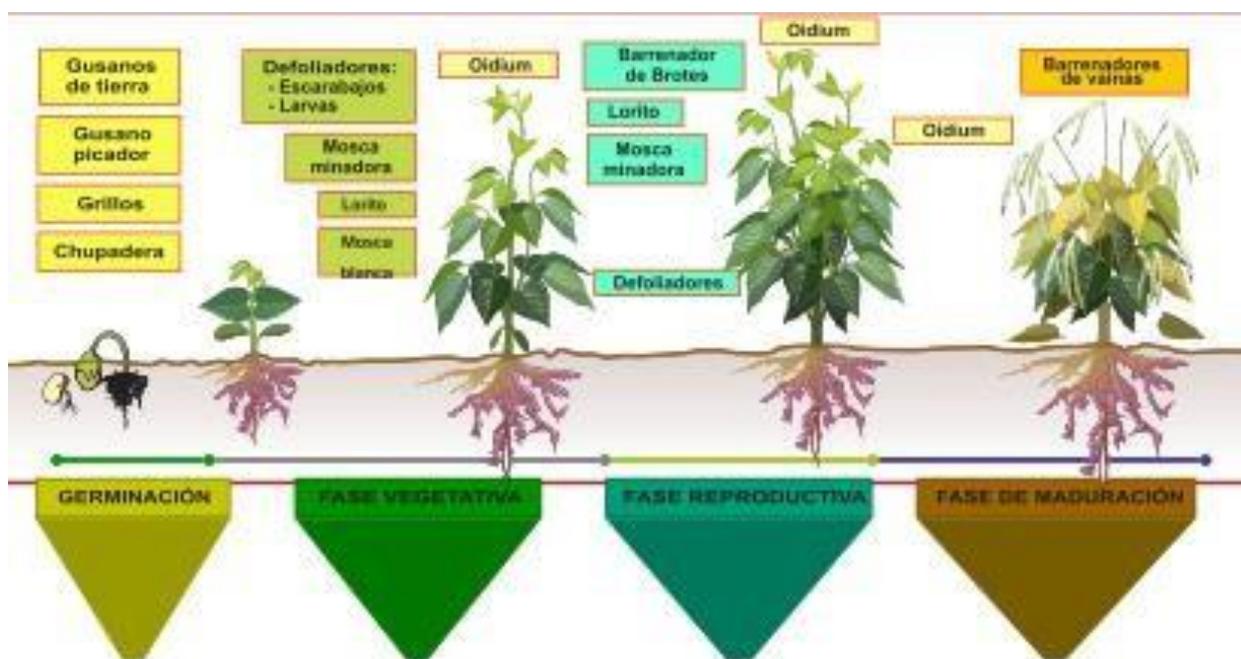


Figura No. 12. Incidencia de plagas y enfermedades de acuerdo al ciclo de crecimiento del frijol (INTA, 2009)

<b>Concepto</b>	<b>U/medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P/unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Costo directo</b>				<b>6,860.00</b>
<b>Renta de la tierra</b>				<b>600</b>
<b>Mano de obra</b>				<b>1,740.00</b>
a. Preparación/terrra	Jornal	7.00	60.00	420.00
b. Siembra	Jornal	6.00	60.00	360.00
c. Fertilización	Jornal	4.00	60.00	240.00
d. Limpias	Jornal	4.00	60.00	240.00
e. Control fitosanitario	Jornal	2.00	60.00	120.00
f. Cosecha	Jornal	6.00	60.00	360.00
<b>Depreciación maquinaria y equipo</b>				<b>19.00</b>
a. Aspersora manual	Hora bomba	10.00	1.90	19.00
<b>Insumos</b>				<b>4,501.00</b>
a. Semilla	Libra	128.00	10.00	1,280.00
b. Insecticidas				
-Sistémicos	Litro	2.00	180.00	360.00
-Suelo	Libra	8.00	33.00	264.00
c. Fungicidas				
-Sistémicos	Libra	4.00	95.00	380.00
-Foliares	Libra	2.00	146.00	292.00
d. Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	2.00	245.00	490.00
-Completo	Quintal	4.00	310.00	1,240.00
e. Adherentes	Litro	3.00	65.00	195.00
<b>Costo indirecto</b>				<b>343.00</b>
Imprevistos 5% C.D				343.00
<b>Costo t/hectárea</b>				<b>7,203.00</b>
<b>Costo unitario</b>				<b>300.00</b>

**Figura No. 13. Cuadro de costo estimado de producción por hectárea del cultivo de frijol sin tecnología.**

Parcela	Repetición	Tratamiento	Línea	Días flor	Enfermedades					V. Comercial				Días madurez f.	No. plantas cos.	Peso de gramos	% de humedad	Rendimiento	Kg/Ha.
					MoDo	Mancha a.	Antracnosis	Bacteriosis	Roya	Arquitectura	V. agronómico	Altura planta	calidad del grano						
101	1	1	Mono-URL17																
102	1	5	Vamora-URL17																
103	1	2	Llama-URL17																
104	1	6	Quetzal-URL17																
105	1	4	Patzo-URL17																
106	1	3	Vega-URL17																
201	2	4	Patzo-URL17																
202	2	6	Quetzal-URL17																
203	2	5	Vamora-URL17																
204	2	1	Mono-URL17																
205	2	2	Llama-URL17																
206	2	3	Vega-URL17																
301	3	3	Vega-URL17																
302	3	1	Mono-URL17																

Figura No. 14. Libro de campo con las variables (datos a tomar) (Página 1 de 2)

Parcela	Repetición	Tratamiento	Línea	Días a flor	Enfermedades					V. Comercial					Días madurez f.	No. plantas cos.	Peso de gramos	% de humedad	Rendimiento Kg/Ha.
					MoDo	Mancha	Antracn	Bacterios	Roya	Arquitectura	V. agronomi	Altura	calidad del grano						
303	3	4	Patzo-URL17																
304	3	5	Vamora-URL17																
305	3	2	Llama-URL17																
306	3	6	Quetzal-URL17																
401	4	3	Vega-URL17																
402	4	6	Quetzal-URL17																
403	4	2	Llama-URL17																
404	4	5	Vamora-URL17																
405	4	1	Mono-URL17																
406	4	4	Patzo-URL17																
501	5	6	Quetzal-URL17																
502	5	5	Vamora-URL17																
503	5	4	Patzo-URL17																
304	5	3	Vega-URL7																
505	5	2	Llama-URL17																
506	5	1	Mono-URL17																

Figura No. 15. Libro de campo con las variables (datos a tomar) (Página 2 de 2)

