

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA DE MATERIALES DE FRIJOL  
TESIS DE GRADO

**JORGE MARIO LEONARDO ENRIQUEZ**  
CARNET 20597-10

ZACAPA, MAYO DE 2018  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA DE MATERIALES DE FRIJOL  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**JORGE MARIO LEONARDO ENRIQUEZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS  
HORTÍCOLAS

ZACAPA, MAYO DE 2018  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

## **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. ANGELA NADESHDA NICTE MIRANDA MIJANGOS

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA  
MGTR. EDGAR ROLANDO GUIROLA OSORIO  
LIC. JORGE ARMANDO ROSALES QUAN

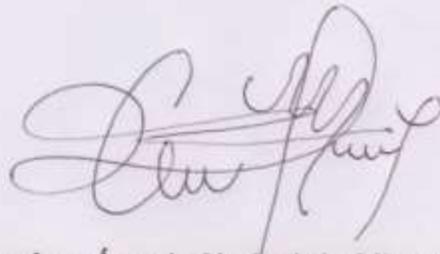
Guatemala, 18 de mayo de 2018

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Jorge Mario Leonardo Enríquez, que se identifica con carné 2059710, titulado: "Evaluación de la Resistencia a Roya de Materiales de Frijol", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ingra. Agr. Ángela Nadezhda Miranda Mijangos

Colegiado 5064

Código URL: 25541



**Universidad  
Rafael Landívar**  
Tradicón Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**No. 06930-2018**

**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JORGE MARIO LEONARDO ENRIQUEZ, Carnet 20597-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0654-2018 de fecha 17 de marzo de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA DE MATERIALES DE FRIJOL**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 18 días del mes de mayo del año 2018.

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



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

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

Mgtr. Edgar Rolando Guirola Osorio, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Gerente General Ing. Agr. Mairor Osorio de Centro de Investigación del Norte (CINOR), del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola

## DEDICATORIA

A:

Dios: Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Jorge Otoniel Leonardo y Ana Leonor Enríquez Pérez a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi familia: Abuelos, hermanas, tíos, primos, que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1 EL CULTIVO DE FRIJOL .....	2
2.1.1 Generalidades del cultivo .....	2
2.1.2 Descripción taxonómica y morfológica del frijol .....	2
2.1.2 Características morfológicas del frijol .....	3
2.1.3 Hábitos de crecimiento del frijol.....	7
2.1.5 Clima y suelo para el cultivo de frijol .....	9
2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo de frijol.....	10
2.2 IMPORTANCIA DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL .....	10
2.3 LA ROYA <i>Uromyces phaseoli</i> .....	13
2.3.1 Clasificación taxonómica de <i>Uromyces phaseoli</i> .....	13
2.3.2 Ciclo de vida del patógeno <i>Uromyces</i> sp. ....	14
2.3.3 Ciclo de vida del patógeno <i>Uromyces phaseoli</i> .....	15
2.3.4 Epidemiología de la roya de frijol.....	17
2.3.5 Tipos de razas del hongo <i>U. phaseoli</i> .....	18
2.3.6 Síntomas de la roya del frijol .....	18
2.3.7 Técnicas de control de la roya de frijol.....	19
2.4 ANTECEDENTES .....	20
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	21
III. OBJETIVOS .....	22
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	22
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
IV. HIPÓTESIS.....	23
V. METODOLOGÍA.....	24
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO DE FRIJOL .....	24
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	25
1. ICTA Hunapú .....	25
2. ICTA ligero .....	25
3. Veintitrés líneas avanzadas.....	26
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	27

6.6	MODELO ESTADÍSTICO.....	27
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	27
6.8	CROQUIS DE CAMPO .....	28
	.....	28
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	28
6.10	VARIABLES DE RESPUESTA.....	29
6.10.1	Evaluación de la roya del frijol .....	29
1.	Incidencia de la roya del frijol .....	29
2.	Severidad de la roya de frijol .....	30
	.....	30
6.10.2	Componentes fenológicos del frijol.....	31
6.10.3	Componentes de rendimiento .....	31
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	32
1.	Análisis estadístico.....	32
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	33
7.1	EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA DEL FRIJOL .....	33
7.1.1	Incidencia de la roya en el cultivo de frijol .....	33
7.1.2	Severidad de la roya en el cultivo de frijol .....	36
7.2	COMPONENTES FENOLOGICOS DE 25 MATERIALES DE FRIJOL .....	38
7.2.1	Días a floración .....	38
7.2.2	Días a madurez fisiológica .....	42
7.2.3	Días a cosecha .....	44
7.3	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO .....	44
7.3.1	Promedio del número de vainas por planta.....	44
7.3.2	Promedio de granos por vaina .....	47
7.3.3	Peso promedio de 100 granos de frijol.....	49
7.4	RENDIMIENTO DE LOS MATERIALES DE FRIJOL .....	51
VIII.	CONCLUSIONES.....	54
IX.	RECOMENDACIONES .....	55
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	56
XI.	ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de frijol (Yzarra y López, 2015). .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2. Croquis de los tratamientos en campo.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 3. Escala diagramática de la severidad de porcentaje de foliar afectado, de roya causado por <i>Uromyces phaseoli</i> (CIAT, 1987). .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 4. Porcentaje de incidencia a los 30, 45 y 60 dds en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 5. Análisis de Medias de Tukey para la incidencia de roya a los 60 dds en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 6. Porcentajes de severidad de la roya a los 30, 45 y 60 dds en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 7. Análisis de Medias de Tukey para la severidad de la roya a los 60 dds de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 8. Promedio de días a floración de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 9. Análisis de Medias de Tukey para días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 10. Análisis de Medias de Tukey para días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 11. Análisis de Medias de Tukey para días a cosecha de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V. 2017.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 12. Análisis de Medias de Tukey para el número promedio de vainas por planta en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 13. Promedio de granos por vaina en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 14. Peso promedio de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017. ....</b>	<b>50</b>

**Figura 15. Análisis de Medias de Tukey para el peso promedio de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017..... 51**

**Figura 16. Análisis de Medias de Tukey para el rendimiento de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017..... 52**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Tratamientos evaluados para la resistencia de la roya de frijol, en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.....</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 2. Escala para la medicion de severidad de roya de frijol. ....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 3. Análisis de varianza para la incidencia de la roya a los 60 días después de la siembra de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>35</b>
<b>Cuadro 4. Análisis de varianza para la severidad de la roya a los 60 días después de la siembra de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>38</b>
<b>Cuadro 5. Análisis de varianza para los días a floración de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017. ....</b>	<b>41</b>
<b>Cuadro 6. Análisis de varianza para los días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 7. Análisis de varianza para los días a cosecha de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, B.V., 2017.....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 8. Análisis de varianza para el número de vainas por planta en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 9. Análisis de varianza para bloques completos al azar según el número de vainas por planta en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017. ....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 10. Análisis de varianza para el promedio de granos por vainas en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.....</b>	<b>50</b>
<b>CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE 25 MATERIALES DE FRIJOL, CINOR, SAN JERÓNIMO, B. V., 2017.....</b>	<b>52</b>

# EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A ROYA DE MATERIALES DE FRIJOL

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz y tuvo como objetivo “Evaluar la respuesta de 25 materiales promisorias de frijol común ante el agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*)”. El material experimental utilizado fueron plantas de veintitrés líneas promisorias de frijol negro, una variedad resistente (ICTA Hunapú) y otra susceptible (ICTA Ligero) a la roya, estos últimos fueron los testigos en el estudio. El diseño experimental utilizado fue bloques incompletos alfa látice conformado por veinticinco tratamientos y tres repeticiones. Las variables de respuesta fueron: incidencia y severidad de la roya; componentes fenológicos del frijol; y componentes del rendimiento. Los resultados obtenidos mostraron en la evaluación de la roya de frijol, el menor porcentaje de incidencia y severidad se encontró ICTA Hunapú, con 7.00 y 26.67% respectivamente. En lo relacionado al desarrollo de los componentes fenológicos se mostró significancia para días a floración y madurez fisiológica, no así para los días a cosecha no obstante los genotipos mostraron ser tardíos debido a que fueron cosechados entre los 84 a 101 días después de la siembra. Se determinó el material ICTA Hunapú con la mayor producción de grano. Por lo anterior, se recomienda para la producción del cultivo de frijol en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, el uso del material ICTA Hunapú debido a su rendimiento en grano y resistencia al ataque de la roya.

## I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, el frijol es consumido en todo el país, siendo fuente de ingresos para pequeños y medianos productores. Esta leguminosa es sembrada bajo condiciones de secano, generalmente en terrenos de ladera en asociación con maíz, en suelos poco fértiles, con problemas de enfermedades y manejo agronómico. Los productores de frijol en su mayoría son pequeños agricultores, orientados a la producción para el autoconsumo, sin descartar la existencia de áreas donde los agricultores producen para el mercado.

La importancia del frijol, radica en que es uno de los alimentos predilectos de la población, por su valor accesible y el contenido de grasas y proteínas, incluso su valor nutritivo es únicamente superado por la soya y la arveja. Actualmente existen pocos materiales de frijol con alta adaptación para todas las zonas productoras del país. Como cualquier otro cultivo el frijol sufre daños y pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades, para el caso de Guatemala incide en mayor proporción la roya causada por el patógeno *Uromyces phaseoli*. En la actualidad el método más eficiente y económico para el control de la roya del frijol es el uso de variedades resistentes o tolerantes.

Los rendimientos del material genético existente en el país, y específicamente para el municipio de Baja Verapaz no compensan la inversión realizada por los pequeños y medianos agricultores, por lo que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) en el Centro de Innovación del Norte (CINOR), viene realizando investigaciones en el mejoramiento de este cultivo a través de la evaluación de materiales promisorios que presenten buenas características sanitarias, especialmente para el control de la enfermedad de la roya.

Por lo expresado, el objetivo de esta investigación fue identificar y cuantificar resistencia a la roya de 23 líneas promisorias y dos variedades comerciales de frijol durante la época seca del año 2017, en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 EL CULTIVO DE FRIJOL

#### 2.1.1 Generalidades del cultivo

Para Paredes, Guevara y Bello (2006), los estudios arqueológicos revelan que el frijol, del género *Phaseolus*, se origina en el continente americano. Dentro de la zona de México y Guatemala debido a que en estos países se encuentra una gran diversidad de variedades tanto en forma silvestre de los cinco grupos más cultivados (*P. vulgaris*, frijol común; *P. acutifolius*, frijol tépari; *P. lunatus*, frijol lima; *P. coccineus*, frijol escarlata; y *P. polyanthus*, frijol anual como en forma de cultivo (Freytag y Debouck, 2002).

Al principio del siglo XVI, durante la Conquista española, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Once años después el producto es distribuido por comerciantes portugueses en la región de África Oriental, a partir de donde los árabes, que mercadeaban con esclavos, se encargaron de diseminarlo a todo el territorio africano (Voysest, 2000).

En América Latina la especie *Phaseolus vulgaris* se ha registrado con distintos nombres, cuando se consume el grano seco lo identifican como fríjol, frisol, fréjol, frejol, habichuela, poroto, caranota, chuwi, habilla, judía, alubia. Al ser ingerido, como legumbre se le denomina ejote, poroto verde, chaucha, habichuela, vainita y tabla. Los ingleses lo denominaron beans por su semejanza con un insecto llamado *bean weevil* (Flores, 2004).

#### 2.1.2 Descripción taxonómica y morfológica del frijol

De acuerdo a Valladares (2010), la clasificación taxonómica del frijol es la siguiente:

Reino	<i>Plantae</i>
Sub Reino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnolipsida</i>

Sub Clase	<i>Rosideae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Sub Familia	<i>Faboideae</i>
Tribu	<i>Phaseoleae</i>
Sub Tribu	<i>Phaseolinae</i>
Genero	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i>

### 2.1.2 Características morfológicas del frijol

Las características morfológicas del frijol son las siguientes:

La raíz, en la primera etapa de desarrollo, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. A los pocos días de la emergencia de la radícula, es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud. En general, el sistema radical es superficial, debido a que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo (Samayoa, 2010; Arias, Jaramillo y Rengifo, 2007, Debouck e Hidalgo, 1984).

Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación incluso dentro de una misma variedad. *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. (Samayoa, 2010; Arias, et al., 2007).

Estos nódulos son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta. La composición del sistema radical del frijol y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, etc. (Samayoa, 2010; Arias, *et al.*, 2007).

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristemo tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en el tallo. El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis (Valladares, 2010; Arias, *et al.*, 2007).

El tallo es el resultado de un proceso dinámico de construcción activa desde sus primeras etapas de crecimiento por parte de un grupo de células situadas en su parte final, llamada meristemo terminal. Este proceso de construcción incluye también la formación de otros órganos en los nudos y la de los entrenudos. El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas, y puede ser erecto, semipostrado y postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad (Samayoa, 2010; Debouck e Hidalgo, 1984).

Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo, de modo que pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado. El tallo empieza en la inserción de las raíces. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo se llama hipocótilo. El siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas. Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias se encuentra un entrenudo real llamado epicotilo. (Arias, *et al.*, 2007).

Para Parsons (2009), las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en las axilas, formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o rama, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar, que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo. De éste, además de ramas, se pueden desarrollar otras estructuras, como las inflorescencias. El predominio de ramas o inflorescencias depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. De acuerdo al Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal -CENTA- (2008), las tres yemas forman un complejo axilar llamado tríada, y pueden tener un desarrollo diferente que puede ser de tres tipos:

Tipo 1: Desarrollo completamente vegetativo, si las tres yemas son vegetativas.

Tipo 2: Desarrollo floral y vegetativo, si existen yemas florales y vegetativas.

Tipo 3: Desarrollo completamente floral, si las tres yemas son yemas florales.

Para el CENTA (2008), el desarrollo de la estructura de la planta se limita a los tres casos de desarrollo de las tríadas, tanto en el tallo como en las ramas. En los hábitos determinados se presentan los tipos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los tipos 1 y 2.

Las hojas del frijol son de dos tipos, simples y compuestas, y están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples, aparecen en el segundo nudo del tallo, se forman en la semilla durante la embriogénesis, y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada (Espinoza, 2009; Arias, *et al.*, 2007).

Las hojas compuestas trifoliadas son las hojas típicas del frijol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular que siempre son visibles (Espinoza, 2009; Arias, *et al.*, 2007).

Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico, se consideran como racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral)

que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis. En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales (Valladares, 2010; Arias, *et al.*, 2007).

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados, el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila en su estado inicial, está envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola, que aún está cerrada, sobresale, y las bractéolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre (Valladares, 2010; Arias, *et al.*, 2007).

La morfología floral del frijol favorece el mecanismo de autopolinización, debido a que las anteras están al mismo nivel del estigma y, además, ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce el derrame del polen (antesis), éste cae directamente sobre el estigma (Cabrera y Reyes, 2015).

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar (Fernández, *et al.*, 2006).

La semilla no posee albumen, por tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Puede tener varias formas: ovalada, redonda y cilíndrica. La semilla tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo. La combinación de colores también es muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales de frijol (Arias, *et al.*, 2007; Fernández, *et al.*, 2006).

### **2.1.3 Hábitos de crecimiento del frijol**

Según Cabrera y Reyes (2015), el tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, con dos probabilidades, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Una es que termina en una inflorescencia que al aparecer, normalmente, el tallo cesa su crecimiento y, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado. En la otra el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo, formando más nudos y entrenudos, en este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado. Cuando la planta es de hábito de crecimiento determinado el tallo posee, por lo general, un bajo número de nudos, y en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado el número de nudos es mayor.

Para Cabrera y Reyes (2015), los principales caracteres morfo agronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

1. El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
2. El número de nudos.
3. La longitud de los entrenudos y, en consecuencia, la altura de la planta.
4. La aptitud para trepar.
5. El grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definida como la parte del tallo o de las ramas que sobresale por encima del follaje del cultivo.

Para Basantes (2015) y el CENTA (2008), los hábitos de crecimiento pueden ser agrupados en cuatro tipos principales, siendo estos los siguientes:

Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo y de acuerdo a Basantes (2015) y el CENTA (2008), las características son las siguientes:

1. El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada.
2. En general, el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de cinco a diez, normalmente cortos.

3. La altura puede variar entre 30 a 50 cm; sin embargo, hay casos de plantas enanas, más cortas.
4. La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.

Tipo II: hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, y de acuerdo a Basantes (2015) y el CENTA (2008), las características son las siguientes:

1. Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta. Las ramas no producen guías.
2. Pocas ramas, pero con un número superior al tipo I, y generalmente cortas con respecto al tallo.
3. El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I, generalmente más de 12.
4. Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III: hábito de crecimiento indeterminado postrado, y de acuerdo a Basantes (2015) y el CENTA (2008), las características son las siguientes:

1. Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
2. La altura de las plantas es superior a la de las plantas del tipo I, generalmente mayor a 80 cm.
3. El número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II; así mismo la longitud de los entrenudos, y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
4. El desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura de la planta. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa; otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Pueden presentar aptitud trepadora.

Tipo IV: hábito de crecimiento indeterminado trepador. Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico hábito trepador. De acuerdo a Basantes (2015) y el CENTA (2008), las características son las siguientes:

1. A partir de la primera hoja trifoliada, el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad trepadora.
2. Las ramas muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
3. El tallo, el cual puede tener de 20 a 30 nudos, puede alcanzar más de 2 m de altura con
4. un soporte adecuado.
5. La etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan, a un mismo tiempo, la etapa de floración, la formación de las vainas, el llenado de las vainas y la maduración.

### **2.1.5 Clima y suelo para el cultivo de frijol**

De acuerdo a Hernández (2009), el cultivo de frijol se adapta bien desde los 200 hasta los 1500 msnm. Requiere entre 300 a 400 mm de agua, según la duración del ciclo vegetativo y las características climáticas. Las plantas de frijol consumen la mayor cantidad de agua en las etapas de floración y llenado de vainas. En estas etapas las plantas son más sensibles al déficit de agua, afectando seriamente los rendimientos. El exceso de humedad hace escasear el nitrógeno disminuyendo el desarrollo de la planta, además, se favorece el ataque de patógenos que causan enfermedades.

El frijol requiere de humedad adecuada en el suelo para que haya un buen crecimiento, formación y llenado del grano. A la vez requiere de un periodo seco o de poca precipitación al final del ciclo, para favorecer el proceso de maduración y cosecha (Hernandez, 2009).

La planta de frijol se desarrolla de forma adecuada en temperaturas promedio entre 15 a 27 °C, considerando que largos periodos con altas temperaturas aceleran el crecimiento

de las plantas y las bajas lo retardan, causando daños irreversibles cuando son extremas. Teniendo en cuenta que el frijol es una especie de días cortos, la siembra en épocas adecuadas permite limitar la influencia de días de más de 6 horas de luz, que podrían retardar su proceso de floración y madurez (Ríos y Quirós, 2002).

El cultivo de frijol se desarrolla de manera adecuada en suelos franco-limosos y franco-arcillosos, bien drenados y profundos, que permitan un buen desarrollo radicular. El pH del suelo, debe estar entre 5.5 a 6.5 (Arias *et al.*, 2007).

### **2.1.6 Etapas fenológicas del cultivo de frijol**

Las etapas de fenológicas del frijol se dividen en desarrollo vegetativo (emergencia, hojas principales, primera y tercera hoja trifoliada) y desarrollo reproductivo (prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración), requiriéndose de 62 a 77 días después de la siembra para completar la madurez. La planta del frijol se caracteriza por sus hábitos de crecimiento arbustivo y voluble, los cuales se relacionan con el periodo de maduración de la plántula; el arbustivo presenta un tiempo de maduración corto mientras el voluble es por etapas; es decir, en lapsos de tiempo (Rosas, 2003). En la Figura 1, se describen de acuerdo a Yzarra y López (2015), cada una de las etapas fenológicas del frijol.

## **2.2 IMPORTANCIA DE VARIEDADES MEJORADAS DE FRIJOL**

Según (Voysesst, 1983). Las variedades de frijol se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios, Si se considera la forma de consumo, se debe considerar que hay variedades para consumo como grano seco, y como grano y vaina verde; desde el punto de vista agronómico generalmente se utilizan características como la duración del período vegetativo, se habla de variedades precoces o tardías; si se considera la reacción al fotoperiodo entonces se habla de variedades sensibles, insensibles o neutras; la reacción a ciertos factores limitantes de la producción inmediatamente ubica a las

variedades en resistentes y susceptibles, Quizás una de las características más importantes para clasificar las variedades desde el punto de vista agronómico sea el hábito de crecimiento entonces se tiene hábito determinado (Tipo 1) o indeterminado (Tipos 2, 3 y 4) (Voysesst, 1983).

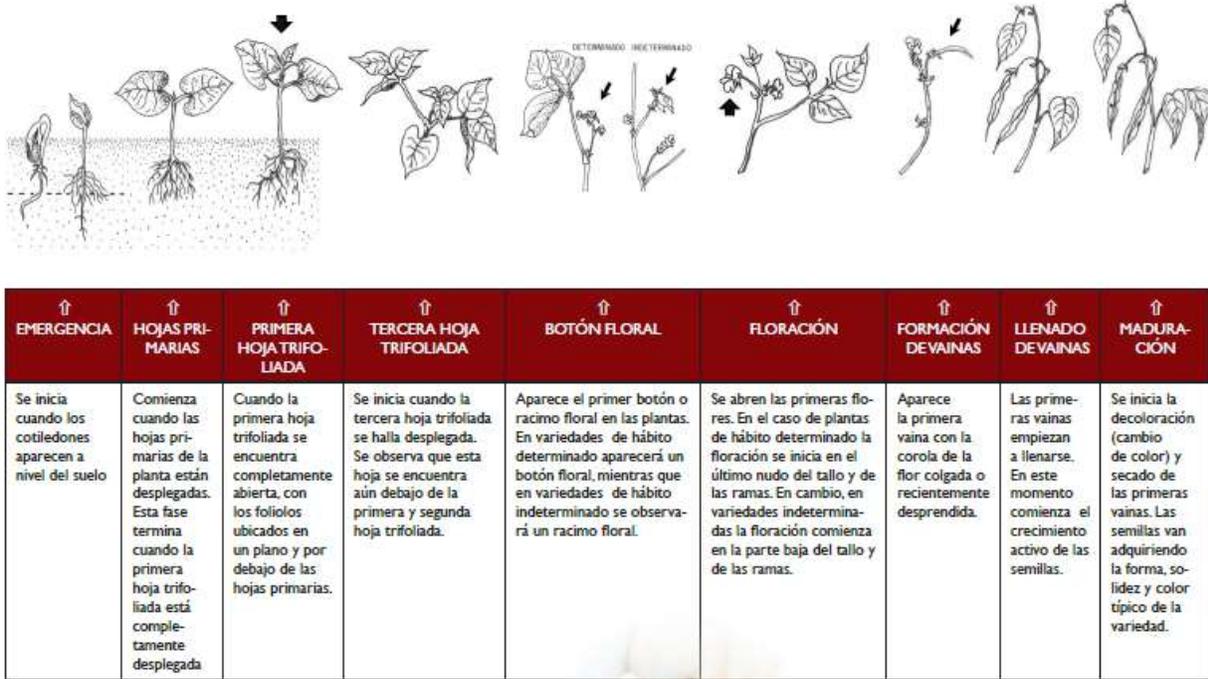


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de frijol (Yzarra y López, 2015).

Según Voysesst (1983), los criterios varían también respecto al tamaño de la semilla, El tamaño se determina por el peso de 100 granos y los materiales se clasifican en tres grupos, de la siguiente manera:

1. Pequeño hasta 25 g/100 semillas
2. Medianos entre 25 y 40 g/100 semillas
3. Grandes mayores de 40 g/100 semillas

Es difícil precisar con exactitud cuándo se inició el mejoramiento de frijol en América Latina como una actividad organizada. En las primeras etapas de mejoramiento se seleccionaron, sobre todo, materiales nativos cultivados por los agricultores; de ahí

nacieron las variedades de frijol identificadas con nombres generalmente asociados con el color del grano, negro, rojo, amarillo o en forma figurada canario, azufrado, pintado. También se identificaron variedades por alguna característica fenológica o por su hábito de crecimiento (Voyses, 1983).

A pesar de que en Guatemala se trabaja en frijol desde 1949, muchas de las variedades mejoradas provienen de selecciones hechas en materiales de otros países; por su parte, la amplia variabilidad genética existente en el país ha sido utilizada por otros países para desarrollar sus materiales mejorados. Por ejemplo, la variedad Turrialba 4 obtenida por el IICA.CTEI en Costa Rica procede de una elección individual hecha entre un gran número de plantas coleccionadas por el IICA en Guatemala; a esta selección se asignó el código 51052 y más tarde el nombre de Turrialba 4, con el que actualmente se cultiva en muchos países. En 1972, el programa guatemalteco de frijol bautizó la línea 51052 con el nombre de Ipala 72. La variedad salvadoreña Porrillo No. 1 fue lanzada en 1977 en Guatemala como variedad con el nombre de Culma. Todas las variedades introducidas fueron discontinuadas (Voyses, 1983).

Aun cuando los programas de mejoramiento genético han liberado una cantidad considerable de variedades de frijol con características relevantes de productividad y aceptación por el consumidor, el uso de semilla certificada es muy escasa, debido a que cerca del 78% de los productores usan el grano de cosechas anteriores o conseguido con otros productores (Ávila, Jacobo, Rosales, Espinoza, González y Pajarito, 2012).

La calidad de semilla la determina un conjunto de características que se conforman en el establecimiento y desarrollo de las plantas en campo donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juega un papel importante. La calidad física se refiere a pureza analítica; esta se refiere al grado de contaminación con semillas extrañas y material inerte. El tamaño y el peso son indicadores de la excelencia de la semilla, el color y el peso son características propias de cada genotipo (Ávila *et al.*, 2012).

La calidad de la semilla es un factor de suma importancia para la obtención de altos rendimientos. Se dice que un lote de semilla posee buena calidad genética cuando conserva su pureza genética. La calidad de semilla de frijol se puede resumir en tres componentes: el componente genético que define las características de la planta en cuanto a adaptación, resistencia y susceptibilidad al ataque de agentes patógenos y el tipo de grano (color, tamaño, forma); el componente sanitario se refiere a la presencia o ausencia de patógenos que pueden transmitirse de un cultivo a otro y finalmente, el componente fisiológico que está relacionado con el tamaño y la calidad, y la calidad de nutrientes que posee en su interior para nutrir a la planta y darle madurez y viabilidad y vigora (Arias *et al.*, 2007).

La calidad de la semilla no está determinada por el aspecto físico de la semilla tamaño, uniformidad y color, estas tres características no garantizan ni pureza, ni porcentaje de germinación y vigor. La calidad de la semilla depende del manejo agronómico que reciban las plantas en el campo y del proceso de beneficio (Jasso y Martínez 2012; Araya y Hernández 2007).

La semilla de calidad tiene un porcentaje de germinación alto, debe estar bien seca, pura, todas las semillas deben ser de la misma variedad y tener un tamaño homogéneo, debe estar libre de materiales extraños, basura o semillas de otras especies o malezas, no debe tener daños, rota, arrugada o con moho, sin decoloraciones ni manchas, o daños de insectos, sin podredumbres (David, 1998).

## **2.3 LA ROYA *Uromyces phaseoli***

### **2.3.1 Clasificación taxonómica de *Uromyces phaseoli*.**

De acuerdo Buriticá (1991), la clasificación taxonómica de la roya del frijol, es la siguiente:

<b>Reino</b>	<i>Fungi</i>
<b>División</b>	<i>Basidiomycota</i>
<b>Subfilum</b>	<i>Pucciniomycotina</i>

<b>Clase</b>	<i>Pucciniomycetes</i>
<b>Subclase</b>	<i>Incertaesedis</i>
<b>Orden</b>	<i>Pucciniales</i>
<b>Familia</b>	<i>Pucciniaceae</i>
<b>Género</b>	<b><i>Uromyces</i></b>
<b>Especie</b>	<b><i>Uromyces phaseoli</i></b>

### 2.3.2 Ciclo de vida del patógeno *Uromyces* sp.

Un número de patógenos relacionados conocidos como los hongos de la roya (*Uromyces* sp.) causan enfermedades en diversos cultivos. Estos patógenos, a diferencia de la mayoría de hongos patógenos de plantas, se caracterizan por un requisito absoluto para hospedante compatible para el crecimiento y reproducción, es decir; que tiene un ciclo de vida autoico macro cíclico (completa enteramente su ciclo de vida en la planta hospedante). Estos hongos requieren estar en contacto con el tejido del hospedante para la producción de esporas y todos los demás aspectos de su ciclo de vida, excepto la germinación de las esporas (Pernezny y Kucharek, 1999).

Las royas también se caracterizan por tener ciclos de vida complejos, especialmente en las regiones templadas. Tres o cuatro diferentes etapas de desarrollo (con esporas igualmente distintas) pueden ocurrir durante la realización de un ciclo de reproducción. Algunos hongos de moho requieren plantas hospederas para completar el ciclo de vida (Pernezny y Kucharek, 1999).

Dos de las etapas del hongo de la roya, aecios y espermogonia, están asociados con la parte del ciclo de vida del hongo en que combinación de tipos de apareamiento y re asociado con material genético. El espermogonio es las estructuras donde apareamiento ocurre realmente. Aecios son consecuencia directa del crecimiento del hongo después de aparearse; se caracteriza por la formación de ampollas naranja en la planta huésped con aeciosporos que maduran cuando el hongo rompe la epidermis del huésped. (Bernal, Díaz, Quintero, Quiñones y Ruiz, 2004; Pernezny y Kucharek, 1999).

Aeciosporos se transmiten fácilmente por las corrientes de aire. El espermagonio y aecios generalmente se forman en una planta no cultivada, comúnmente conocida como huésped alternativo. El huésped alternativo puede servir como un reservorio del patógeno en la ausencia de la planta de cultivo. En plantas cultivadas en áreas tropicales y subtropicales, los hongos de que producen la roya a menudo se encuentran casi exclusivamente en una parte del ciclo de vida conocida como etapa uredial. En esta etapa se producen masas de esporas llamadas uredosporas por simple reproducción asexual. El tiempo entre las generaciones de estas uredosporas puede ser tan corto como cinco días, y las esporas se transmiten fácilmente por las corrientes de aire. Como el cultivo madura y el tejido presenta daños mecánicos, el hongo puede formar otro tipo de espora, llamada una Teliospora. Teliosporas dan lugar a basidiosporas que son capaces de infectar el huésped alternativo. Otra fuente de los hongos de la roya son las uredosporas que son transportadas por las corrientes de aire desde sitios distantes donde se desarrollan las esporas en las plantas de cultivo infectado (Bernal *et al.*, 2004; Pernezny y Kucharek, 1999).

### **2.3.3 Ciclo de vida del patógeno *Uromyces phaseoli***

Entre las principales enfermedades fúngicas que ataca al frijol se encuentra la roya también conocida como canelilla, chahuixtle, herrumbre, zaratán o ladrillo, la cual es causada por el hongo fitopatógeno *Uromyces phaseoli* (Pers) Wint. var. *typica* Arthur (González, 1988). Su incidencia abarca todo el territorio nacional y se produce de noviembre a febrero, y son diciembre y enero los meses de mayor de incidencia. Por esta razón las siembras tempranas evaden la enfermedad, pero las que se realizan de noviembre a enero son severamente afectadas (Quintero, Gil, Guzmán y Castillo, 2004).

Se ha encontrado distribuida en las principales regiones productoras de Guatemala y América Latina en las cuales cultivan variedades altamente susceptibles, los daños han hecho prácticamente incosteable el cultivo. (Bernal, Cuevas, Quintero, Quiñones, Díaz, Saucedo y Herrera, 2012).

Las teliosporas, después de pasar un periodo de latencia, puede germinar para producir basidios y basidioporas que infectan la hoja del hospedante produciendo picnidios. Mediante fertilizaciones cruzadas entre las picniosporas se produce un ecidio y se desarrollan ecidiosporas que infectan la hoja y produce pústulas uredicas (Bernal, Cuevas, Quintero, Quiñones, Díaz, Saucedo y Herrera, 2012).

Los uredos a su vez producen uredosporas que también infectan la planta, produciendo más uredos y suscitando infecciones repetidas durante la mayor parte del periodo de crecimiento. A medida que los uredos aumentan de edad, y si las condiciones son apropiadas, producen teliosporas de paredes gruesas (Bernal *et al.*, 2012).

La temperatura óptima para la germinación de urediosporas es de 17.5 a 22.5 °C. La germinación ocurre entre 10 a 25 °C. Las urediosporas no germinan por debajo de los 4 °C y por arriba de los 27.5 °C. Después de la infección, los síntomas se pueden observar en unos cinco días y las esporas se producen en otros cinco a diez días (Quintero *et al.*, 2004).

El color característico de las pústulas es debido a la producción de grandes masas de uredosporas del hongo. Si no está debidamente controlada, gran parte de las pústulas pueden acumularse en la superficie de la hoja y provocar la caída de estas. Síntomas similares aparecen algo más adelante y más escasamente en la superficie superior de las hojas. En variedades muy susceptibles, pústulas están a menudo rodeadas por halos llamativos, de color amarillo. En variedades resistentes los síntomas pueden consistir solamente de pequeñas manchas necróticas (Bernal *et al.*, 2012).

Los ciclos posteriores de la infección dependen exclusivamente de las uredosporas que tienen la capacidad de germinar y producir hifas infecciosas que infectan la planta y forman nuevos uredos; en estos se desarrollan nuevas uredosporas y finalmente las teliosporas. Las teliosporas son producidas por muchas razas, pero no por todas ellas (Quintero *et al.*, 2004; Buruchara, Mukankusi y Ampofo, 2010).

Las teliosporas de *Uromyces phaseoli* requieren un periodo de latencia antes de germinar, se ha hallado que las teliosporas provenientes de hojas de frijol germinan entre 9 a 48 meses de estar almacenadas en un refrigerador, a 4°C y 70% de humedad relativa, previa incubación en un ambiente adecuado. El almacenamiento a 18 o 20°C reduce drásticamente su poder germinativo (Quintero *et al.*, 2004; Buruchara *et al.*; 2010).

Las pústulas de la roya características de esta enfermedad en el cultivo de frijol son generalmente evidentes en las hojas. Los síntomas de la roya comienzan como pústulas blanquecinas, minutos, ligeramente levantadas. Más tarde, estas pústulas se convierten en los puntos distintos, circular, color marrón rojizo en el envés de las hojas que fácilmente identifican la enfermedad. Este patógeno (*U. phaseoli*), a diferencia de la mayoría de los hongos de roya, no requiere un huésped alternativo para la terminación de su ciclo de vida (Quintero *et al.*, 2004; Bernal *et al.*, 2012; Buruchara *et al.*; 2010).

#### **2.3.4 Epidemiología de la roya de frijol**

La infección por medio de uredosporas de *Uromyces phaseoli* es favorecida por periodos prolongados (entre 10 a 18 horas) de humedad, una humedad relativa superior a 95% y temperaturas moderadas, entre 17 a 27 °C facilita la germinación de las uredosporas. La temperatura óptima es de entre 16 a 24 °C, a temperatura mayor 32 °C pueden matar el hongo, mientras que las temperaturas inferiores a 15 °C retardan el desarrollo del patógeno (Buruchara *et al.*, 2010; Stavely, 1984).

El periodo de latencia para el desarrollo de los uredos, medido desde el momento de la inoculación hasta cuando se presenta una abertura del 50% en la superficie adaxial de la hoja, varía entre siete a nueve días, bajo temperaturas constantes en el aire de entre 16 a 24 °C, al nivel de la cubierta foliar. Las uredosporas y teliosporas pueden invernar en los residuos del cultivo y en los tutores de madera usados para el frijol trepador, también pueden ser transportadas a grandes distancias por el viento (Buruchara *et al.*, 2010; Stavely, 1984).

### **2.3.5 Tipos de razas del hongo *U. phaseoli***

Para Montero, Acosta, Guerrero, Sánchez, González (2010), en la variación en el tamaño de pústula, prominencia de halos y otros síntomas son debidos, en parte, a la variedad de razas del hongo de la roya. Cada raza es patógena en una combinación específica de variedades de frijol. Si se plantan variedades resistentes a las razas específicas en un escenario dado, control de la roya puede ser muy bueno. Sin embargo, nuevas razas del patógeno aparecerán casi tan rápido como se lanzan nuevas variedades. Como resultado, la mayoría de las variedades de frijol es susceptible a una o más razas del hongo que produce la roya.

### **2.3.6 Síntomas de la roya del frijol**

Los síntomas característicos de la enfermedad se manifiestan principalmente en el follaje, aunque también son atacados por el patógeno los peciolos, vainas y tallos. Al inicio del ataque se observan en las hojas pequeñas manchas de forma irregular de color verde pálido o blanquecinos ligeramente abultados los cuales se manifiestan con mayor claridad en el envés. Cuando las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad las pequeñas manchas desarrollan rápidamente formando entonces pequeñas pústulas de entre 1 a 2 mm de ancho rodeadas de un halo amarillo las cuales al liberar las esporas que se caracterizan por presentarse como un polvo fino de color ladrillo, de donde toma su nombre la enfermedad rompen la cutícula de las hojas (Araya y Hernández, 2006).

Cuando la planta llega a su madurez la enfermedad avanza rápidamente infectando toda la hoja con pústulas que varían de tamaño dependiendo de la susceptibilidad de las variedades utilizadas. Las pústulas se tornan entonces de un color oscuro formándose entonces las llamadas teliosporas o semillas del hongo que son la principal fuente de inóculo de un ciclo al otro. Cuando el ataque es muy severo la planta infectada presenta un típico color ladrillo debido a la gran cantidad de esporas localizadas en el envés de las hojas. Si el ataque ocurre en la etapa de floración ocasiona la caída de flores y una

defoliación severa lo que repercute en la disminución del rendimiento. Si el ataque ocurre después de la floración o cuando las vainas ya se han formado los daños causados por el ataque del hongo son consideradas leves. Esta enfermedad no es transmitida por la semilla (Araya y Hernández, 2006).

### **2.3.7 Técnicas de control de la roya de frijol**

De acuerdo a Basantes (2015) y a IICA, COSUDE y Proyecto RED SICTA (2014), las técnicas para el manejo de la roya de frijol, pueden ser:

1. Destrucción de cultivo pronto después de la cosecha es muy importante en el control de la roya. Si los campos son abandonados después de la cosecha y no destruidos, el patógeno puede seguir desarrollándose y servir como una fuente importante de inóculo para los campos en plena producción. Se han observado nubes marrones de literalmente millones de esporas de moho por encima de campos abandonados en ráfagas de viento. Tales cargas de inóculo pueden dificultar el control incluso con el programa más intensivo de fumigaciones de productos plaguicidas.
2. Actualmente, el método más importante para el control de moho son las aplicaciones periódicas preventivas de fungicidas. Puede realizarse de forma aérea o en tierra, pero este último es el más recomendado, debido a que la cobertura superior de la parte inferior de las hojas y mejor penetración del fungicida en el dosel de la planta. Iniciar el programa antes de la primera señal de aparición de los síntomas si es un problema anual. En la herrumbre es esporádica en ocurrencia, se debe iniciar el programa en el primer con el primer signo de la enfermedad. Pulverizaciones posteriores deben ser a intervalos de entre 5 a 7 días.
3. Además se recomienda, el uso de variedades resistentes; sin embargo, la resistencia genética puede ser relativa debido a la aparición de nuevas razas fisiológicas como consecuencia de la alta variabilidad del agente causal.

## 2.4 ANTECEDENTES

Según Voyset (1983), el programa de frijol en Guatemala, fue iniciando en 1,949, año en que se hicieron ensayos comparativos de rendimiento en La Alameda, Chimaltenango, con material genético introducido de los Estados Unidos. Con la creación del ICTA a comienzos de la década de 1970, el programa de frijol tomo nuevo impulso, la investigación fue centrada, en el frijol negro por ser de mayor consumo lanzando nuevas variedades comerciales.

Staveley (1984), reconoce 19 cultivares de frijol que son resistentes a veinte razas en Estados Unidos y la resistencia de la planta se expresa como limitación en la clasificación de uredias, según el tamaño, se considera es debido a un gen alélico.

La habilidad del fitomejorador es importante, pero por si misma no es suficiente; así como los factores que afectan la adaptación de las plantas. El desarrollo y utilización de nuevas variedades de frijol, mejoradas en sus caracteres morfológicos y fisiológicos, de rendimiento y resistencia/tolerancia a factores ambientales adversos al cultivo, ha permitido en algunas localidades de la región el incremento y estabilización del rendimiento, lo mismo que la incorporación de nuevas áreas a la producción de frijol (Araya, Rodríguez, Molina, y Ramos, 1995).

El ICTA, a través de su Programa Nacional de Frijol, ha liberado variedades con diferentes grados de resistencia y tolerancia a la enfermedad del hongo de la roya como, ICTA Hunapú (1996), ICTA Altense (1989), ICTA Petén (2006). En la actualidad el ICTA evalúa varias líneas experimentales de frijol, que han presentado resistencia a la roya con un buen potencial de rendimiento y arquitectura.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

El frijol común es un cultivo de gran importancia a nivel nacional y mundial no sólo por ser una legumbre de consumo humano sino también por su gran aporte nutricional en la dieta de los seres humanos. En Guatemala su consumo y demanda es elevada, a tal punto que en algunas temporadas la producción nacional no es suficiente para abastecer al mercado nacional. En las últimas décadas son evidentes los esfuerzos de investigación del Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA) por mejorar la resistencia del frijol a diversas enfermedades, especialmente para la roya del frijol.

En el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, es un centro de diversificación de frijol de alto valor comercial que es susceptible a una amplia diversidad de enfermedades, especialmente la roya que dificulta la producción de este cultivo. Esta diversidad resulta importante para la mejora genética de la resistencia, pero también resulta complicado para los mejoradores para crear plantas resistentes a múltiples enfermedades, debido a la diversidad de aislados de patógenos reportados.

El Instituto de Ciencias y Tecnología, en los últimos años ha liberado a los mercados materiales de frijol adaptado a las zonas productoras del país, caracterizado por la resistencia a diferentes patógeno como la roya para alcanzar un alto rendimiento. Además de los materiales liberados, están evaluando materiales promisorios bajo las condiciones edafoclimáticas del área de San Jerónimo, Baja Verapaz, para conocer la adaptabilidad, resistencia a enfermedades, rendimientos y características agronómicas en general.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la roya y determinar el mejor rendimiento del grano de 23 materiales promisorios de frijol y dos materiales testigos (ICTA Hunapú e ICTA Ligero) en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

### **III. OBJETIVOS**

#### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la respuesta de 25 materiales promisorias de frijol común ante el agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*), en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar el desarrollo de la roya (incidencia y severidad) en 25 materiales de frijol común, en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

Evaluar las etapas fenológicas en 25 materiales de frijol común bajo la presencia del agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*), en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

Determinar el rendimiento en 25 materiales de frijol común bajo la presencia del agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*), en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

#### IV. HIPÓTESIS

Al menos uno de los materiales evaluados presenta resistencia a la incidencia y severidad a la roya del frijol, en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

Al menos uno de los materiales evaluados incide en las etapas fenológicas del frijol común bajo la presencia del agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*), en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

Al menos uno de los materiales evaluados incide positivamente en el rendimiento de frijol bajo la presencia del agente causal de la roya (*Uromyces phaseoli*), en el Centro de Innovación del Norte –CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz.

## V. METODOLOGÍA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO DE FRIJOL

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación del Norte (CINOR) del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, localizado en el Barrió Abajo, San Jerónimo, Baja Verapaz, Guatemala. Situado sobre la Ruta Nacional No.17, a 10 kilómetros de la cabecera departamental de Baja Verapaz y 150 kilómetros de la ciudad capital. Ubicado en la Coordenadas Geográficas 15° 03' 46" Latitud Norte y 90° 14' 21" Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 999 metros sobre el nivel del mar.

Según Holdridge (1982), el municipio de San Jerónimo se encuentra en la zona de vida Bosque Seco Subtropical y se encuentra representado por los símbolos de bs-S. En esta zona de vida las condiciones climáticas se caracterizan por días claros y soleados durante los meses en que no llueve y parcialmente nublados durante la época de las lluvias y los meses de enero a marzo. Las principales lluvias se presentan de abril a junio y en otros durante los meses de septiembre a octubre. Las precipitaciones anuales oscilan entre 950 y 980 mm.

La biotemperatura media anual para esta zona de vida está muy cerca de los 22.5 °C y corresponde a una temperatura media anual de alrededor de 26 °C. En las zonas situadas a mayor elevación, la temperatura media anual puede disminuir hasta los 23 °C. La evapotranspiración potencial para esta zona de vida es de 60% (Holdridge, 1982).

Según Simmons, Tárano y Pinto (1959), los suelos del municipio de San Jerónimo son montañosos, las tierras son denominadas kársticas, por mucha presencia de peñascos y siguanes y, pertenece a las Tierras Calizas Altas del Norte, y en su mayoría las pendientes sobrepasan el 50 %, por lo cual el 50 % del territorio, es considerado de vocación forestal y el 20 % es propicio para cultivos hortícolas y el 30 % para cultivos agro-forestales. Los suelos son del tipo Sholanima, Chol, Marajuma y Chicaj.

## **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

El material experimental utilizado fueron plantas de veintitrés líneas promisorias de frijol negro, una variedad resistente (ICTA Hunapú) y otra susceptible (ICTA Ligero) a la roya (*Uromyces phaseoli*), estos últimos fueron los testigos en el estudio.

Las características de los materiales de frijol evaluados fueron:

### **1. ICTA Hunapú**

Es una planta de crecimiento tipo II arbustivo indeterminado de porte erecto sin aptitud para trepar, guía corta, presenta una maduración a los 115 días y cosecha a los 120-135 días después de la siembra, con un rendimiento de 35-40 qq/mz, con tolerancia a Ascochita y Antracnosis y moderadamente tolerante a La Roya. Tiene alta adaptación a localidades del Altiplano medio de Guatemala situadas entre 1600 y 2300 msnm, se adapta a condiciones variables de fertilidad del suelo y responde muy bien a los fertilizantes y a la materia orgánica (ICTA, 2013).

### **2. ICTA ligero**

Es una planta de crecimiento tipo I arbustivo determinado, pero la carga mayor se da en la base de la planta, presenta una floración a los 29-30 días, maduración fisiológica a los 64 días y cosecha a los 71 días después de la siembra, con un rendimiento de 20-30 qq/mz, con resistencia a Mosaico Dorado. Se adapta bien a las alturas hasta 1200 msnm, así como a la siembra en terrenos planos y laderas, su precocidad le permite a las siembras de primera (mayo-junio) escapar a los efectos de canícula, la siembra de segunda (agosto-septiembre) y también se puede sembrar con riego en el mes de febrero (ICTA, 2013).

### 3. Veintitrés líneas avanzadas

Son líneas avanzadas que fueron creadas genéticamente mediante el ICTA, estas líneas de frijol tienen buen potencial de rendimiento, adaptabilidad vegetativa y vegetativa, buena arquitectura de planta y distribución de carga. Alta tolerancia a Roya, mancha angular y mosaico dorado.

#### 6.3 FACTOR ESTUDIADO

Factor estudiado fue la resistencia de los 25 materiales de frijol a la roya (*Uromyces phaseoli*).

#### 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para la resistencia de la roya de frijol, en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

Tratamientos	Nombre de variedades
T1	GORGOJOS 4
T2	GORGOJOS 5
T3	GORGOJOS 6
T4	ICTA LIGERO (Testigo Sensible)
T5	ICTA HUNAPÚ (Testigo Resistente)
T6	PR1(XRV 40-4/PR0301-181)
T7	PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)
T8	ICTA CH-12 ZS-17
T9	ICTA CH-12 SL-3
T10	ICTA CH-12 LXRAV-5
T11	ICTA CH-12 VRZo1-5
T12	ICTA CH-12 SL-21
T13	ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)
T14	ICTA CH-12 VRP-16
T15	ICTA CH-12 Pseq-3
T16	ICTA CH-12 SJU 1040-18
T17	ICTA CH-12 SL-40
T18	ICTA CH-12 SL-19
T19	ICTA CH-12 VRL-6
T20	ICTA CH-12 VRZo1-3
T21	ICTA CH-12 SL-13
T 22	ICTA CH-12 ZJU 1040-3
T 23	ICTA CH-12 SSEQ-1
T 24	ICTA CH-12 SJU 1040-14
T 25	ICTA CH-12 25-43

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue bloques incompleto alfa látice conformado por veinticinco tratamientos y tres repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_{ij} + T_k + e_{ijk}$$

Dónde:

$\mu$  = Media general

$R_i$  = Efecto del tratamiento i

$B_{ij}$  = Efecto del bloque j en el tratamiento i

$T_k$  = Efecto del tratamiento k (donde k puede ser aleatorio o fijo)

$e_{ijk}$  = Efecto del error experimental

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El largo del bloques de siembra del cultivo será de 4.20 metros, la parcela bruta será de 44.60 metros de largo, distanciamiento entre surco de 70 centímetros, ancho de parcela bruta de 41.80 metros, se tendrán 25 surcos con un distanciamiento entre postura de 0.30 centímetros, 3 semillas por postura con 14 posturas por tratamiento dando 350 posturas que tendrá tres repeticiones dando un total de 1,050 posturas en el área experimental.

## 6.8 CROQUIS DE CAMPO

En la figura 2 se presenta el croquis de campo de los tratamientos evaluados en el estudio.

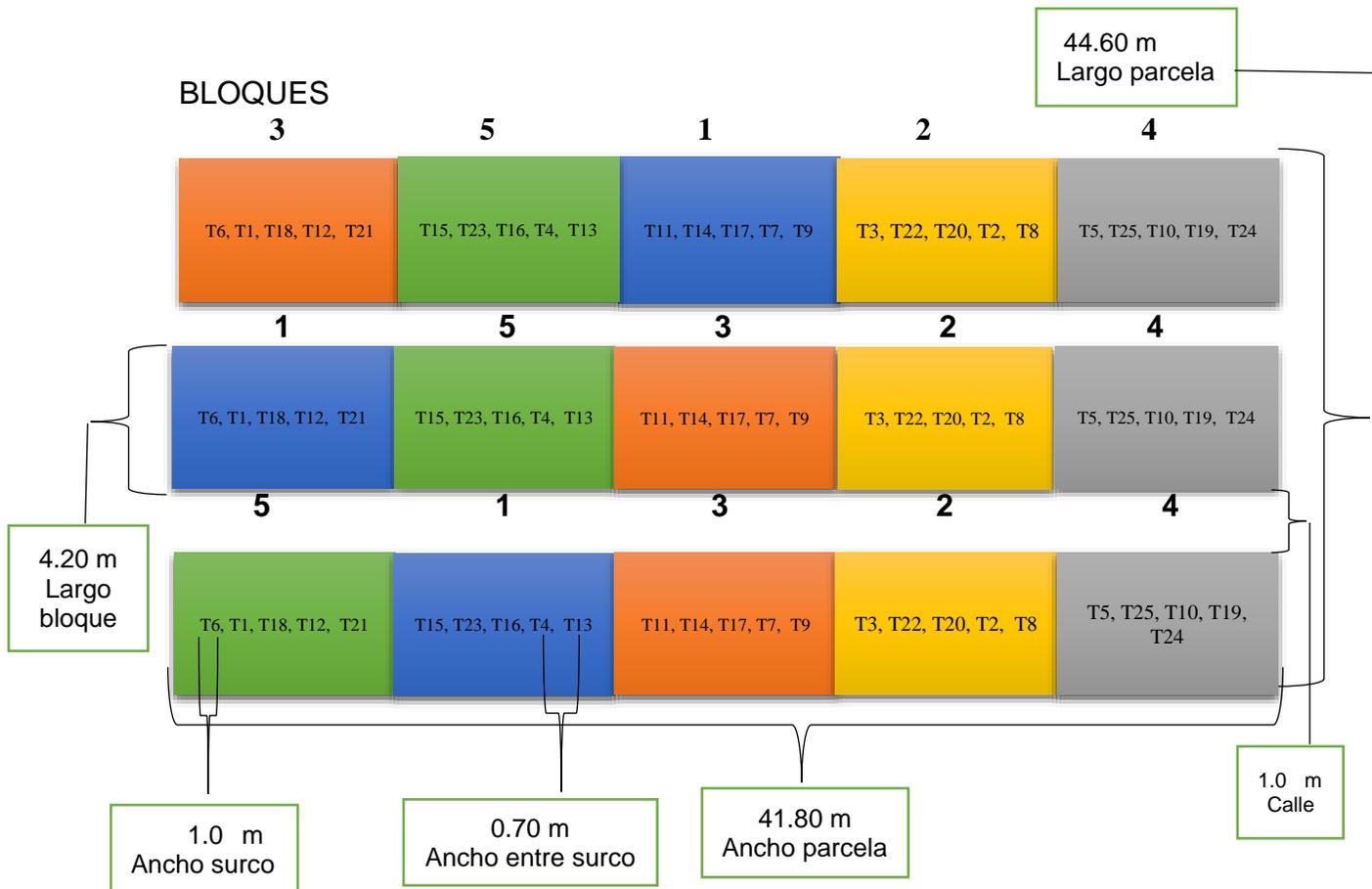


Figura 2. Croquis de los tratamientos en campo.

## 6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

1. Preparación del terreno: se hizo un paso de arado y dos pasos de rastra.
2. Siembra: se utilizó una distancia de 0.70 m entre surcos, 0.30 m entre planta y tres semillas por postura.
3. Fertilización: La fertilización se efectuó al momento de la siembra y se colocó en el fondo del surco. Las dosis de aplicación fueron de 294 kg/ha de triple 15.

4. Manejo de malezas: se realizó de forma manual y química. Control manual, se realizó a los 15 y 30 días después de la siembra, utilizando la herramienta del azadón.

El control químico se efectuó para la eliminación de malezas pre-emergentes y se aplicó el herbicida glifosato (Roundup®) para el control gramíneas a razón de 1.5 l/ha y post-emergentes fomesafen (Flex 25 SL®) a razón de 1.0 l/ha para el control de hojas anchas en el frijol a partir de la tercera hoja trifoliada desarrollada, aproximadamente entre los 31 a 35 días después de la siembra.

5. Cosecha: esta actividad se realizó cuando las hojas y vainas cambiaron de color y al apretarlas se abrieron fácilmente, esto indicó que las plantas y vainas estaban secas.

Se arrancaron y amontonaron las plantas con la raíz hacia arriba para lograr un secamiento rápido y poder aporrearlas. El aporreo se realizó en tendido y cuando la vaina tuvo el secado óptimo para que se abriera fácilmente y no golpear las vainas varias veces y provocar daños físicos a los granos.

Una vez aporreado y soplado el frijol se transportó a un sitio adecuado (en donde se expuso al sol el grano de frijol para bajar la humedad a 14%, para esto se utilizó carpas de plástico negro. Al almacenar el grano con humedad mayor de 14 % se provoca un recalentamiento del grano que provoca pérdidas de germinación de la semilla, el grano se arruga, se infecta por hongos y se desarrollan plagas de almacenamiento perdiendo así la calidad del grano.

## **6.10 VARIABLES DE RESPUESTA**

### **6.10.1 Evaluación de la roya del frijol**

#### **1. Incidencia de la roya del frijol**

Las evaluaciones de la incidencia se realizaron cada 15 días después del trasplante hasta antes de la cosecha. Se hizo conteo de cuantas de las plantas de la parcela neta manifiestan infección foliar (puntos amarillos y oscuros).

El cálculo del % de incidencia se hizo en base a fórmula siguiente:

$$(\%) \text{ Incidencia: } \frac{\text{No. plantas infectadas}}{\text{Total de plantas}} * 100$$

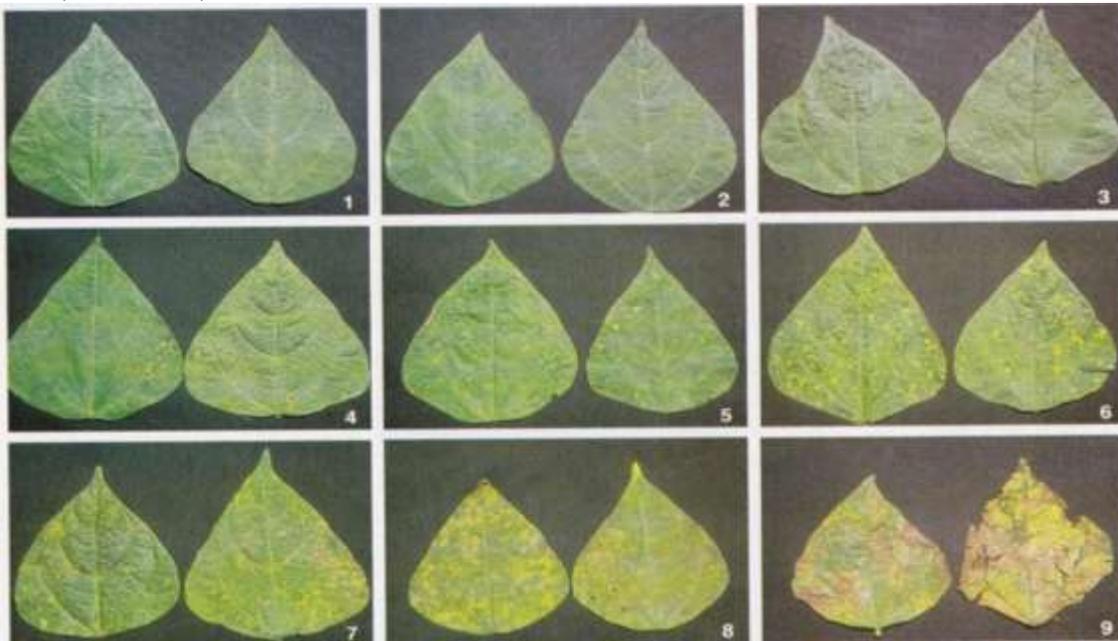
## 2. Severidad de la roya de frijol

La severidad de la roya de frijol se evaluó considerando el % de puntos amarillos y negros en la plantas y cuya escala se presenta en el cuadro 2 y figura 3.

Cuadro 2. Escala para la medición de severidad de roya de frijol.

	Clase	Descripción
1	Altamente resistente	Ausencia, a simple vista, de pústulas de roya (inmune).
3	Resistente	Presencia en la mayoría de la planta, de solo unas pocas pústulas, por lo regular pequeñas, que cubren aproximadamente el 2% del área foliar.
5	Intermedia	Presencia, en toda la planta de pústulas generalmente pequeñas o intermedias que cubren aproximadamente el 5% del área foliar.
7	Susceptible	Presencia de pústulas generalmente grandes y rodeadas, con frecuencia, de halos cloróticos que cubren aproximadamente el 10% del área foliar.
9	Altamente susceptible	Presencia de pústulas grandes y muy grandes, con halos cloróticos, las cuales cubren más del 25% del tejido foliar y causan defoliación prematura.

Fuente: (CIAT, 1987).



### Escala de severidad de roya en frijol.

(1)= 0%, (2)= 5-10%, (3)=10-20%, (4)=20-30%, (5)=30-40%, (6)=40-50%, (7)=50-60%, (8)=60-80 y (9)= 80%.

Figura 3. Escala diagramática de la severidad de porcentaje de foliar afectado, de roya causado por *Uromyces phaseoli* (CIAT, 1987).

## **6.10.2 Componentes fenológicos del frijol**

### **1. Días a floración de las plantas de frijol**

Se determinó cuando el 50% de las plantas presentó una flor abierta.

### **2. Días a madurez fisiológica**

Se evaluó cuando la primera vaina de la planta de frijol inició su decoloración y secado en el 50% de las plantas.

### **3. Días a cosecha de las plantas de frijol**

Se evaluó cuando la semilla alcanzó su madurez de campo, es decir; cuando la semilla tenía entre 16 a 18% de humedad y las plantas presentaron un 90% de defoliación.

## **6.10.3 Componentes de rendimiento**

### **1. Vainas por planta**

Se determinó tomando 10 plantas al azar de la parcela neta y se contaron el número de vainas por planta y el total de vainas se promediaron vainas/planta.

### **2. Granos por vaina**

Se determinó utilizando las plantas de la variable anterior, se contó el número de granos de cada una de las vainas y se promediaron los granos/vaina.

### **3. Peso de 100 granos**

Se determinó pesando diez repeticiones de 100 granos tomados al azar de cada uno de los tratamientos y repetición, luego se obtuvo el promedio, se ajustó al 14% de humedad mediante la fórmula propuesta por el CIAT (1987).

#### 4. Rendimiento kg/ha

Se determinó mediante la producción de grano cosechado de cada tratamiento y repetición, ajustándolo a un 14% de humedad mediante la fórmula propuesta por el CIAT (1987), que fue la siguiente:

$$R = P1 * (100-\%H)/86$$

Dónde:

R = Rendimiento al 14% de la humedad.

P1 = Peso inicial de la muestra con la humedad de la cosecha.

%P = % de humedad de la cosecha.

86 = Resulta de restarle el 14% de ajuste al 100%.

### 6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 1. Análisis estadístico

Para el análisis de cada una de las variables respuesta se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza de 0.95. En lo referente a las variables respuesta incidencia y severidad que están en porcentaje se transformaron los datos mediante la fórmula de raíz cuadrada. Para aquellos resultados que manifestaron diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de medias de Tukey (0.05 de significancia).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA DEL FRIJOL

#### 7.1.1 Incidencia de la roya en el cultivo de frijol

La primera evaluación sobre la de incidencia de la roya de frijol se realizó a los 30 días después de la siembra. Todos los materiales de frijol iniciaron a manifestar síntomas de roya desde esta etapa a excepción de los materiales ICTA HUNAPÚ que se caracteriza por su resistencia a la roya; ICTA CH-12 ZJU 1040-3 e ICTA CH-12 SSEQ-1 que son materiales promisorios. El material ICTA Ligero presentó una mediana resistencia al patógeno durante esta etapa de desarrollo del cultivo (Figura 4).

La segunda evaluación se realizó a los 45 dds, coincidiendo fenológicamente con el inicio de la floración del cultivo. Los materiales que presentaron menor valor de incidencia fueron los siguientes: ICTA HUNAPÚ, PR1 (XRV 40-4/PR0301-181), ICTA CH-12 LXRAV-5, ICTA CH-12 SL-19 e ICTA CH-12 ZJU 1040-3. El material ICTA ligero mostró un valor bajo de incidencia en comparación con otros materiales promisorios. En todos los casos la incidencia de la enfermedad se incrementó con la edad de la planta. Según Apodaca *et al.* (2002), la importancia de la protección fitosanitaria en este estado de desarrollo del cultivo es muy importante, dado a que existe una alta correlación entre los daños en esta etapa fenológica y la merma reflejada en el rendimiento del cultivo (Figura 4).

En la tercera evaluación se realizó a los 60 dds de frijol, donde se detectó diferencias significativas entre materiales (Figura 4). Lo más destacado de la comparación de los resultados promedios de la incidencia de los materiales fue observar ICTA HUNAPÚ presentó una alta resistencia a la incidencia de la enfermedad, a pesar de la presencia del patógeno estuvo presente en todos los materiales en cantidad suficiente.

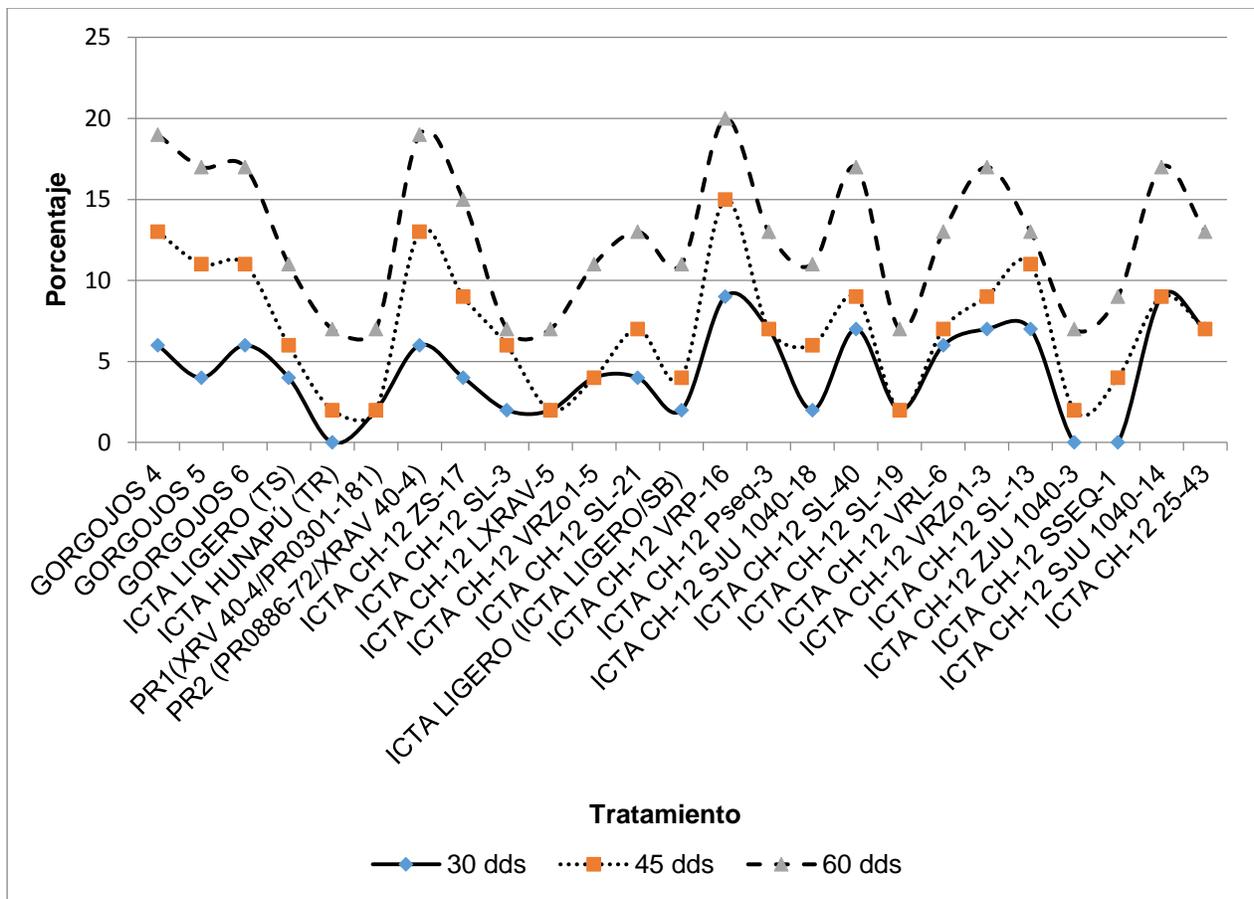


Figura 4. Porcentaje de incidencia a los 30, 45 y 60 dds en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

En el cuadro 3, se presentan el análisis de varianza para la variable incidencia de la roya a los 60 días después de la siembra en 25 materiales de frijol, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para los tratamientos ajustados. Es decir; que al menos un material es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 17.47%.

En la figura 5, se muestra la prueba de medias Tukey para la variable incidencia de la roya de frijol en 25 materiales de frijol evaluados a los 60 dds. Se puede observar que la mayor resistencia a la severidad de la roya fue ICTA Hunapú, con un valor de 4.62%. El presentar un alto valor de incidencia no implica que sea directamente proporcional al grado de severidad que presentará el material de frijol, pero los valores de incidencia incidirán en el rendimiento del frijol.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la incidencia de la roya a los 60 días después de la siembra de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	26.223816	1.092659			
Repeticiones	2	18.784180	9.392090			
Bloques ajustados	12	5.386086	0.448840			
Componente A	8	2.735265	0.341908			
Componente B	8	2.650821	0.331353			
Tratamientos ajustados	24	25.573965	1.065582	2.9040	0.002	Altamente significativa
Error	36	13.209496	0.366930			
Total	74	63.603577				
C.V.		17.47				

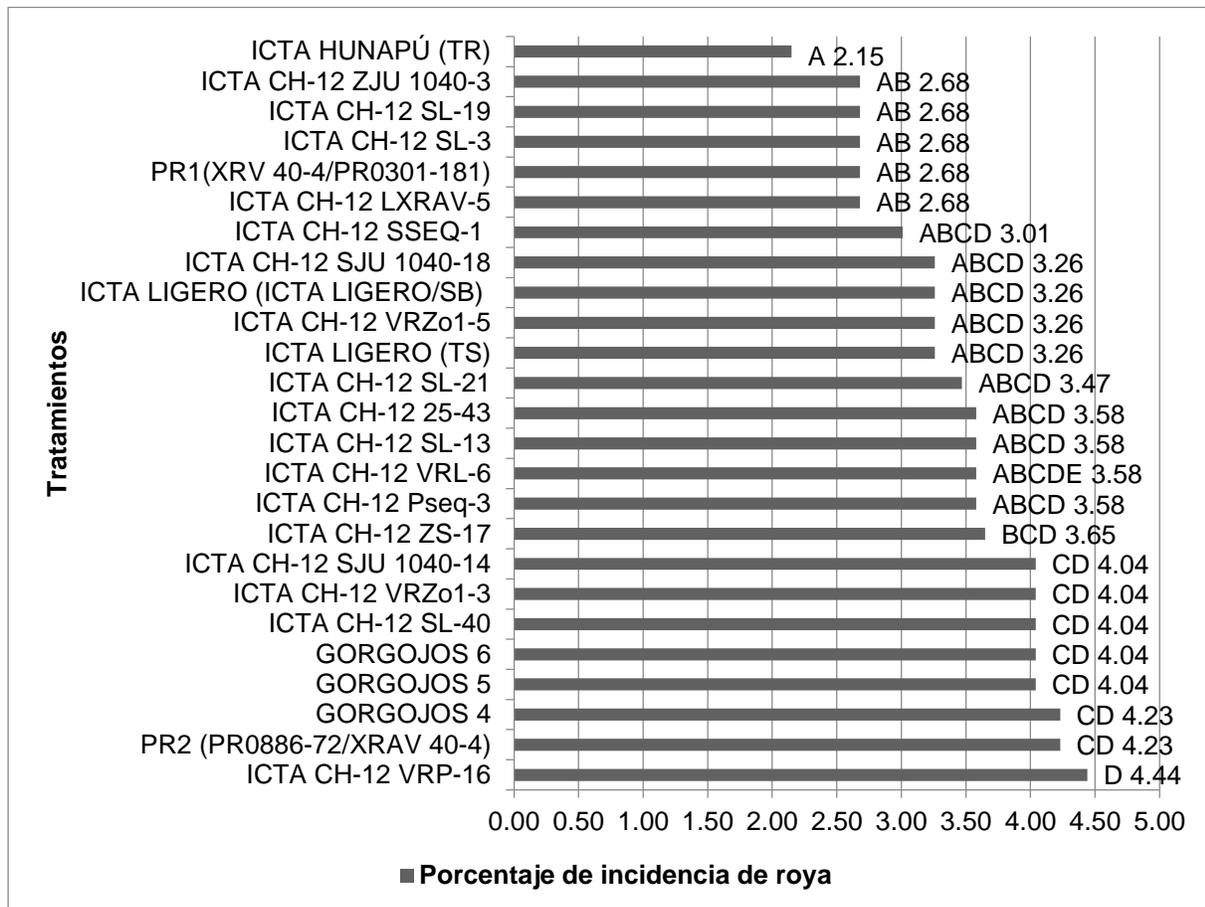


Figura 5. Análisis de Medias de Tukey para la incidencia de roya a los 60 dds en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

De manera general estos resultados indican que se puede contar con niveles aceptables de resistencia a la incidencia de la roya. Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los reportados por Quintero *et al.* (2004), que evaluaron una colección de 72 variedades de frijol en época tardía en el periodo 2003-2004 y observaron que el 69.4 % de las variedades muestreadas fueron susceptibles a la infección natural por la roya, aspecto este que debe tenerse en cuenta en el planeamiento de las siembras para evitar su uso en las épocas de mayor incidencia de la enfermedad.

### **7.1.2 Severidad de la roya en el cultivo de frijol**

Al igual que en la evaluación de la incidencia en la evaluación de la severidad de la roya de frijol se realizaron lecturas a los 30, 45 y 60 dds. En la primera evaluación mostró diferencias significativas entre los materiales evaluados, presentando valores entre 0 y 16.67% de severidad. Las plantas infectadas en estadios iniciales de crecimiento pueden sufrir un retraso en la maduración y tener menos vainas y semillas por vainas que las plantas sanas, lo que repercute en los rendimientos del cultivo (Figura 6).

La segunda evaluación se realizó a los 45 dds y de acuerdo a los resultados mostraron diferencias significativas entre los materiales de frijol (Figura 6). La severidad del cultivo de frijol se incrementó en relación a la edad de la planta. Los materiales con un alto grado de resistencia a la roya fueron: ICTA CH-12 SJU 1040-18, ICTA CH-12 SL-19, ICTA HUNAPÚ, con valores de 5.00, 8.33 y 10.00% respectivamente. Los materiales con mayor susceptibilidad fueron: GORGOJOS 5, GORGOJOS 6, con valores de 23.33% cada uno, como ICTA CH-12 VRP-16 e ICTA CH-12 ZJU 1040-3 con valores de 24 y 25% respectivamente, a mayor porcentaje de severidad limita la producción del cultivo.

La tercera evaluación de la severidad de la roya en el cultivo de frijol se realizó a los 60 dds, los resultados mostraron que el material ICTA HUNAPÚ presentó una alta resistencia a la severidad de la roya de frijol, a pesar de la presencia del patógeno estuvo presente en todos los materiales y en algunos en cantidades altas (Figura 6).

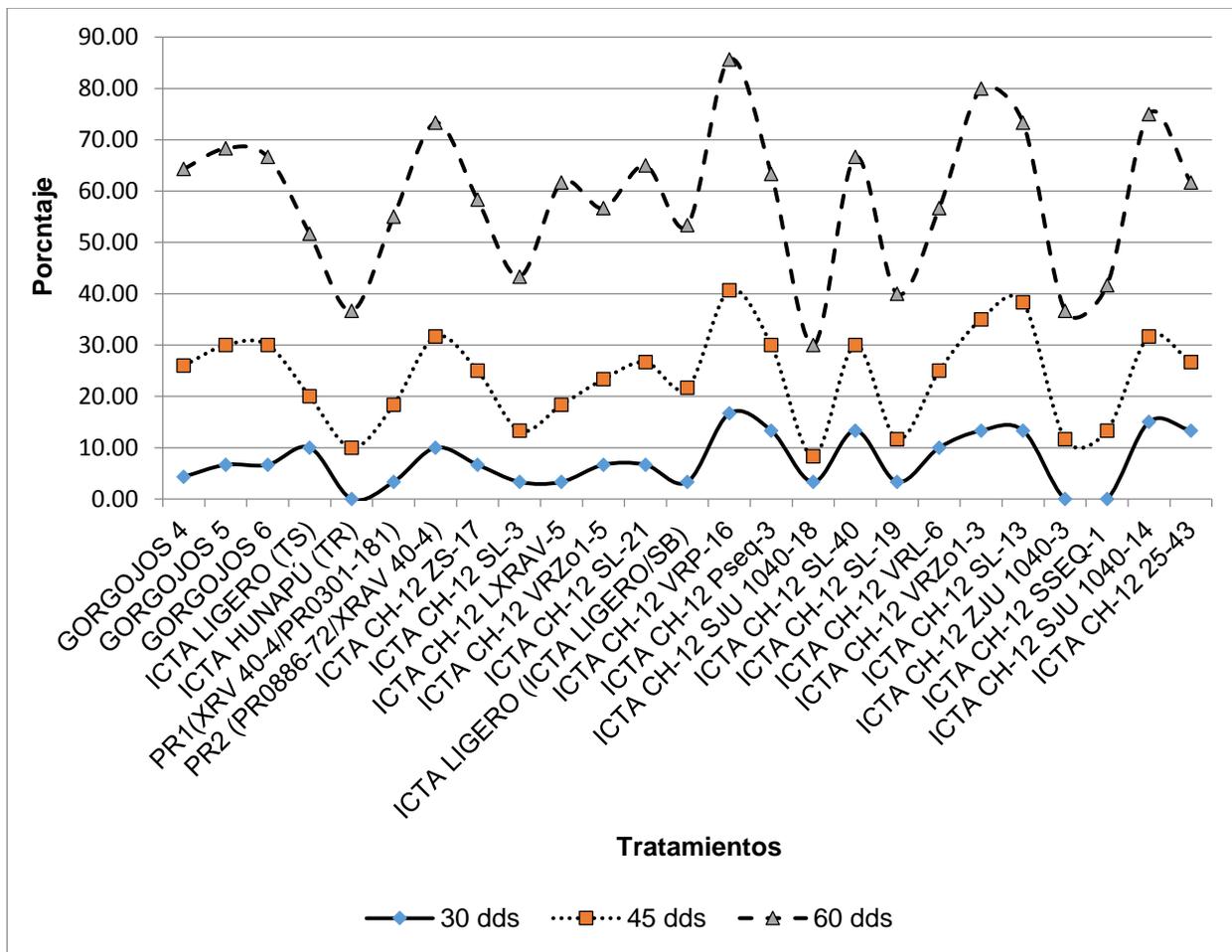


Figura 6. Porcentajes de severidad de la roya a los 30, 45 y 60 dds en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

En el cuadro 4, se presentan el análisis de varianza para la variable severidad de la roya en 25 materiales de frijol a los 60 días después de la siembra, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para los tratamientos ajustados. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 15.14%.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la severidad de la roya a los 60 días después de la siembra de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

<b>Causas</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
Tratamientos no ajustados	24	32.066895	1.336121			
Repeticiones	2	33.833008	16.916504			
Bloques ajustados	12	10.796211	0.899684			
Componente A	8	4.890310	0.611289			
Componente B	8	5.905900	0.738238			
Tratamientos ajustados	24	31.480700	1.311696	1.8294	0.049	Altamente significativa
Error	36	25.811699	0.716992			
Total	74	102.507813				
C.V.	15.14					

En la figura 7, se muestra la prueba de medias Tukey para la variable severidad de la roya de frijol en 25 materiales evaluados. Se puede observar que la mayor resistencia a la severidad de la roya se obtuvo con el material ICTA Hunapú, con un valor de 4.55%. Los resultados indican que la producción continua de materiales resistentes a través del mejoramiento genético, es una de las mejores alternativas para el control de la enfermedad.

El grado de severidad del ataque de la roya, resultó mayor durante la formación y llenado de vainas, sobre todo en los materiales ICTA CH-12 VRZo1-3, ICTA CH-12 VRP-16, ICTA CH-12 SJU 1040-14, PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4), GORGOJOS 4, GORGOJOS 5, GORGOJOS 6 e ICTA CH-12 SL-21, con un porcentaje de entre 6.64 a 6.00 (Cuadro 7). En estos materiales los porcentajes de severidad de la roya del frijol resultaron altos desde las etapas fenológicas iniciales y se incrementaron a medida que se avanzó en el ciclo del cultivo.

## **7.2 COMPONENTES FENOLOGICOS DE 25 MATERIALES DE FRIJOL**

### **7.2.1 Días a floración**

De acuerdo al CIAT (1987), la floración se estima como los días después de la siembra que coinciden con el inicio de la etapa de desarrollo R6 o floración, cuando el 50% de las plantas tienen una o más flores abiertas. Los 25 materiales de frijol evaluados

presentaron un rango de siete días de floración entre los materiales más precoces (43 días a floración) al material tardío (50 días a floración). Los materiales más precoces fueron: ICTA Ligero, PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4), ICTA CH-12 SL-3, ICTA CH-12 SL-21, ICTA CH-12 Pseq-3, ICTA CH-12 SL-40 e ICTA CH-12 SL-19, con floración a los 43 días después de la siembra. Mientras que la variedad ICTA HUNAPÚ fue la más tardía en florecer con 50 días (Figura 8). Según Blanco (1991), la precocidad influye en la duración de las etapas por causar diferencias en el desarrollo de la planta, aún las pertenecientes a un mismo hábito de crecimiento. En este estudio se encontraron diferencias con la investigación realiza por Rosas y Castro y (2000), que determinaron dos días de diferencia en la floración entre los materiales más precoces y el material más tardío.

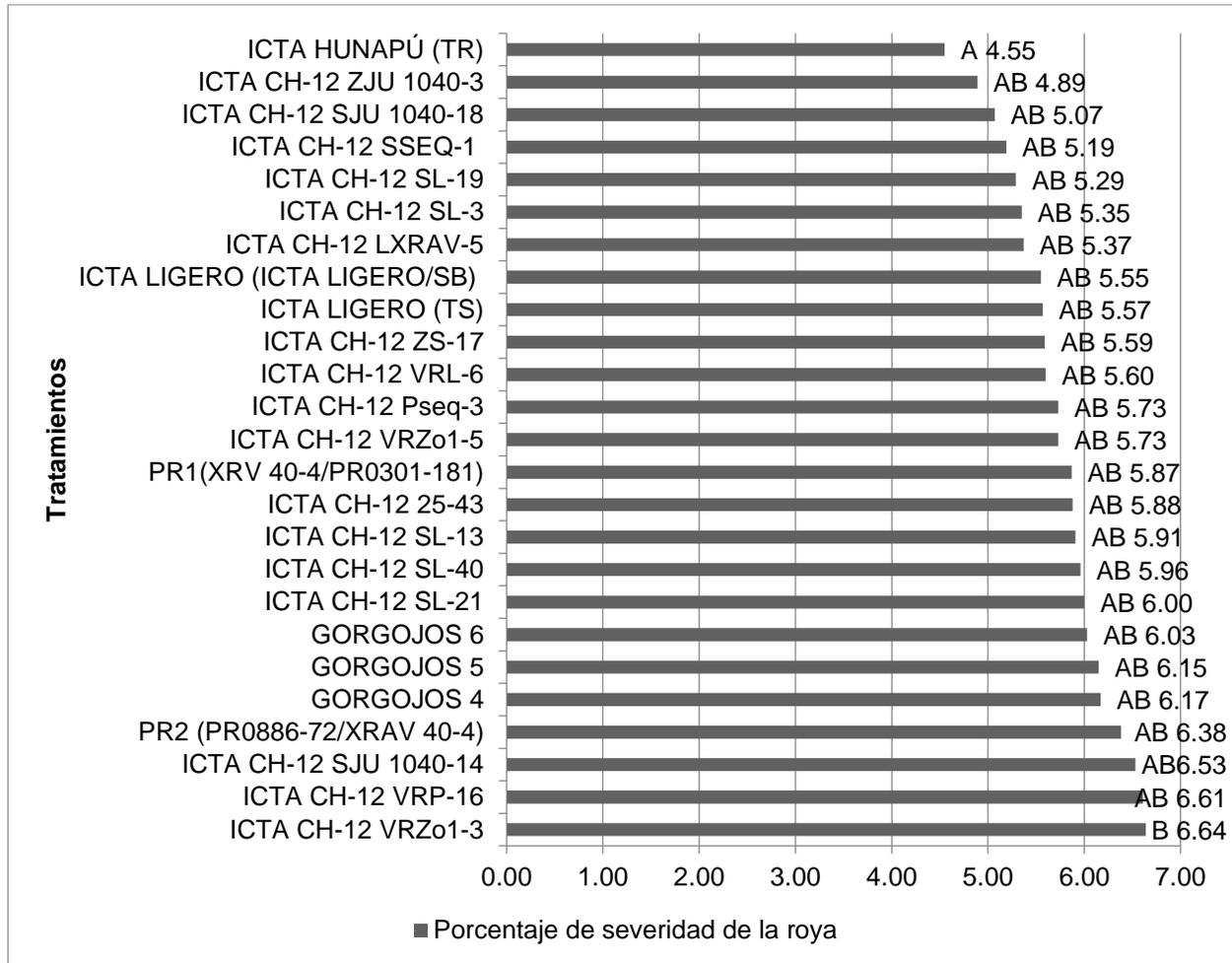


Figura 7. Análisis de Medias de Tukey para la severidad de la roya a los 60 dds de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

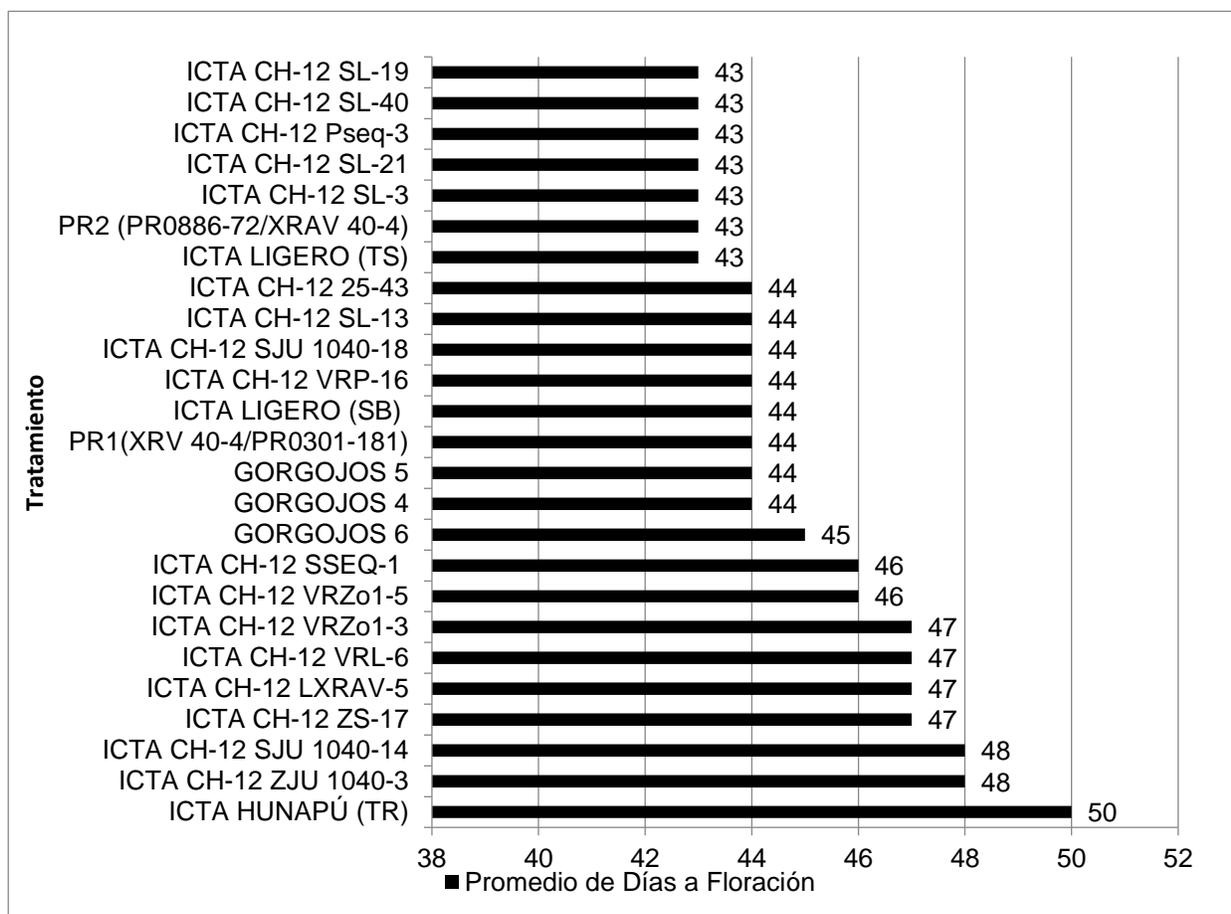


Figura 8. Promedio de días a floración de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

En el cuadro 5, se presentan el análisis de varianza para la variable días a floración de 25 materiales de frijol, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para los tratamientos ajustados. Es decir; que al menos un material es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 4.95%.

De acuerdo al análisis de Medias de Tukey, divide a los 25 materiales de frijol en siete grupos o categorías, señalando que el material ICTA HUNAPÚ como el más tardío (50 dds) mientras que los materiales más precoces fueron ICTA Ligero, PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4), ICTA CH-12 SL-3, ICTA CH-12 SL-21, ICTA CH-12 Pseq-3, ICTA CH-12 SL-40 y ICTA CH-12 SL-19, con floración a los 43 días después de la siembra (Figura 9). La diferencia de los días a floración en el cultivo de frijol está afectada por los factores

climáticos, debido a que cada variedad genéticamente se ven afectadas en cierto grado por la temperatura, la humedad, la duración e intensidad de la luz, principalmente.

Cuadro 5. Análisis de varianza para los días a floración de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	961.56	40.07			
Repeticiones	2	56.75	28.38			
Bloques ajustados	12	169.44	14.12			
Componente A	8	84.48	10.56			
Componente B	8	84.96	10.62			
Tratamientos ajustados	24	980.62	40.86	2.12	0.020	Altamente significativa
Error	36	693.81	19.27			
Total	74	1881.56				
C.V.		4.95				

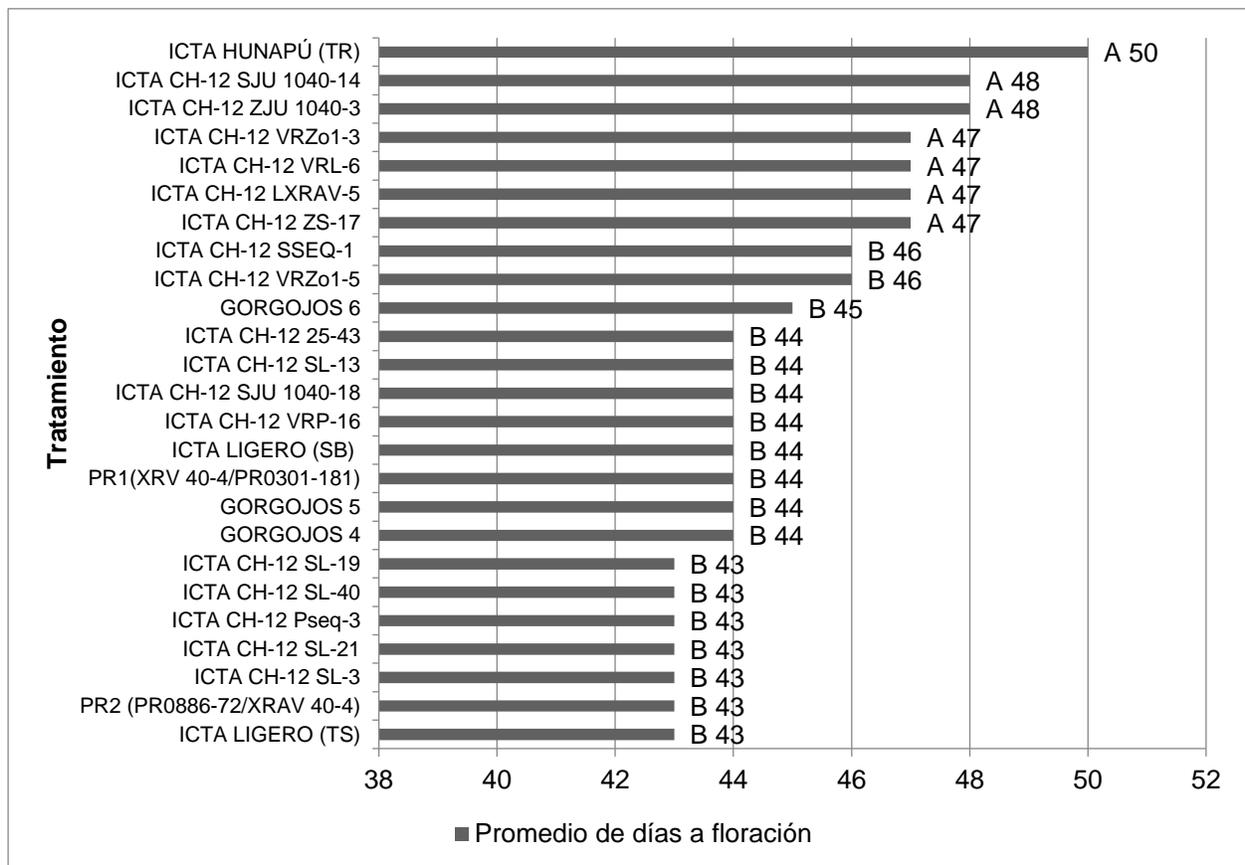


Figura 9. Análisis de Medias de Tukey para días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

## 7.2.2 Días a madurez fisiológica

En el cuadro 6, se presentan el análisis de varianza para la variable días a madurez fisiológica de 25 materiales de frijol, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para los tratamientos ajustados. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 5.95%.

Cuadro 6. Análisis de varianza para los días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	540.88	22.54			
Repeticiones	2	21.62	10.81			
Bloques ajustados	12	109.56	9.13			
Componente A	8	64.20	8.03			
Componente B	8	45.36	5.67			
Tratamientos ajustados	24	541.05	22.54	2.62	0.007	Altamente significativa
Error	36	309.47	8.60			
Total	74	1001.53				
C.V.		5.95				

De acuerdo al análisis de Medias de Tukey, dividió a los 25 materiales de frijol en tres grupos o categorías en lo referente a los días en maduración fisiológica, señalando que los materiales más tardíos fueron ICTA HUNAPÚ (TR), ICTA CH-12 SJU 1040-14, ICTA CH-12 ZS-17, ICTA CH-12 ZJU 1040-3, ICTA CH-12 VRL-6, GORGOJOS 6, ICTA CH-12 LXRAV-5, ICTA CH-12 VRZo1-3 e ICTA CH-12 VRZo1-5, entre 74 a 81 dds. Mientras que los materiales más precoces fueron GORGOJOS 4, GORGOJOS 5, PR1(XRV 40-4/PR0301-181), ICTA CH-12 SJU 1040-18, ICTA CH-12 25-43, ICTA LIGERO (TS), PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4), ICTA CH-12 SL-3, ICTA CH-12 SL-21, ICTA CH-12 Pseq-3, ICTA CH-12 SL-40 e ICTA CH-12 SL-19, con madurez fisiológica entre los 72 a 73 días después de la siembra (Figura 10).

A pesar que se tuvo una diferencia estadística entre los materiales evaluados en cuanto a la madurez fisiológica esta fue de tan solo nueve días. La pequeña variación en los resultados podrá estar relacionados con la genealogía de los materiales, dado a que

algunos tienen progenitores en común y materiales con genotipos similares en cuanto a su precocidad. Además se debe tomar en cuenta que todos los materiales fueron cultivados bajo las mismas condiciones ambientales, lo que influyó en que no se tuvieran más diferencias entre la primera y el último material en madurar.

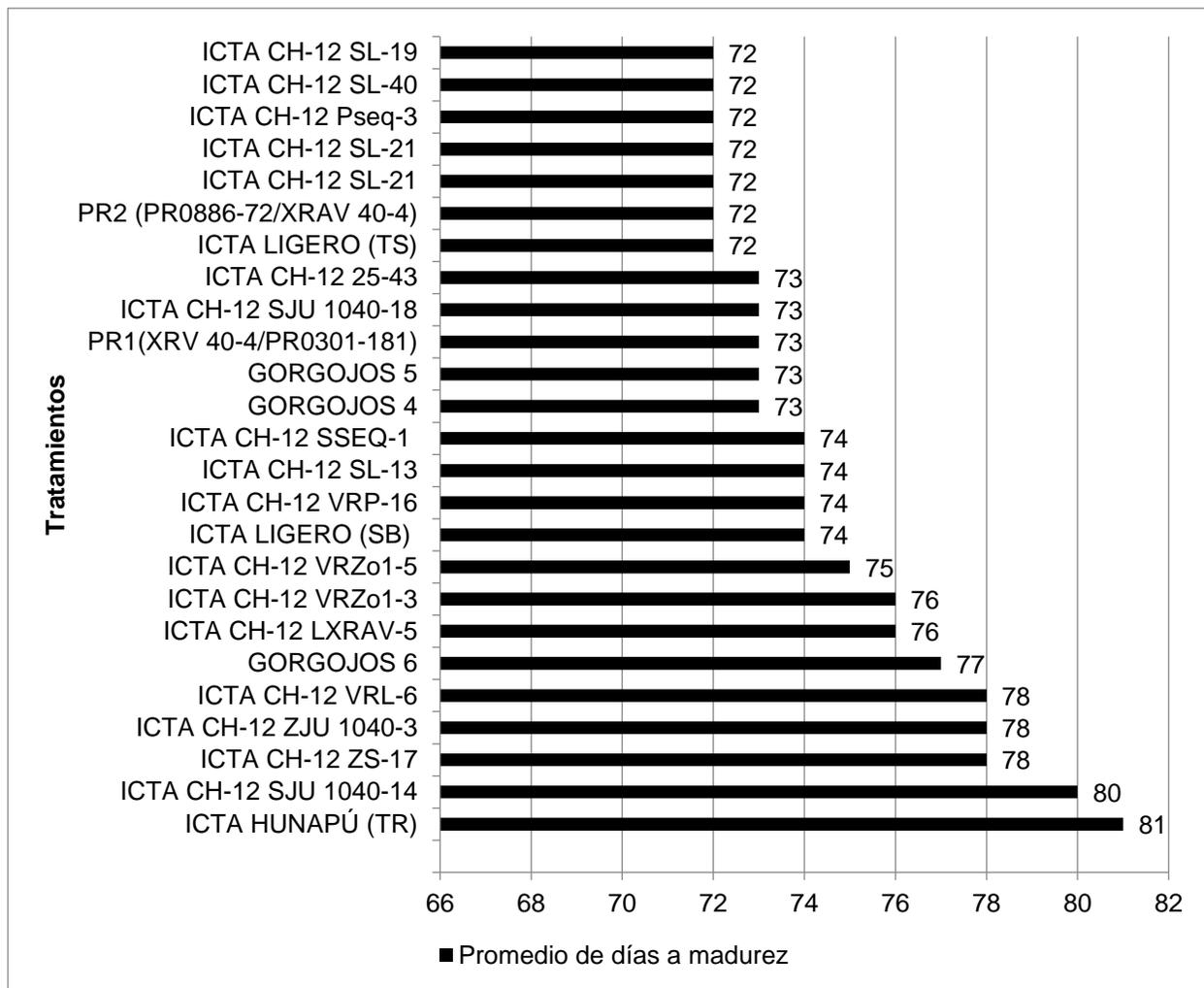


Figura 10. Análisis de Medias de Tukey para días a maduración fisiológica de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Esta variable es importante debido a que la demanda de frijol va aumentando cada año y los mejoradores hacen énfasis en producir cultivares con una madurez fisiológica precoz, con el fin de que puedan ser cultivados en áreas que presentan sequías prolongadas (Singh, 1992).

### 7.2.3 Días a cosecha

En el Cuadro 7, se presentan el análisis de varianza para la variable días a cosecha de 25 materiales de frijol, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para los tratamientos ajustados. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 4.45%.

Cuadro 7. Análisis de varianza para los días a cosecha de 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, B.V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	260.00	10.83			
Repeticiones	2	20.16	10.08			
Bloques ajustados	12	45.71	3.81			
Componente A	8	26.80	3.35			
Componente B	8	18.91	2.36			
Tratamientos ajustados	24	283.47	11.81	2.31	0.011	Altamente significativa
Error	36	184.14	5.12			
Total	74	510.00				
C.V.		4.45				

De acuerdo al análisis de Medias de Tukey, dividió a los 25 materiales de frijol en cuatro grupos o categorías en lo referente a los días de cosecha, señalando que el material más precoz fue GORGOJOS 5, mientras que material más tardío fue ICTA HUNAPU (Figura 11).

## 7.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

### 7.3.1 Promedio del número de vainas por planta

La variable número de vainas por planta es un componente cuantitativo del rendimiento que difiere entre los materiales de frijol, es de baja heredabilidad y por ser poligénico (acción de muchos genes) es altamente influenciado por el ambiente (temperatura, humedad, fotoperiodo, etc.). Además de diferir entre los materiales, los genotipos pueden presentar variaciones, incluso a los interno de cada material (Marini *et al.*, 1993 citado por Hernández y Barquero, 2003).

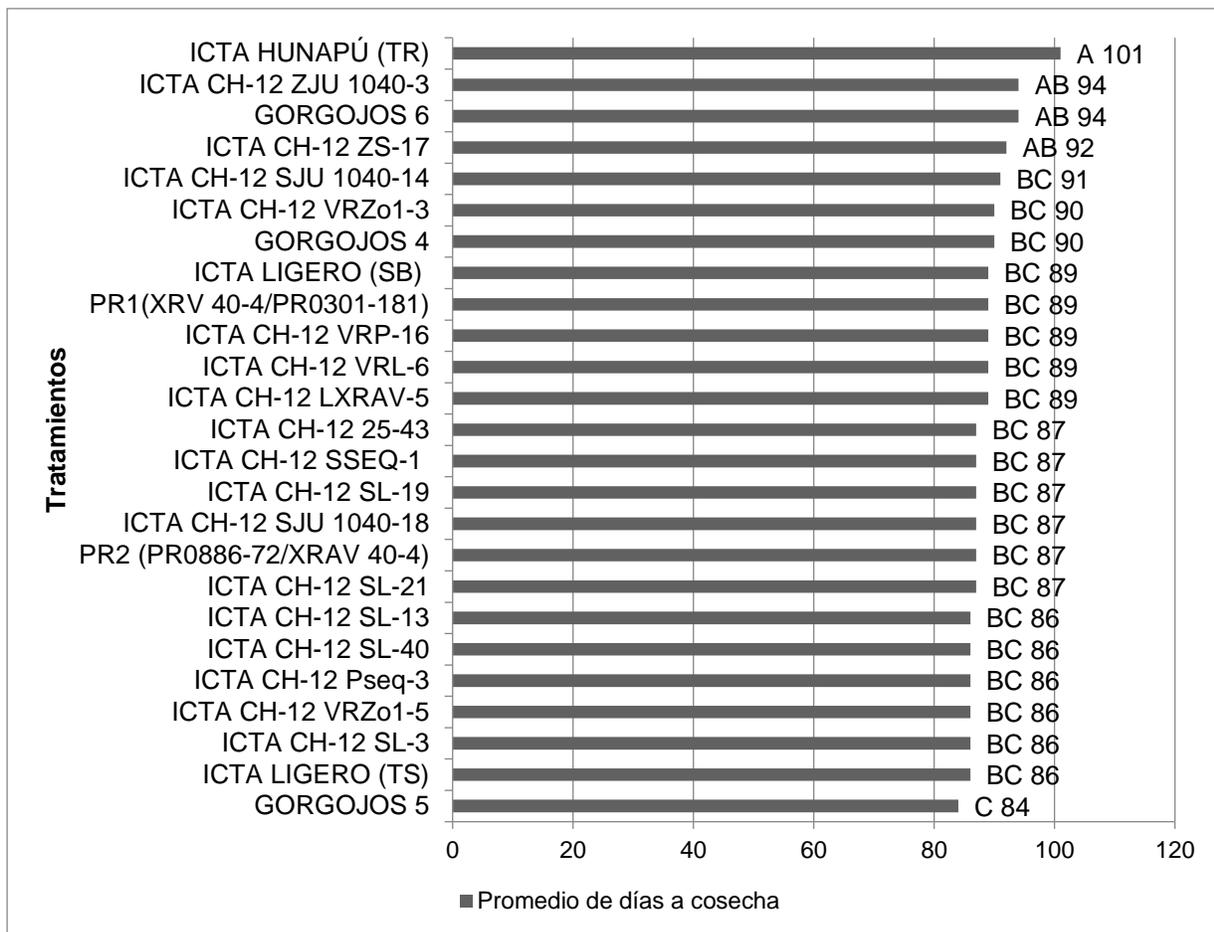


Figura 11. Análisis de Medias de Tukey para días a cosecha de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V. 2017.

De acuerdo White (1985), citado por Hernández y Barquero (2003), un mayor número de vainas por planta puede presentar reducción en el número de granos por vainas y peso de granos. Por lo tanto, aunque las vainas por planta es un factor importante en el rendimiento del cultivo, no siempre la planta con mayor número de vainas va a presentar el mayor rendimiento.

En el cuadro 8, se presentan el análisis de varianza para la variable número de vainas/planta en 25 materiales de frijol, en el mismo se observa que el cuadrado medio de los bloques ajustados es menor al cuadrado medio del error, por lo que se procedió hacer un análisis para bloques completos al azar, utilizando las repeticiones como

bloques. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 19.97%.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el número de vainas por planta en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

<b>Causas</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
Tratamientos no ajustados	24	905.61	37.73			
Repeticiones	2	369.64	184.82			
Bloques ajustados	12	63.74	5.31			
Componente A	8	47.77	5.97			
Componente B	8	15.97	2.00			
Tratamientos ajustados	24	909.68	37.90	7.00	0.000	Altamente significativa
Error	36	194.91	5.41			
Total	74	1534.2				
C.V.	19.97					

En el cuadro 9, se presenta el análisis de varianza del número de vainas por planta en el frijol a través del análisis para bloques completos al azar. En el mismo, se observa que existe diferencia significativa para los materiales de frijol. Por lo tanto, uno de los materiales es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 20.98%.

Cuadro 9. Análisis de varianza para bloques completos al azar según el número de vainas por planta en 25 materiales de frijol, en el Centro de Innovación del Norte -CINOR-, San Jerónimo, Baja Verapaz, 2017.

<b>Causas</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
Bloques	2	4105.89	2052.94			
Variedades	24	6882.29	286.76	3.80	0.000	Altamente significativa
Error	48	3623.53	75.49			
Total	74	14611.71				
C.V.	20.98					

Con relación al análisis de Medias de Tukey para el promedio número de vainas/planta en 25 vainas/planta (Figura 12), se observó que el mejor material fue ICTA CH-12 25-43, con 57 vainas/planta. Los resultados del comportamiento del número de vainas de los materiales de frijol se debieron a la diferencia significativa entre los genotipos por sus diversas arquitecturas y hábitos de crecimiento.

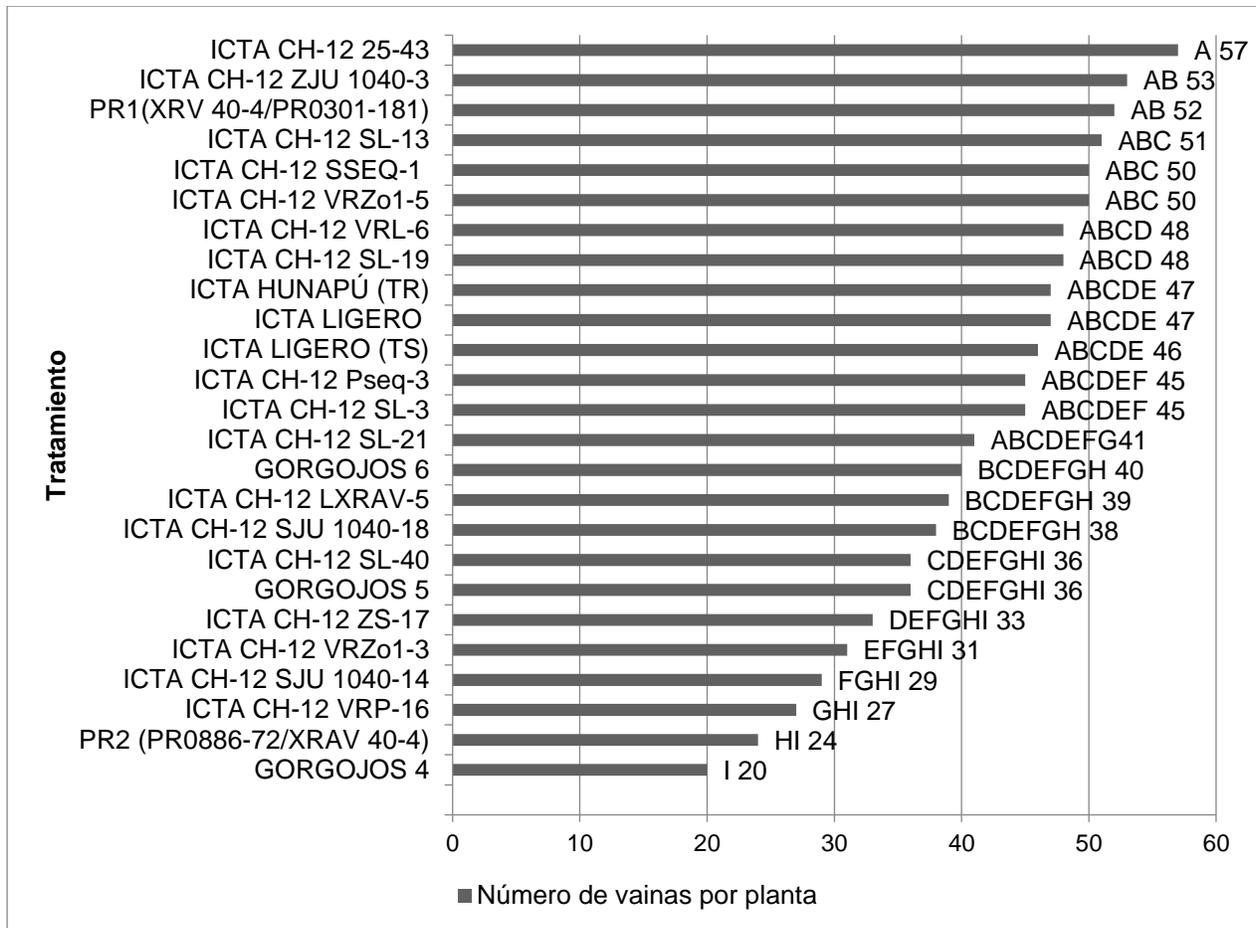


Figura 12. Análisis de Medias de Tukey para el número promedio de vainas por planta en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

### 7.3.2 Promedio de granos por vaina

El número de granos por vainas es importante para cuantificar el rendimiento. De acuerdo con Tapia (1987), citado por Vallejo y Martínez (2005), esta cualidad es propia de cada material, es altamente heredable y se altera poco con las condiciones ambientales. Según los resultados mostrados en la figura 13, el rango de semillas por vaina se encontró entre 3 a 6 semillas y un promedio de 4.5 semillas por vaina. La variedad ICTA CH-12 SL-21 fue el material con el mayor número de granos y el material GORGOJOS 4, presentó el menor número de granos de frijol.

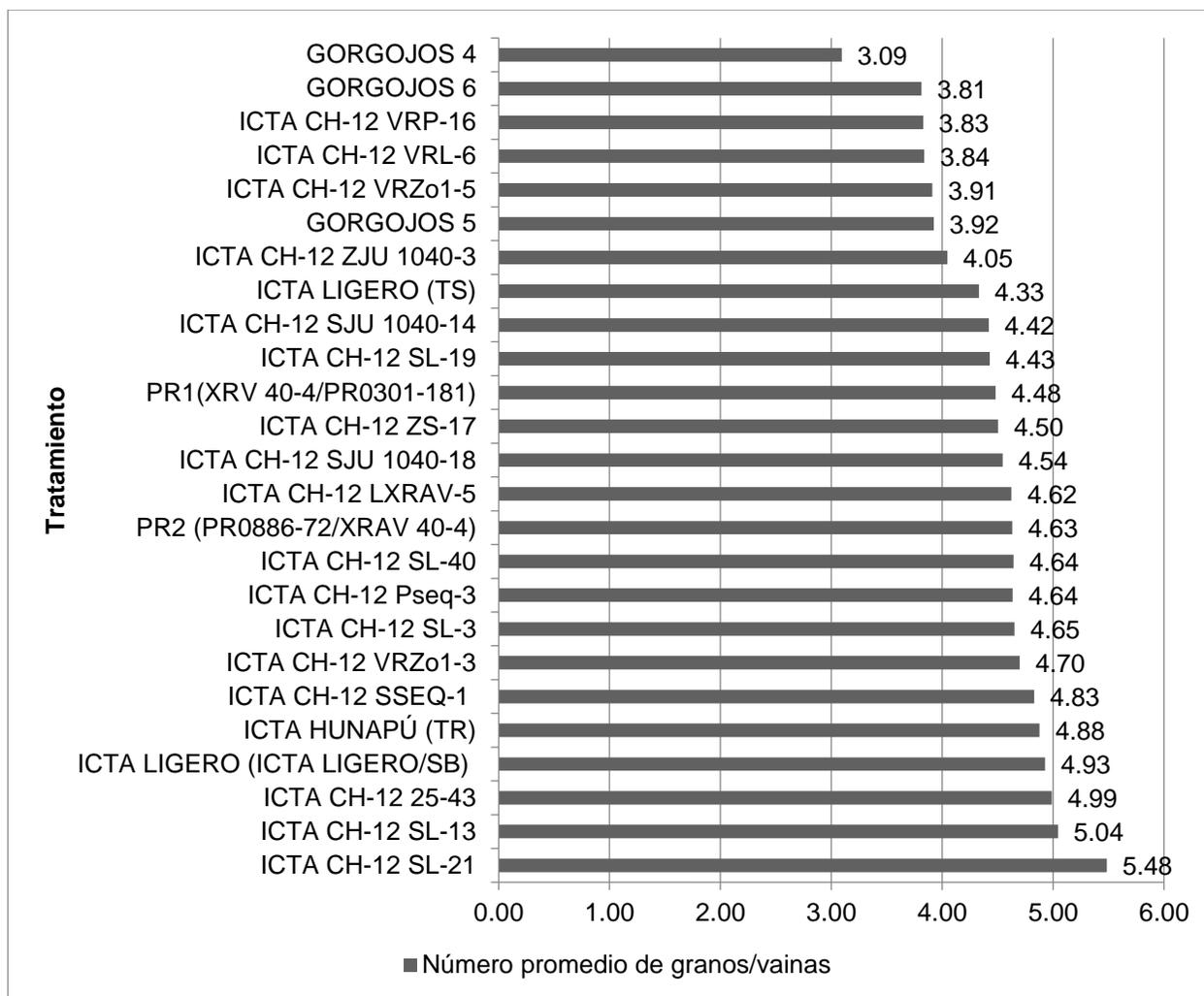


Figura 13. Promedio de granos por vaina en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

De acuerdo a Vallejo y Martínez (2005), el número de granos por vaina está ligado a condiciones de alta intensidad de radiación solar debido al incremento del área foliar, lo que provoca un aumento de la capacidad fotosintética de la planta, formando de esta manera nutrientes y proteínas que estimulan la formación de los granos.

En el cuadro 10, se presenta el análisis de varianza del número de granos por vaina en 25 materiales de frijol. En el mismo se observa que no existe diferencia significativa para los tratamientos ajustados. Por lo tanto, ninguno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 19.97%.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el promedio de granos por vainas en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	28.000122	1.166672			
Repeticiones	2	8.186646	4.093323			
Bloques ajustados	12	13.746666	1.145555			
Componente A	8	8.440000	1.055000			
Componente B	8	5.306667	0.663333			
Tratamientos ajustados	24	27.196039	1.133168	1.1106	0.380	No significativa
Error	36	36.733192	1.020366			
Total	74	86.666626				
C.V.	19.97	22.28				

### 7.3.3 Peso promedio de 100 granos de frijol

El peso de la semilla es factor cuantitativo influenciado por el ambiente y por los factores hereditarios, según Vallejo y Martínez (2005), señalan que el peso de 100 granos de frijol está determinado por el tamaño del grano, que a su vez está relacionado con el largo, grueso y densidad del mismo. En la figura 14, se muestran los resultados del peso de 100 granos en 25 materiales de frijol y en donde se puede observar que el rango se encuentra entre 18.23 a 26.23 g y la diferencia es de 8 g.

El material con el mejor peso fue ICTA HUNAPU, con 26.23 g en 100 granos. De acuerdo a CIAT (1987), clasifica al frijol por su peso en tres categorías: semilla pequeña con un peso menor de 25 g; semilla mediana con un peso entre 25 a 40 g; y semilla grande con un peso mayor a 40 g. Sobre esta categoría y los resultados obtenidos, la semilla de los materiales evaluados se clasifica el grano como semilla pequeña.

En el cuadro 11, se presenta el análisis de varianza del peso promedio de 100 granos en 25 materiales de frijol. En el mismo se observa que existe diferencia significativa para los tratamientos ajustados. Por lo tanto, al menos uno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 7.90%.

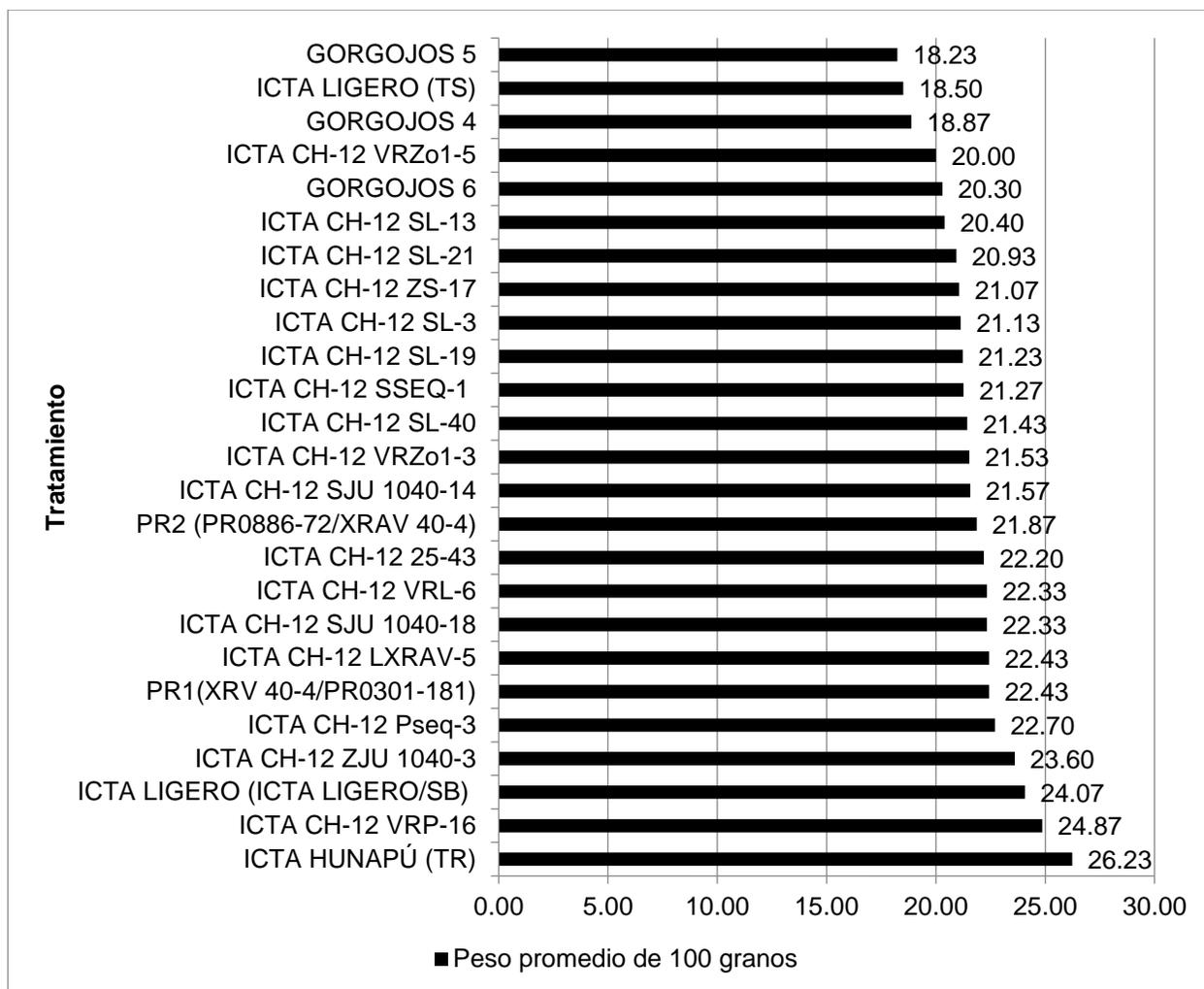


Figura 14. Peso promedio de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el peso de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	244.70	10.20			
Repeticiones	2	0.45	0.23			
Bloques ajustados	12	46.53	3.88			
Componente A	8	27.04	3.38			
Componente B	8	19.49	2.44			
Tratamientos ajustados	24	233.76	9.74	3.33	0.001	Altamente significativa
Error	36	105.30	2.93			
Total	74	396.99				
C.V.	7.90	22.28				

En lo referente al análisis de Medias de Tukey para el peso promedio de 100 granos de frijol (Figura 15), se observó que el mejor material fue ICTA HUNAPU, con un peso de 26.23 g en 100 granos de frijol. La diferencia en el peso de las semillas en los materiales de frijol evaluados, puede estar relacionada a características genéticas específicas de cada material, sumado a que las mismas descienden de progenitores que están relacionados entre sí.

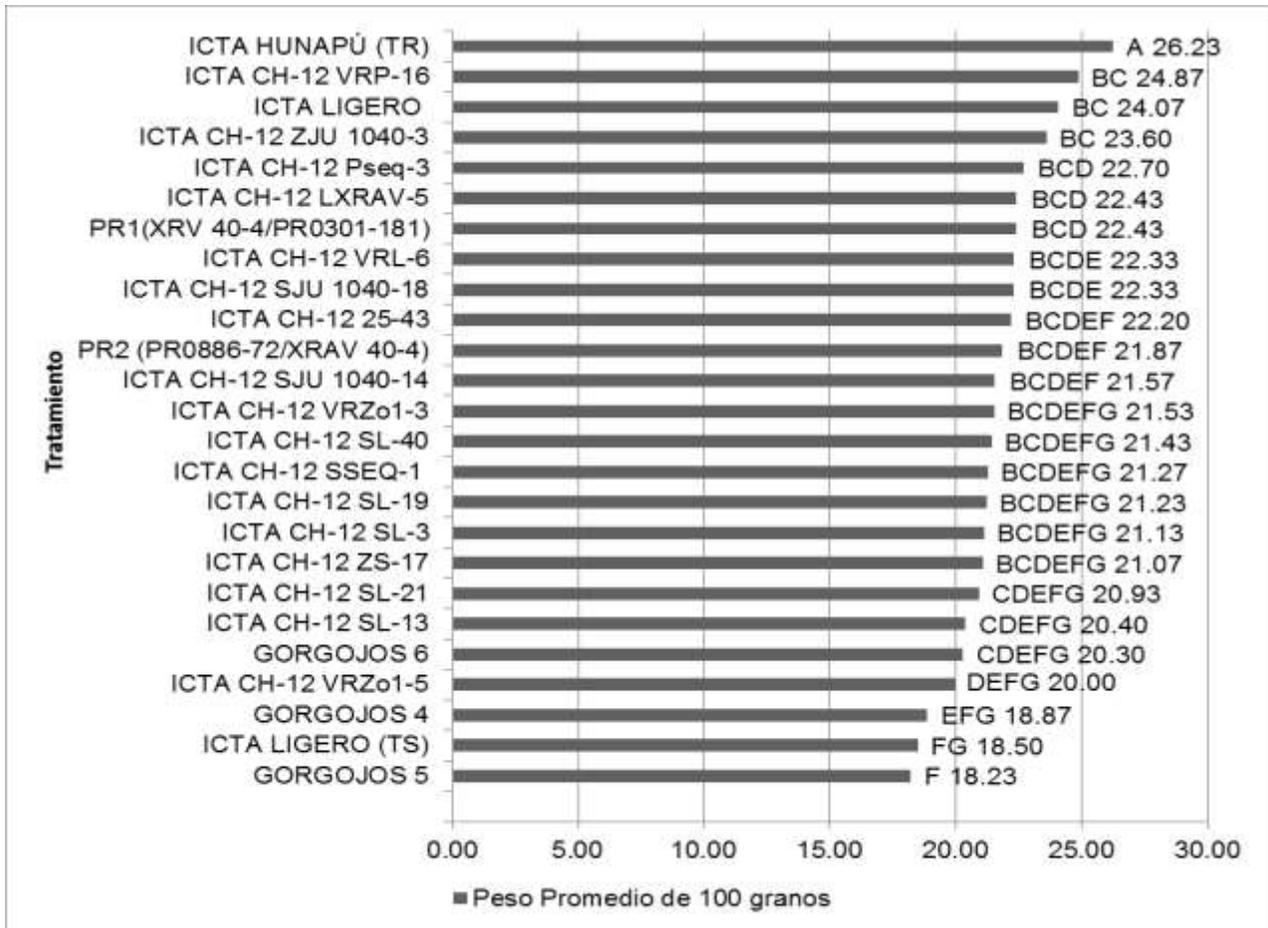


Figura 15. Análisis de Medias de Tukey para el peso promedio de 100 granos en 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

#### 7.4 RENDIMIENTO DE LOS MATERIALES DE FRIJOL

En el cuadro 12, se presenta el análisis de varianza el rendimiento en 25 materiales de frijol. En el mismo se observa que existe diferencia significativa para los tratamientos ajustados. Por lo tanto, al menos uno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 19.90%.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el rendimiento de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

Causas	GL	S.C.	C.M.	F	P>F	Significancia
Tratamientos no ajustados	24	701248.00	29218.67			
Repeticiones	2	6326174.00	3163087.00			
Bloques ajustados	12	118288.34	9857.36			
Componente A	8	74967.75	9370.97			
Componente B	8	43320.59	5415.07			
Tratamientos ajustados	24	700283.75	29178.49	3.04	0.002	Altamente significativa
Error	36	345421.66	9595.05			
Total	74	7491132.00				
C.V.		19.90				

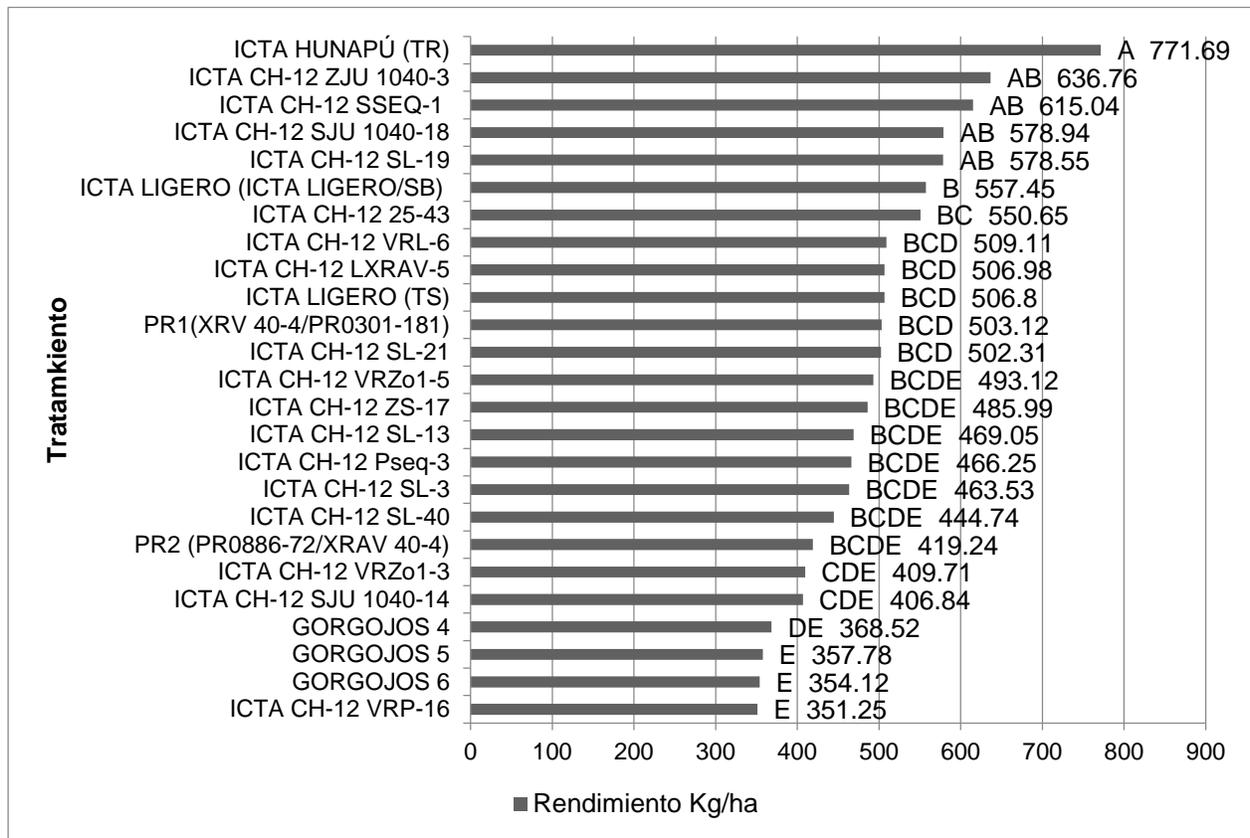


Figura 16. Análisis de Medias de Tukey para el rendimiento de 25 materiales de frijol, CINOR, San Jerónimo, B. V., 2017.

En lo referente al análisis de Medias de Tukey para el rendimiento de frijol (Figura 16), se observó que el mejor material fue ICTA HUNAPU, con un rendimiento de 771.69 kg/ha. Todos los materiales evaluados presentaron un rendimiento menor al promedio nacional que es de 845 kg/ha (MAGA, 2012). Los resultados muestran que el rendimiento del frijol está relacionado con las características anatómicas y morfológicas de los materiales y que están relacionados con el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de la semilla.

## VIII. CONCLUSIONES

En lo referente a la evaluación de la roya de frijol, el material que presentó menor porcentaje de incidencia y severidad fue ICTA Hunapú, con valores de 7.00 y 26.67% respectivamente. En el caso de los materiales promisorios para las variables en mención, los mejores fueron: ICTA CH-12 LXRAV-5, PR1 (XRV 40-4/PR0301-181), ICTA CH-12 SL-3, ICTA CH-12 SL-19 e ICTA CH-12 ZJU 1040-3.

En lo relacionado al desarrollo de los componentes fenológicos en 25 materiales de frijol evaluados, los resultados mostraron que hubo significancia estadística para días a floración y madurez fisiológica, por lo tanto, los mejores materiales fueron los siguientes: ICTA Hunapú, ICTA CH-12 ZJU 1040-3, ICTA CH-12 SJU 1040-14, ICTA CH-12 ZS-17, ICTA CH-12 LXRAV-5, ICTA CH-12 VRL-6, e ICTA CH-12 VRZo1-3. En lo referente a la variable días a cosecha los mejores materiales fueron: ICTA Hunapú, seguido por los materiales GORGOJOS 6, ICTA CH-12 ZJU 1040-3 e ICTA CH-12 ZS-17.

Los 25 materiales de frijol evaluados presentaron diferencias estadísticas significativas para la variable rendimiento, determinando el material ICTA Hunapú con la mayor producción de grano, seguido de los materiales promisorios siguientes: ICTA CH-12 ZJU 1040-3, ICTA CH-12 SSEQ-1, ICTA CH-12 SJU 1040-18 e ICTA CH-12 SL-19.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para la producción del cultivo de frijol en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, el uso del material ICTA Hunapú debido a que presentó el mayor rendimiento de grano y resistencia al ataque de la roya. En el caso de los materiales promisorios se recomienda los materiales siguientes: ICTA CH-12 ZJU 1040-3, ICTA CH-12 SSEQ-1, ICTA CH-12 SJU 1040-18 e ICTA CH-12 SL-19, debido a que después del material ICTA Hunapú fueron los que mejores rendimientos se obtuvieron.

Someter todos los materiales de frijol evaluados en el presente estudio en diferentes localidades, épocas y condiciones del cultivo por más de dos ciclos agrícolas, para determinar con certeza el potencial genético y las limitaciones de los materiales.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Araya, R. y Hernández, J. (2007). Protocolo para la producción local de semilla de frijol. Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno Alajuela, Costa Rica. 23: 1-12.

Araya, C. y Hernández, J. (2006). Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. San José, Costa Rica. 44 p.

Araya, R.; Rodríguez, R.; Molina, J. y Ramos, F. (1995). Variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Concepto, obtención y manejo. CIAT. Cali. Colombia. 65 p.

Arias, J. Jaramillo, M; y Rengifo, T. (2007). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble, FAO. Roma, Italia. 168 p.

Ávila, M.; Jacobo, J.; Rosales, R.; Espinoza, J.; González, H. y Pajarito, A. (2012). Influencia de la calidad de semilla en la producción de frijol en el norte-centro de México. Tecnociencia. Chihuahua, México. 3:158-164.

Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Sangolquí, Ecuador. 145 p.

Bernal, A.; Cuevas, A.; Quintero, E. Quiñones, R.; Díaz, M.; Saucedo, O. y Herrera. I. (2012). Evaluación de la resistencia a la roya (*Uromyces phaseoli* (Pers.) Wint Var. *Typica* Arth) en 25 Variedades de frijol común *Phaseolus Vulgaris* L. Fitosanidad, vol. 16, núm. 1, abril, 2012, pp. 33-38.

Bernal, A.; Díaz, M.; Quintero, E.; Quiñones, R. y Ruiz, K. (2004). Reacción de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente a la roya (*Uromyces phaseoli* var *typica* Arth.). La Habana, Cuba. *Centro Agrícola* 31 (1-2): 114-115.

Blanco, M. (1991). Características generales de las etapas de desarrollo del frijol. En: II seminario del programa de ciencias de las plantas (UNA–SLU, Plant Science Program). Managua, Nicaragua. 29 – 34 p.

Buriticá, P. (1991). Familias del orden Uredinales con ciclo de vida completamente reducido. Rev. Acad. Col. Cienc. 18: 131-148.

Buruchara, R.; Mukankusi, C. y Ampofo, K. (2010). Gestión e identificación de enfermedades y plagas de frijol. Manuales para productores de semilla en pequeña escala Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT-. Kampala, Uganda. 67 p.

Cabrera, C. y Reyes, C. (2015). Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. La Libertad, El Salvador. 24 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT- (1987). Sistema estándar para la evaluación del germoplasma de frijol. Art Van Schooohoven y Marcial, A. Pastor, Corrales (Camps). Cali, Colombia. 4-56 p.

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal -CENTA- (2008). Guía técnica, programa de granos básicos cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). San Andrés, La Libertad, El Salvador. 125 p.

David S. (1998). Producción de frijol: manuales para productores de frijol en pequeña escala. Manual 1. Red de investigación de frijol en África, serie de publicaciones ocasionales, No. 29. CIAT, Kampala, Uganda. 70 p.

Debouck DG, Hidalgo R. (1984). Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, Colombia. 86 p.

Espinoza, E. (2009). Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de frijol canario cv. Centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Tesis para optar el grado de *Magister*

*Scientiae*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela De Post Grado, Especialidad de Producción Agrícola. Lima, Perú. 179 p.

Freytag, G. y Debouck, D. (2002) Taxonomía, distribución y ecología del género *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionideae) en América del norte, México y América Central. SIDA, Miscelánea botánica 23. Instituto de investigación botánica de Texas. Fort Worth, Estados Unidos. 300 p

Fernández, F.; Gepts, P. y López, M. (2006). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT-. Cali, Colombia. 44 p

Flores, E. (2004.) Breve historia de la comida mexicana, De bolsillo, México. 48 p.

González, M. (1988). Enfermedades fungosas del frijol en Cuba. Editorial Científico-Técnico, La Habana, Cuba. 88 p.

Hernández, J. (2009). El cultivo del frijol. Manual de recomendaciones técnicas. San José, Costa Rica. 77 p.

Hernández, L. y Barquero, E. (2003). Evaluación de 16 variedades de frijol común negro (*Phaseolus vulgaris* L.), en época de primera en Compañía, Carazo. Managua, Nicaragua.

Holdridge, L. R. (1985). Taller sobre mapificación ecológica en el nivel de zona de vida. s. n. 21 p.

IICA, COSUDE y Proyecto RED SICTA (2014). Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Consultado 4 de mayo de 2016. Disponible <https://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3846E/A3846E.PDF>

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (2006). Ficha técnica de la variedad ICTA Petén. Guatemala, Guatemala. 2 p.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (1996). Ficha técnica de la variedad ICTA Hunapú. Guatemala, Guatemala. 2 p.

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (1989). Ficha técnica de la variedad ICTA Altense. Guatemala, Guatemala. 2 p.

Jasso, C. y Martínez, M. (2012). Guía para producir semilla mejorada de frijol con fertirriego en San Luis Potosí. Publicación especial Núm. MX-0-310305-15-03-17-14-02. Campo Experimental San Luis. Centro Regional del Noreste. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí. México. 30 p.

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (2012). Análisis de la cadena de valor del frijol. Guatemala, Guatemala. 39 p.

Montero, V.; Acosta, J.; Guerrero, B.; Sánchez, B.; y González, M. (2010). Combinación de genes de frijol que le confieren resistencia contra *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger. Rev. fitotec. mex vol.33 spe 4 Chapingo, México. 25 p.

Paredes, L.; Guevara, F. y Bello, L. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México. 205 p.

Pernezny, K. y Kucharek, T. (1999). Enfermedades royas de varias legumbres y maíz en Florida. Servicio de extensión cooperativo de Florida / Instituto de alimentos y ciencias agrícolas / Universidad de Florida. Florida, Estados Unidos. 37 a 42 p.

Parsons, D. B. (2009). Frijol y chícharo. 6° edición. Editorial Trillas S. A. de C. V. Distrito Federal, México. 122 p.

Quintero, E.; Gil, V.; Guzmán, L.; y Castillo, S. (2004). Banco de germoplasma de frijol del CIAP: fuente de resistencia a la roya, *Centro Agrícola* 31 (3-4). La Habana, Cuba. 10-12 p.

Ríos, B. Y Quirós, D. (2002). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivo, Beneficio y Variedades. Convenio Fenalce. Manual de Frijol. Medellín, Colombia. 193 p.

Rosas, J. (2003). Recomendaciones para el manejo Agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigaciones en frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta LitoCom, Tegucigalpa, Honduras, 33 p.

Rosas, J. y Castro, A. (2000). Mejoramiento Genético del Fríjol Rojo Mesoamericano en Centro América y El Caribe. Reunión Anual del PCCMCA. XLVI- 2000; San Juan, Puerto Rico, 2000. Tegucigalpa, Honduras. 49 p.

Samayoa, L. (2010). Explotación de la nueva variación genética y mejora genética del complejo de *Phaseolus vulgaris* L. Grupo de Leguminosas del Departamento de Recursos Fitogenéticos de la Misión Biológica de Galicia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, (MBG–CSIC), Pontevedra, España. 125 p.

Simmons, C.; Tárano, J.; y, Pinto, J. (1959). Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Editorial del Ministerio de Educación Pública, José Pineda Ibarra. 1,000 p.

Singh, S. (1992). Conceptos básicos de mejoramiento de frijol por hibridación. En: Frijol, Investigación y Producción. Editado por Fernández, F.; Schoonhoven, A. y López, M. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 114-126 p.

Stavely, J. (1984). Especialización patógeno en *Uromyces phaseoli* en Estados Unidos y la resistencia de moho en las habas. Enfermedad de la planta 68:95-99.

Tapia, H. y Camacho, A. (1988). Manejo integrado de producción de frijol basado en labranza cero. GTZ. Managua, Nicaragua. 35- 44 p.

Valladares, C. (2010). Taxonomía y botánica de los cultivos de grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), Departamento de Producción Vegetal. La Ceiba, Honduras. 28 p.

Vallejo, B. y Martínez, L. (2005). Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano color rojo (*Phaseolus vulgaris* L.), en la Estación Experimental La Compañía, Carazo, 2004-2005. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Sanidad Vegetal. Managua, Nicaragua. 42 p.

Voysest, V. (2000). Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Centro Americano de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 195 p.

Voysest, O. (1983). Variedades de frijol en América Latina y su origen. Programa de Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 87 p.

Yzarra, W. y López, F. (2015). Manual de observaciones fenológicas. Ministerio de Agricultura del Perú, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima, Perú. 99 p.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1.

**Porcentajes de incidencia de roya 30 días. Fórmula  $\sqrt{x}$  x Raíz cuadrada.**

Tratamiento	Porcentajes originales				Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{x}$			
	Repeticiones			Porcentaje Promedio	Repeticiones			Porcentaje Promedio
	I	II	III		I	II	III	
GORGOJOS 4	0	6	11	6	0.00	2.36	3.33	1.90
GORGOJOS 5	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
GORGOJOS 6	0	6	11	6	0.00	2.36	3.33	1.90
ICTA LIGERO (TS)	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
ICTA HUNAPÚ (TR)	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	0	6	11	6	0.00	2.36	3.33	1.90
ICTA CH-12 ZS-17	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
ICTA CH-12 SL-3	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 LXRAV-5	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 VRZo1-5	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
ICTA CH-12 SL-21	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 VRP-16	6	11	11	9	2.36	3.33	3.33	3.01
ICTA CH-12 Pseq-3	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 SJU 1040-18	0	6	0	2	0.00	2.36	0.00	0.79
ICTA CH-12 SL-40	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 SL-19	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 VRL-6	6	6	6	6	2.36	2.36	2.36	2.36
ICTA CH-12 VRZo1-3	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 SL-13	6	11	6	7	2.36	3.33	2.36	2.68
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ICTA CH-12 SSEQ-1	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ICTA CH-12 SJU 1040-14	6	6	17	9	2.36	2.36	4.08	2.93
ICTA CH-12 25-43	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68

**Anexo 2.**  
**Porcentajes de incidencia de roya 45 días.**

Tratamiento	Porcentajes originales			Porcentaje Promedio	Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{X}$			Porcentaje Promedio
	Repeticiones				Repeticiones			
	I	II	III		I	II	III	
GORGOJOS 4	6	11	22	13	2.36	3.33	4.71	3.47
GORGOJOS 5	6	11	17	11	2.36	3.33	4.08	3.26
GORGOJOS 6	6	11	17	11	2.36	3.33	4.08	3.26
ICTA LIGERO (TS)	0	6	11	6	0.00	2.36	3.33	1.90
ICTA HUNAPÚ (TR)	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	6	11	22	13	2.36	3.33	4.71	3.47
ICTA CH-12 ZS-17	0	6	22	9	0.00	2.36	4.71	2.36
ICTA CH-12 SL-3	6	6	6	6	2.36	2.36	2.36	2.36
ICTA CH-12 LXRAV-5	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 VRZo1-5	0	6	6	4	0.00	2.36	2.36	1.57
ICTA CH-12 SL-21	0	11	11	7	0.00	3.33	3.33	2.22
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	0	0	11	4	0.00	0.00	3.33	1.11
ICTA CH-12 VRP-16	6	17	22	15	2.36	4.08	4.71	3.72
ICTA CH-12 Pseq-3	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 SJU 1040-18	0	6	11	6	0.00	2.36	3.33	1.90
ICTA CH-12 SL-40	6	6	17	9	2.36	2.36	4.08	2.93
ICTA CH-12 SL-19	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 VRL-6	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 VRZo1-3	6	11	11	9	2.36	3.33	3.33	3.01
ICTA CH-12 SL-13	11	11	11	11	3.33	3.33	3.33	3.33
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	0	0	6	2	0.00	0.00	2.36	0.79
ICTA CH-12 SSEQ-1	0	0	11	4	0.00	0.00	3.33	1.11
ICTA CH-12 SJU 1040-14	6	6	17	9	2.36	2.36	4.08	2.93
ICTA CH-12 25-43	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68

**Anexo 3.**  
**Porcentajes de incidencia de roya 60 días**

Tratamiento	Porcentajes originales			Porcentaje Promedio	Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{X}$			Porcentaje Promedio
	Repeticiones				Repeticiones			
	I	II	III		I	II	III	
GORGOJOS 4	11	17	28	19	3.33	4.08	5.27	4.23
GORGOJOS 5	11	17	22	17	3.33	4.08	4.71	4.04
GORGOJOS 6	11	17	22	17	3.33	4.08	4.71	4.04
ICTA LIGERO (TS)	6	11	17	11	2.36	3.33	4.08	3.26
ICTA HUNAPÚ (TR)	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	11	17	28	19	3.33	4.08	5.27	4.23
ICTA CH-12 ZS-17	6	11	28	15	2.36	3.33	5.27	3.65
ICTA CH-12 SL-3	6	11	6	7	2.36	3.33	2.36	2.68
ICTA CH-12 LXRAV-5	0	17	6	7	0.00	4.08	2.36	2.15
ICTA CH-12 VRZo1-5	6	17	11	11	2.36	4.08	3.33	3.26
ICTA CH-12 SL-21	6	22	11	13	2.36	4.71	3.33	3.47
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	6	17	11	11	2.36	4.08	3.33	3.26
ICTA CH-12 VRP-16	11	22	28	20	3.33	4.71	5.27	4.44
ICTA CH-12 Pseq-3	11	11	17	13	3.33	3.33	4.08	3.58
ICTA CH-12 SJU 1040-18	6	17	11	11	2.36	4.08	3.33	3.26
ICTA CH-12 SL-40	11	22	17	17	3.33	4.71	4.08	4.04
ICTA CH-12 SL-19	6	11	6	7	2.36	3.33	2.36	2.68
ICTA CH-12 VRL-6	11	17	11	13	3.33	4.08	3.33	3.58
ICTA CH-12 VRZo1-3	17	22	11	17	4.08	4.71	3.33	4.04
ICTA CH-12 SL-13	11	17	11	13	3.33	4.08	3.33	3.58
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	6	6	11	7	2.36	2.36	3.33	2.68
ICTA CH-12 SSEQ-1	6	11	11	9	2.36	3.33	3.33	3.01
ICTA CH-12 SJU 1040-14	11	22	17	17	3.33	4.71	4.08	4.04
ICTA CH-12 25-43	11	11	17	13	3.33	3.33	4.08	3.58

**Anexo 4.**  
**Porcentajes de severidad de roya 30 días.**

Tratamiento	Porcentajes originales				Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{X}$				
	Repeticiones			Porcentaje Promedio	Repeticiones			Porcentaje Promedio	
	I	II	III		I	II	III		
GORGOJOS 4	0.00	10.00	3.00	4.33	0.00	3.16	1.73	1.63	
GORGOJOS 5	0.00	10.00	10.00	6.67	0.00	3.16	3.16	2.11	
GORGOJOS 6	0.00	10.00	10.00	6.67	0.00	3.16	3.16	2.11	
ICTA LIGERO (TS)	0.00	20.00	10.00	10.00	0.00	4.47	3.16	2.54	
ICTA HUNAPÚ (TR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	0.00	0.00	10.00	3.33	0.00	0.00	3.16	1.05	
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	0.00	10.00	20.00	10.00	0.00	3.16	4.47	2.54	
ICTA CH-12 ZS-17	0.00	10.00	10.00	6.67	0.00	3.16	3.16	2.11	
ICTA CH-12 SL-3	0.00	0.00	10.00	3.33	0.00	0.00	3.16	1.05	
ICTA CH-12 LXRAV-5	0.00	0.00	10.00	3.33	0.00	0.00	3.16	1.05	
ICTA CH-12 VRZo1-5	0.00	10.00	10.00	6.67	0.00	3.16	3.16	2.11	
ICTA CH-12 SL-21	0.00	10.00	10.00	6.67	0.00	3.16	3.16	2.11	
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	0.00	0.00	10.00	3.33	0.00	0.00	3.16	1.05	
ICTA CH-12 VRP-16	10.00	20.00	20.00	16.67	3.16	4.47	4.47	4.04	
ICTA CH-12 Pseq-3	10.00	10.00	20.00	13.33	3.16	3.16	4.47	3.60	
ICTA CH-12 SJU 1040-18	0.00	10.00	0.00	3.33	0.00	3.16	0.00	1.05	
ICTA CH-12 SL-40	10.00	10.00	20.00	13.33	3.16	3.16	4.47	3.60	
ICTA CH-12 SL-19	0.00	0.00	10.00	3.33	0.00	0.00	3.16	1.05	
ICTA CH-12 VRL-6	10.00	10.00	10.00	10.00	3.16	3.16	3.16	3.16	
ICTA CH-12 VRZo1-3	10.00	10.00	20.00	13.33	3.16	3.16	4.47	3.60	
ICTA CH-12 SL-13	10.00	20.00	10.00	13.33	3.16	4.47	3.16	3.60	
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ICTA CH-12 SSEQ-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ICTA CH-12 SJU 1040-14	10.00	10.00	25.00	15.00	3.16	3.16	5.00	3.77	
ICTA CH-12 25-43	10.00	10.00	20.00	13.33	3.16	3.16	4.47	3.60	

**Anexo 5.**  
**Porcentajes de severidad de roya 45 días**

Tratamiento	Porcentajes originales				Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{X}$ raíz				
	Repeticiones			Porcentaje Promedio	Repeticiones			Porcentaje Promedio	
	I	II	III		I	II	III		
GORGOJOS 4	20.00	20.00	25.00	21.67	4.47	4.47	5.00	4.65	
GORGOJOS 5	25.00	20.00	25.00	23.33	5.00	4.47	5.00	4.82	
GORGOJOS 6	15.00	25.00	30.00	23.33	3.87	5.00	5.48	4.78	
ICTA LIGERO (TS)	0.00	10.00	20.00	10.00	0.00	3.16	4.47	2.54	
ICTA HUNAPÚ (TR)	0.00	0.00	30.00	10.00	0.00	0.00	5.48	1.83	
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	0.00	0.00	45.00	15.00	0.00	0.00	6.71	2.24	
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	15.00	15.00	35.00	21.67	3.87	3.87	5.92	4.55	
ICTA CH-12 ZS-17	0.00	20.00	35.00	18.33	0.00	4.47	5.92	3.46	
ICTA CH-12 SL-3	15.00	5.00	10.00	10.00	3.87	2.24	3.16	3.09	
ICTA CH-12 LXRAV-5	0.00	0.00	45.00	15.00	0.00	0.00	6.71	2.24	
ICTA CH-12 VRZo1-5	0.00	15.00	35.00	16.67	0.00	3.87	5.92	3.26	
ICTA CH-12 SL-21	0.00	20.00	40.00	20.00	0.00	4.47	6.32	3.60	
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	0.00	0.00	55.00	18.33	0.00	0.00	7.42	2.47	
ICTA CH-12 VRP-16	5.00	32.00	35.00	24.00	2.24	5.66	5.92	4.60	
ICTA CH-12 Pseq-3	20.00	10.00	20.00	16.67	4.47	3.16	4.47	4.04	
ICTA CH-12 SJU 1040-18	0.00	5.00	10.00	5.00	0.00	2.24	3.16	1.80	
ICTA CH-12 SL-40	10.00	10.00	30.00	16.67	3.16	3.16	5.48	3.93	
ICTA CH-12 SL-19	0.00	0.00	25.00	8.33	0.00	0.00	5.00	1.67	
ICTA CH-12 VRL-6	15.00	10.00	20.00	15.00	3.87	3.16	4.47	3.84	
ICTA CH-12 VRZo1-3	20.00	20.00	25.00	21.67	4.47	4.47	5.00	4.65	
ICTA CH-12 SL-13	25.00	25.00	25.00	25.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	0.00	0.00	35.00	11.67	0.00	0.00	5.92	1.97	
ICTA CH-12 SSEQ-1	0.00	0.00	40.00	13.33	0.00	0.00	6.32	2.11	
ICTA CH-12 SJU 1040-14	10.00	10.00	30.00	16.67	3.16	3.16	5.48	3.93	
ICTA CH-12 25-43	10.00	10.00	20.00	13.33	3.16	3.16	4.47	3.60	

**Anexo 6.**  
**Porcentajes de severidad de roya 60 días.**

Tratamiento	Porcentajes originales				Porcentajes transformados con la fórmula $\sqrt{X}$			
	Repeticiones			Porcentaje Promedio	Repeticiones			Porcentaje Promedio
	I	II	III		I	II	III	
GORGOJOS 4	45	30	40	38.33	6.71	5.48	6.32	6.17
GORGOJOS 5	30	50	35	38.33	5.48	7.07	5.92	6.15
GORGOJOS 6	30	35	45	36.67	5.48	5.92	6.71	6.03
ICTA LIGERO (TS)	20	40	35	31.67	4.47	6.32	5.92	5.57
ICTA HUNAPÚ (TR)	15	25	40	26.67	3.87	5.00	6.32	5.07
PR1(XRV 40-4/PR0301-181)	15	40	55	36.67	3.87	6.32	7.42	5.87
PR2 (PR0886-72/XRAV 40-4)	30	35	60	41.67	5.48	5.92	7.75	6.38
ICTA CH-12 ZS-17	15	30	55	33.33	3.87	5.48	7.42	5.59
ICTA CH-12 SL-3	30	45	15	30.00	5.48	6.71	3.87	5.35
ICTA CH-12 LXRAV-5	0	60	70	43.33	0.00	7.75	8.37	5.37
ICTA CH-12 VRZo1-5	30	45	25	33.33	5.48	6.71	5.00	5.73
ICTA CH-12 SL-21	15	55	45	38.33	3.87	7.42	6.71	6.00
ICTA LIGERO (ICTA LIGERO/SB)	20	45	30	31.67	4.47	6.71	5.48	5.55
ICTA CH-12 VRP-16	25	50	60	45.00	5.00	7.07	7.75	6.61
ICTA CH-12 Pseq-3	25	30	45	33.33	5.00	5.48	6.71	5.73
ICTA CH-12 SJU 1040-18	10	30	25	21.67	3.16	5.48	5.00	4.55
ICTA CH-12 SL-40	20	50	40	36.67	4.47	7.07	6.32	5.96
ICTA CH-12 SL-19	20	35	30	28.33	4.47	5.92	5.48	5.29
ICTA CH-12 VRL-6	30	40	25	31.67	5.48	6.32	5.00	5.60
ICTA CH-12 VRZo1-3	45	60	30	45.00	6.71	7.75	5.48	6.64
ICTA CH-12 SL-13	35	40	30	35.00	5.92	6.32	5.48	5.91
ICTA CH-12 ZJU 1040-3	20	15	40	25.00	4.47	3.87	6.32	4.89
ICTA CH-12 SSEQ-1	15	25	45	28.33	3.87	5.00	6.71	5.19
ICTA CH-12 SJU 1040-14	30	55	45	43.33	5.48	7.42	6.71	6.53
ICTA CH-12 25-43	25	40	40	35.00	5.00	6.32	6.32	5.88

**Anexo 7.**  
**Datos de campo a días a floración de los 25 materiales de frijol evaluados.**

Repetición 1					
21	11	16	1	6	
47.00	47.00	43.00	47.00	43.00	
23	3	18	13	8	
47.00	43.00	43.00	47.00	50.00	
24	19	4	14	9	
47.00	43.00	43.00	43.00	43.00	
7	22	2	12	17	
43.00	47.00	43.00	43.00	43.00	
15	25	5	20	10	
43.00	43.00	50.00	50.00	50.00	
Repetición 2					
13	19	22	1	5	
43.00	47.00	47.00	43.00	50.00	
16	24	7	10	3	
47.00	50.00	43.00	47.00	43.00	
17	4	8	20	11	
43.00	43.00	47.00	47.00	47.00	
14	2	23	6	15	
47.00	47.00	47.00	47.00	43.00	
21	25	18	9	12	
43.00	47.00	43.00	43.00	43.00	
Repetición 3					
23	12	4	5	16	
43.00	43.00	43.00	50.00	43.00	
7	14	18	20	1	
43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	
8	10	19	21	2	
43.00	43.00	50.00	43.00	43.00	
17	13	25	24	6	
43.00	43.00	43.00	47.00	43.00	
11	22	9	3	15	
43.00	50.00	43.00	50.00	43.00	

Número de material  
 Datos de campo



**Anexo 8.**  
**Datos de campo a días de madurez fisiológica de los 25 materiales de frijol evaluados.**

Repetición 1					
21	11	16	1	6	
79.00	79.00	72.00	75.00	72.00	
23	3	18	13	8	
75.00	75.00	72.00	79.00	83.00	
24	19	4	14	9	
79.00	72.00	72.00	72.00	72.00	
7	22	2	12	17	
72.00	75.00	72.00	72.00	72.00	
15	25	5	20	10	
72.00	72.00	81.00	81.00	81.00	
Repetición 2					
13	19	22	1	5	
72.00	79.00	79.00	72.00	81.00	
16	24	7	10	3	
75.00	83.00	72.00	75.00	72.00	
17	4	8	20	11	
72.00	72.00	79.00	75.00	75.00	
14	2	23	6	15	
79.00	75.00	75.00	75.00	72.00	
21	25	18	9	12	
72.00	75.00	72.00	72.00	72.00	
Repetición 3					
23	12	4	5	16	
72.00	72.00	72.00	81.00	72.00	
7	14	18	20	1	
72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	
8	10	19	21	2	
72.00	72.00	83.00	72.00	72.00	
17	13	25	24	6	
72.00	72.00	72.00	79.00	72.00	
11	22	9	3	15	
72.00	81.00	72.00	83.00	72.00	

Número de material  
 Datos de campo



**Anexo 9.**  
**Datos de campo a días de cosecha de los 25 materiales de frijol evaluados.**

Repetición 1

21	11	16	1	6
86.00	86.00	86.00	88.00	86.00
23	3	18	13	8
88.00	94.00	86.00	94.00	94.00
24	19	4	14	9
86.00	86.00	86.00	86.00	86.00
7	22	2	12	17
86.00	94.00	64.00	88.00	86.00
15	25	5	20	10
86.00	88.00	101.00	88.00	88.00

Repetición 2

13	19	22	1	5
86.00	88.00	94.00	94.00	101.00
16	24	7	10	3
88.00	94.00	88.00	86.00	94.00
17	4	8	20	11
86.00	86.00	94.00	94.00	86.00
14	2	23	6	15
94.00	94.00	86.00	86.00	86.00
21	25	18	9	12
86.00	86.00	86.00	86.00	86.00

Repetición 3

23	12	4	5	16
86.00	86.00	86.00	101.00	86.00
7	14	18	20	1
86.00	88.00	88.00	88.00	88.00
8	10	19	21	2
88.00	94.00	94.00	86.00	94.00
17	13	25	24	6
86.00	86.00	86.00	94.00	94.00
11	22	9	3	15
86.00	94.00	86.00	94.00	86.00

Número de material  
 Datos de campo



**Anexo 10.**

**Datos de campo de número de vainas por planta de los 25 materiales de frijol evaluados.**

Repetición 1

21	11	16	1	6
68	55	42	30	54
23	3	18	13	8
52	59	67	65	35
24	19	4	14	9
44	55	66	25	49
7	22	2	12	17
20	55	52	43	51
15	25	5	20	10
56	70	71	56	48

Repetición 2

13	19	22	1	5
47	49	52	22	32
16	24	7	10	3
38	14	25	38	24
17	4	8	20	11
26	39	35	21	52
14	2	23	6	15
31	34	58	46	44
21	25	18	9	12
51	49	47	45	47

Repetición 3

23	12	4	5	16
41	32	33	39	34
7	14	18	20	1
27	26	29	17	7
8	10	19	21	2
30	32	40	33	22
17	13	25	24	6
31	30	51	30	56
11	22	9	3	15
44	52	42	38	35

Número de material  
Datos de campo



**Anexo 11.**

**Datos de campo de número de granos por vaina de los 25 materiales de frijol evaluados.**

Repetición 1

21	11	16	1	6
5	4	4	1	4
23	3	18	13	8
5	4	3	4	5
24	19	4	14	9
4	4	4	5	4
7	22	2	12	17
4	4	3	5	5
15	25	5	20	10
5	4	5	4	5

Repetición 2

13	19	22	1	5
5	4	4	3	5
16	24	7	10	3
4	5	6	5	3
17	4	8	20	11
3	3	4	4	2
14	2	23	6	15
3	4	4	5	5
21	25	18	9	12
5	6	6	5	4

Repetición 3

23	12	4	5	16
6	7	6	5	5
7	14	18	20	1
5	4	4	6	5
8	10	19	21	2
5	4	4	6	5
17	13	25	24	6
5	6	5	5	5
11	22	9	3	15
6	4	4	4	4

Número de material  
Datos de campo



## Anexo 12.

### Datos de campo del peso de 100 granos de los 25 materiales de frijol evaluados.

Repetición 1

21	11	16	1	6
16.00	20.70	23.60	20.00	22.30
23	3	18	13	8
20.60	19.80	24.50	20.10	20.00
24	19	4	14	9
22.00	21.30	17.70	26.30	21.80
7	22	2	12	17
21.60	23.60	18.20	21.30	21.60
15	25	5	20	10
21.90	21.30	25.80	22.50	24.50

Repetición 2

13	19	22	1	5
23.80	22.40	23.20	18.80	25.80
16	24	7	10	3
22.60	21.40	22.80	21.00	19.00
17	4	8	20	11
20.80	18.10	21.80	22.80	19.00
14	2	23	6	15
24.80	18.50	23.50	21.30	24.10
21	25	18	9	12
22.70	24.70	20.00	19.00	20.00

Repetición 3

23	12	4	5	16
19.70	21.50	19.70	27.10	20.80
7	14	18	20	1
21.20	23.50	19.20	19.30	17.80
8	10	19	21	2
21.40	21.80	23.30	22.50	18.00
17	13	25	24	6
21.90	28.30	20.60	21.30	23.70
11	22	9	3	15
20.30	24.00	22.60	22.10	22.10

Número de material  
Datos de campo



### Anexo 13.

#### Datos de campo del rendimiento kg/ha de los 25 materiales de frijol evaluados.

Repetición 1

21	11	16	1	6
660.24	909.76	1,204.52	778.57	929.76
23	3	18	13	8
1055.71	656.67	999.05	980.95	1031.19
24	19	4	14	9
817.62	892.14	910.00	810.24	862.38
7	22	2	12	17
871.43	1,050.48	596.43	939.52	877.62
15	25	5	20	10
880.95	785.00	1,277.38	847.62	913.33

Repetición 2

13	19	22	1	5
393.80	378.50	607.50	158.00	495.40
16	24	7	10	3
231.10	155.90	186.80	339.90	206.41
17	4	8	20	11
204.00	276.20	265.59	179.80	283.50
14	2	23	6	15
130.60	306.10	430.90	320.90	322.90
21	25	18	9	12
454.70	576.90	492.80	295.20	251.30

Repetición 3

23	12	4	5	16
358.51	316.10	334.20	542.30	301.20
7	14	18	20	1
199.50	112.90	243.80	201.70	169.00
8	10	19	21	2
161.20	267.70	256.70	292.20	170.80
17	13	25	24	6
252.60	297.60	290.05	247.00	258.70
11	22	9	3	15
286.10	252.30	233.00	199.30	194.90

Número de material  
Datos de campo

