

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS
AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO
Phaseolus vulgaris L. ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS
(0 – 1200 msnm), MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,
CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2019”

KEVIN OMAR VILLEDA MONROY

CHIQUIMULA, GUATEMALA, JULIO 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS
AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO
Phaseolus vulgaris L. ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS
(0 – 1200 msnm), MUNICIPIO DE CHIQUIMULA,
CHIQUMULA, GUATEMALA, 2019”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

KEVIN OMAR VILLEDA MONROY

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, JULIO 2020

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



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	P.E.M. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	Ph.D. Rodolfo Augusto Chicas Soto

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Ph.D. Rodolfo Augusto Chicas Soto
M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

TERNA EVALUADORA

Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte
Ing. Agr. Servio Dario Villela Morataya
M.Sc. Godofredo Ayala Ruiz

Guatemala, julio 2020

Señores:

Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Ciudad Chiquimula

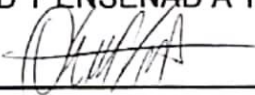
Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: "EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO *Phaseolus vulgaris* L. ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS (0 – 1200 msnm), MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2019", como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente:

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



Kevin Omar Villeda Monroy

REF-PTG- HRVV-07-2020
Chiquimula, febrero de 2020

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Kevin Omar Villeda Monroy carné: 201046440, en el trabajo de investigación denominado: **"EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS (0-1200 msnm), MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2019"**. Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

MSc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-036/2020

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **KEVIN OMAR VILLEDA MONROY** titulado **“EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJO NEGRO Phaseolus vulgaris L. ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS (0-1200 msnm) MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA GUATEMALA, 2019”**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a doce de junio de dos mil veinte.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS:	Por la bendición y sabiduría al guiar mi vida.
A MIS PADRES:	Byron Amílcar Villeda Jácome y Ada Maritza Monroy Tejada por su guía y apoyo constante.
A MI HERMANO:	Byron Estuardo Villeda Monroy por su apoyo y compañía.
A MI COMPAÑERA DE VIDA:	Dilsy Gabriela Grant Morales por su constante apoyo y amor.
A MIS ABUELOS:	Víctor Villeda (QEPD), Alicia Jácome, Rigoberto Monroy y Laura Tejada.
A MIS ASESORES:	MSc. Hugo Villafuerte e Ing. Agr. José Figueroa, por la orientación brindada en cada fase del proceso de investigación.
A MIS CATEDRÁTICOS:	Por fomentar la ciencia e ingeniería adecuada para mi formación profesional.
A CUNORI-USAC:	Por ser el centro educativo de mi formación profesional.
A ICTA:	Por proporcionar las condiciones necesarias para el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	3
2.1. Planteamiento del problema	3
2.2. Antecedentes	4
2.3. Justificación	6
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1. Generalidades del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	8
3.1.1. Origen	8
3.1.2. Taxonomía	9
3.1.3. Morfología	9
3.1.4. Valor nutricional	12
3.2. Fenología del cultivo	13
3.2.1. Fase vegetativa	13
3.2.2. Fase reproductiva	13
3.2.3. Etapas del desarrollo del frijol	14
3.3. Requerimientos edafoclimáticos	15
3.3.1. Clima	15
3.3.2. Precipitación	16
3.3.3. Temperatura	16
3.3.4. Humedad relativa	17
3.3.5. Suelo y pH	17
3.4. Plagas	17
3.4.1. Gallina Ciega (<i>Phyllophaga spp.</i>)	17
3.4.2. Babosas o chimilca (<i>Sarasinula plebeia</i>)	18
3.4.3. Falso minador (<i>Trichoplusia ni</i> , Hubner)	19
3.4.4. Tortuguillas del frijol (<i>Epilachna varivestis</i> Mulsant)	19
3.4.5. Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> , Gennadius)	20

3.5. Enfermedades	21
3.5.1. Enfermedades causadas por hongos	21
3.5.2. Enfermedades causadas por bacterias	26
3.5.3. Virus del mosaico dorado del frijol	27
3.6. Mejoramiento genético del frijol	28
3.6.1. Método de selección genealógico (Pedigree)	28
3.6.2. Aplicaciones del fitomejoramiento clásico	29
4. MARCO REFERENCIAL	31
4.1. Ubicación y descripción del área experimental	31
4.1.1. Municipio de Chiquimula	31
4.2. Recursos biofísicos	31
4.2.1. Clima	31
4.2.2. Zona de vida	32
4.3. Recursos naturales	32
4.3.1. Suelo	32
4.3.2. Agua	32
4.4. Vías de acceso	33
4.5. Características agronómicas de los cultivares	33
4.5.1. Líneas avanzadas evaluadas	33
4.5.2. Variedades de frijol evaluadas	35
5. MARCO METODOLÓGICO	36
5.1. Objetivos	36
5.1.1. Objetivo general	36
5.1.2. Objetivos específicos	36
5.2. Hipótesis	36
5.3. Variables respuesta	37
5.3.1. Rendimiento de grano (kg/ha) al 14% de contenido de humedad del grano	37
5.3.2. Días a floración (dds)	37
5.3.3. Días a madurez fisiológica (dds)	37
5.3.4. Enfermedades (Resistencia – Susceptibilidad)	37

5.4. Metodología del experimento	38
5.4.1. Diseño experimental	38
5.4.2. Modelo estadístico	39
5.4.3. Tamaño del área experimental	39
5.4.4. Tamaño de la unidad experimental	39
5.4.5. Tamaño de la parcela neta	40
5.4.6. Tratamientos	40
5.4.7. Distribución de los tratamientos	41
5.5. Manejo del experimento	41
5.5.1. Preparación del terreno	41
5.5.2. Siembra	41
5.5.3. Época de siembra	41
5.5.4. Fertilización	42
5.5.5. Control de plagas	42
5.5.6. Cosecha	42
5.5.7. Toma de datos	42
5.6. Análisis estadístico	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
6.1. Días a floración (DF)	44
6.2. Valoración del virus del mosaico dorado del frijol (lecturas a los 40 dds y 60 dds)	46
6.3. Valoración de la mancha angular del frijol (lecturas a los 40 dds y 60 dds)	49
6.4. Días a madurez fisiológica	51
6.5. Rendimiento de grano	53
7. CONCLUSIONES	58
8. RECOMENDACIONES	60
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
10. ANEXOS	68

CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Taxonomía del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	9
2	Fase vegetativa del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	14
3	Fase reproductiva del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	15
4	Líneas seleccionadas de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) para evaluación preliminar, Chiquimula 2018.	34
5	Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos.	38
6	Tratamientos evaluados de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2018.	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS		PÁGINA
1	Análisis de varianza de la variable días a floración de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	44
2	Análisis de varianza de la variable días a madurez fisiológica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	51
3	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	53
4	Integración de las variables evaluadas de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	57

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN		PÁGINA
1	Delimitación de la finca experimental la “Vega” CUNORI, Chiquimula 2018.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Distribución espacial de las unidades experimentales, Chiquimula 2018.	41

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA		PÁGINA
1	Medias para la variable días a floración de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	45
2	Calificación de resistencia – susceptibilidad del virus mosaico dorado del frijol y su relación con la incidencia poblacional de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.	46
3	Calificación de resistencia – susceptibilidad del virus mosaico dorado del frijol y la relación con la incidencia poblacional de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.	47

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA		PÁGINA
4	Calificación de resistencia – susceptibilidad de la mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.	49
5	Calificación de resistencia – susceptibilidad de la mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.	50
6	Medias de la variable días a madurez fisiológica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula 2019.	52
7	Medias para la variable rendimiento de grano y curva de severidad del Virus del mosaico dorado del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Chiquimula, 2019.	55

RESUMEN

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VEINTITRÉS LÍNEAS AVANZADAS Y DOS VARIEDADES DE FRIJOL NEGRO *Phaseolus vulgaris* L. ADAPTADAS A LAS ZONAS BAJAS (0 – 1200 msnm), MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2019.

La presente investigación se realizó con el objetivo de generar información sobre el respuesta genético-ambiental y el rendimiento de veintitrés líneas avanzadas y dos testigos comerciales de frijol *Phaseolus vulgaris* L., producidos bajo condiciones parciales de manejo. Para el desarrollo de la investigación se estableció una unidad experimental en la “Vega” Cunori, municipio de Chiquimula, Chiquimula. Se utilizó el diseño experimental denominado Alpha Látiçe con 25 tratamientos y 3 repeticiones. Todos los tratamientos se sometieron al mismo manejo desde la etapa de siembra hasta la cosecha.

Los tratamientos evaluados fueron constituidos por cultivares de frijol negro, siendo estos: ICTA CH-12 ZP-17, BCN 112-96, BCN 112-97, BCN 112-98, FEZ 0528-87, ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477), ICTA LIGERO/Fe23823-4-5, ICTA LIGERO/Fe23823-4-10, ICTA LIGERO/Fe23823-4-7, PR1416-168, PR1416-205, PR1416-241, PR1423-41, PR1423-97, PR1423-217, PR1423-282, PR1423-143, NSMC 17524-12, 15CF6-006, 15CF6-163, VEF 2016-498, VEF 2016-521, SMN 24. Tratamiento Testigos ICTA Ligero y Pecho Amarillo.

Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de grano en kg/ha, resistencia-susceptibilidad a Virus Mosaico Dorado y Mancha Angular, días a floración, días a madurez fisiológica. La información proporcionada de cada tratamiento fue analizada estadísticamente, a través del análisis de varianza por el método de Modelos lineales mixtos y comparación de medias utilizando la prueba DGC. El análisis de la información permitió determinar que los tratamientos evaluados son estadísticamente diferentes, la integración de las variables analizadas en esta investigación permite sugerir que las líneas avanzadas: ICTA CH-12 ZP-17, ICTA LIGERO/Fe23823-4-7, PR 1416-168, PR 1423-97, BCN 112-98, PR 1416-241 sean consideradas como líneas promisorias para nuevas evaluaciones.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol en Guatemala ha sido cultivado básicamente para autoconsumo, siendo la principal fuente de proteína vegetal (22%) del guatemalteco, considerándose un cultivo básico en la dieta alimenticia de la población rural. En el país están delimitadas cuatro regiones que sobresalen como productoras de frijol las cuales por orden de importancia son: Región Oriental, Región Altiplano, Región del Norte y la Región del sur, en donde de acuerdo a la Encuesta Agropecuaria del MAGA, el 53.42% es realizada en unidades productivas menores de 7 hectáreas (Aldana, 2010).

Entre los principales cultivos del mundo, el frijol es probablemente uno de los más susceptibles a las enfermedades y a los ataques de insectos (Pastor et al. 1994). Teniendo efecto perjudicial para los productores tradicionales que dependen de la agricultura, y en su mayoría no emplean tecnología e información agrícola para mejorar la producción. Uno de los principales factores que inciden en los bajos rendimientos del cultivo de frijol, es que se emplean variedades criollas (Aldana, 2010).

El cultivo de frijol en la región oriente de Guatemala es afectado por el Virus de Mosaico Dorado del Frijol (VMDF), debido a altas poblaciones de mosca blanca responsable de diseminar e inocular el virus, reduciendo considerablemente los rendimientos por área.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas realiza el mejoramiento genético de plantas por el método genealógico (Pedigree) para superar los factores limitantes para alta producción, significa que las líneas avanzadas fueron sometidos a siete ciclos de cultivo, seleccionando parentales para lograr la complementación de caracteres favorables, en este caso potencial de rendimiento de grano y resistencia al VMDF.

La evaluación agronómica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro corresponde al filial ocho de la selección parental realizado por el método genealógico, esta fase tiene el nombre de “ensayo comparativo de rendimiento” (ECR) y se realizan en distintos ambientes, evaluando principalmente el comportamiento genético de las características de interés y su adaptación al medio seleccionado. Este tipo de ensayos son de carácter preliminar y su función es identificar líneas promisorias, para la siguiente fase en parcelas de mayor tamaño, hasta la generación de variedades comerciales.

La información generada corresponde a una fase técnica del programa de mejoramiento genético de plantas, por ende, la información se reserva de divulgación a productores.

La investigación se realizó con el criterio de manejo parcial del cultivo, con el objetivo de generar información fenotípica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro, a través de la evaluación de las variables: rendimiento de grano, características fisiológicas, resistencia al VMDF y Mancha angular. Se utilizó el diseño experimental denominado Alpha látice 5X5 conformado por tres repeticiones. El ensayo se localizó en “Vega” CUNORI en el municipio de Chiquimula, durante el período de octubre a diciembre de 2018.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Planteamiento del problema

Entre los principales cultivos del mundo, el frijol es probablemente uno de los más susceptibles a las enfermedades y a los ataques de insectos. En la mayoría de las zonas productoras, las enfermedades y plagas constituyen el factor que más significativamente reduce los rendimientos a nivel de finca. Mas de 200 enfermedades y 200 – 450 insectos pueden afectar la productividad del frijol (Pastor & Schwartzrts. 1994).

En la zona productora de frijol entre 0 y 1200 msnm, los factores limitantes más importantes son: Enfermedad del Virus del Mosaico Dorado del Frijol (conocida como mancha amarilla, transmitida por la mosca blanca y causa perdidas de cosecha entre 30 y 100%, dependiendo de la edad de la planta y la población de mosca blanca) (Araya, 2008). La mancha angular, Bacteriosis, Roya, Picudo de la vaina, llluvias mal distribuidas (canícula) (Miranda et al. 2014). Factores que impulsan al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas a iniciar investigaciones en mejoramiento genético en alianza con instituciones internacionales.

El potencial de rendimiento y la resistencia a enfermedades son dos factores que a corto plazo determinarán la productividad en el cultivo del frijol. Por lo que es relevante formar genotipos que posean dichas características, como una herramienta para el desarrollo agrícola.

Actualmente existe demanda de tecnología agrícola aplicable para las condiciones agroclimáticas del municipio de Chiquimula, por lo que una alternativa viable es evaluar germoplasma con potencial de rendimiento en grano y resistencia o tolerancia al virus VMDF.

2.2. Antecedentes

La investigación formal en frijol en Guatemala se inició en 1949 utilizando materiales introducidos de Estados Unidos, en 1950 se reunieron las primeras colecciones de material criollo y se introdujeron variedades de México, entre 1949 y 1954 se evaluó toda la colección respecto a antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya (*Uromyces phaseoli*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y virus mosaico común haciendo selecciones individuales (Voysest, 2010).

En 1954 se reportó que los principales problemas del cultivo del frijol en el altiplano eran causados por *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces phaseoli*, *Ramularia* sp., y mosaico común. Para las zonas bajas se reportó como problema *U. phaseoli*, mosaico amarillo y tizón (Voysest, 2010).

El programa de mejoramiento del frijol se inició en marzo de 1965, con una colección de 181 variedades de frijol de Guatemala y una colección de 1,042 números y 5 variedades de Colombia. En 1970 fue creado el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (Voysest, 2010).

En 1970 se presenta problemas del virus de mosaico dorado, transmitido por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.). En áreas debajo de los 1000 msnm y para mediados de la década ya era considerado el principal problema de la zona sur – oriental, en 1979 ICTA genera tres variedades con altos niveles de resistencia al mosaico dorado (Voysest, 2010).

En 1976 se ampliaron los trabajos en la región del altiplano, en el Centro Experimental de Chimaltenango. En los últimos 15 años se ha logrado un avance considerable en la obtención de cultivares con resistencia a mosaico común y mosaico dorado. Sin embargo, para el altiplano de Guatemala, factores como Ascochyta, Antracnosis, Roya, picudo de la vaina y factores abióticos como la baja fertilidad y estrés a sequía, siguen causando bajas en el rendimiento de frijol (Voysest, 2010).

En 1982 ICTA libera una variedad con madures uniforme y más precoz que el material original. En 1984 el mosaico dorado cobra nueva fuerza, este llega a extenderse a la mayoría de las zonas productoras de Guatemala, sino que progresivamente fue invadiendo las demás zonas productoras de América Central y el Caribe, hasta convertirse en la enfermedad más importante de la región (Voysesst, 2010).

A partir de 1985 las variedades fueron adaptadas a diferentes pisos altitudinales y con niveles crecientes de resistencia a problemas bióticos y con mayor potencial de rendimiento. Las investigaciones en frijol son un reto para los científicos empeñados en mejorar el cultivo, debido a esto aumentar rendimientos significa atacar su susceptibilidad a las enfermedades (Voysesst, 2010).

Su nivel de producción del período 1980-2015 fue creciente, aunque a ritmos irregulares. El volumen mínimo de producción se registró en 1980 con 57.930 t y el volumen máximo fue en 2015 con 244.559 t, un incremento del 322% y una tasa de crecimiento anual del 4,2%. A partir del 2001 el volumen de producción se ha mantenido debido a mayor superficie cultivada y a un ligero aumento del rendimiento. En 2015 la superficie cultivada fue de 252.210 ha. Durante el período 1980-2015, la superficie cosechada tuvo una tasa de crecimiento promedio del 3,9%, y un crecimiento del 290% (CEPAL et al. 2018).

En el país están delimitadas cuatro regiones que sobresalen como productoras de frijol las cuales por orden de importancia son: Región Oriental, Región Altiplano, Región del Norte, y la Región del sur (Villatoro et al. 2011). Petén es el departamento que genera la mayor producción nacional de frijol, el 27% del total; le siguen Jutiapa, con 13%, y Chiquimula, con 10%; lo que significa que entre estos tres departamentos se logra el 50% de la producción nacional (MAGA, 2017).

De acuerdo con la Encuesta Agropecuaria del MAGA, una alta proporción de la producción (53.42%), es realizada en unidades productivas menores de 7 hectáreas

(86.59% de las unidades productivas), que equivale al 66% del área cultivada, lo que significa una baja productividad por unidad de área (Aldana, 2010). Se estima para Chiquimula, rendimientos bajos de 25.97 kg/ha. Estos rendimientos tan bajos se deben a la falta de lluvias, daños por plagas del suelo y virus mosaico dorado.

2.3. Justificación

El departamento de Chiquimula aporta un 10% de la producción nacional de frijol (MAGA, 2017). Sin embargo, uno de los principales factores que inciden en los bajos rendimientos del cultivo de frijol, es que se emplean variedades susceptibles a enfermedades y de bajo potencial de rendimiento (Aldana, 2010). Debido a esto los costos se incrementan casi un 30% debido a las aplicaciones de fertilizantes, insecticidas y fungicidas preventivos (Miranda et al. 2014). El control genético de enfermedades ofrece una alternativa económica y viable para los agricultores.

Los programas de mejoramiento genético elaborado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas están enfocados en la sostenibilidad de los sistemas de producción, con énfasis en agricultores de infra subsistencia, subsistencia y excedentarios, como una contribución al desarrollo agrícola de Guatemala. Las demandas de investigación son dadas por agricultores líderes mediante un pliego de peticiones de los problemas que enfrentan en la producción de frijol.

El desarrollo tecnológico de variedades consiste en seleccionar germoplasma de interés, mediante el método de mejoramiento de plantas Pedigree, posteriormente el germoplasma se evalúa de forma preliminar en distintas localidades, fase actual del germoplasma evaluado, siendo de importancia la realización de la investigación para identificar líneas avanzadas que demuestren una respuesta fenotípica positiva al someterse a factores agroclimáticos y bióticos del municipio de Chiquimula.

El proceso de evaluación de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro generados por el ICTA, adaptadas a las zonas bajas (0 – 1200 msnm), consistió en determinar información necesaria del comportamiento fenotípico,

respecto a precocidad en días a floración y madurez fisiológica, resistencia o susceptibilidad al VMDF y su potencial de rendimiento. El objetivo de la investigación es comparar las líneas avanzadas con un testigo comercial mejorado (ICTA Ligerero) y un testigo local (Pecho amarillo), siendo puntos de referencia para la toma de decisiones sobre la selección de genotipos de interés para solventar los principales problemas en la producción de frijol.

La finalidad de la investigación es identificar germoplasma de interés para progenie, así mismo identificar líneas promisorias tolerantes al VMDF y con mayor potencial de rendimiento, la elaboración de la investigación apoya la fase preliminar del desarrollo de tecnología agrícola para la región oriental del país.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

3.1.1. Origen

México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, o al menos, como el centro primario de diversificación. El cultivo del frijol se considera uno de los más antiguos. Algunos de los hallazgos arqueológicos en México y Sudamérica indican que se conocía hace algunos 5000 años antes de Cristo (Valladares, 2010).

Debido al interés del hombre por esta leguminosa, la selección hecha por las culturas precolombinas generó un gran número de diferentes formas y en consecuencia también de diferentes nombres comunes dentro de los que destacan los de frijol, poroto, alubia, judía, frijol, nuña, habichuela, vainita, caraota y feijoa (Valladares, 2010).

Fue hasta hace no más de medio siglo que se estableció una base sólida de la taxonomía del *Phaseolus*. Su género se ha diferenciado perfectamente de otros tales como *Vigna* y *Macroptilium*, con los cuales se había confundido anteriormente, por lo que ahora se reconoce como de origen americano. Taxonómicamente, el frijol corresponde a la especie del género *Phaseolus* (Valladares, 2010).

3.1.2. Taxonomía

Cuadro 1. Taxonomía del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Subfamilia	<i>Faboideae</i>
Tribu	<i>Phaseoleae</i>
Subtribu	<i>Phaseolinae</i>
Género	<i>Phaseolus</i>
Sección	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Fuente: Valladares, 2010.

3.1.3. Morfología

Se caracteriza por ser una planta anual, herbácea, arbustiva y bastante abundante en hojas; de estación cálida, $\pm$ erecta, con ramas que proceden del tallo principal, las que dependen de las condiciones ambientales, siendo de gran importancia la densidad poblacional, pues también incide en la altura y dureza del tallo; tiene hojas, tallos y vainas pubescentes (Valladares, 2010).

a. Parte subterránea

- **Raíz**

En general, el sistema radical es poco profundo, ya que la mayoría de las raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad (Henríquez et al. 1992).

El tipo de raíz pivotante autentica se presenta en un bajo porcentaje. La planta presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, el que contribuirá a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (Henríquez et al. 1992).

b. Parte aérea

• Tallo

Las plantas poseen un tallo principal, el cual, dependiendo del cultivar, puede presentar un hábito de crecimiento erecto, semierecto, semipostrado o postrado, pudiendo alcanzar de 30 - 90 cm. de longitud, en variedades determinadas. En variedades indeterminadas, puede alcanzar 2 o más m. El tallo está conformado por nudos y entrenudos; al primer nudo se le denomina cotiledones luego aparece el segundo nudo que es el de las hojas primarias unifoliadas, después de estas, el tallo continúa con una sucesión de nudos (punto de intersección de hojas trifoliadas en el tallo y un grupo de yemas axilares) y entrenudos (espacio entre dos nudos) (Valladares, 2010).

Los tallos pueden presentar pelos cortos, pelos largos, una combinación de pelos cortos y largos, o ser glabros. Además de lo señalado, siempre existen pequeños pelos en forma de gancho llamados uncinulados, incluso en los tallos glabros. El número total de nudos en el tallo principal puede fluctuar entre 6 y más de 30. Según su forma y su hábito de crecimiento, los cultivares se agrupan en dos tipos: los de crecimiento determinado y los de crecimiento indeterminado (Valladares, 2010).

Los tipos de crecimiento determinado se ramifican más, la altura total de la planta es menor (30-90 cm.) y al comenzar la floración cesa el desarrollo de esta. Los de crecimiento indeterminado son los trepadores, que tienen la capacidad de seguir desarrollándose después de la floración. Debido a esta circunstancia, la altura de sus tallos puede variar desde los 50 cm hasta los 3 m (Valladares, 2010).

- **Hojas**

Las hojas de frijol son de dos tipos: simples y compuestas; están insertadas en los nudos del tallo y de las ramas. En la planta de frijol sólo hay dos hojas simples: las primarias; éstas aparecen en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis (Henríquez et al. 1992).

Las hojas simples son opuestas, cordiformes, unifoliadas, articuladas, simples y acuminadas; éstas caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas, trifoliadas, son las hojas típicas de frijol. Tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. Tanto el pecíolo como el raquis son acanalados. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado; los dos laterales son asimétricos y también acuminados (Henríquez et al. 1992).

- **Flores**

En el proceso de desarrollo de la flor se pueden distinguir dos estados; el botón floral y la flor completamente abierta. La morfología floral de *Phaseolus vulgaris* L. favorece el mecanismo de autopolinización (Henríquez et al. 1992).

En efecto, las anteras están al mismo nivel que el estigma y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce la dehiscencia de las anteras (antesis) el polen cae directamente sobre el estigma (Henríquez et al. 1992).

- **Fruto o Legumbre**

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Dos suturas aparecen en la unión de las dos valvas; una es la sutura dorsal, llamada placentar; la otra se denomina sutura ventral (Henríquez et al. 1992).

Las futuras semillas alternan en las valvas. Las vainas son generalmente glabras o sub glabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es pilosa. Pueden ser

de diversos colores, uniformes, con rayas, existiendo diferencias entre las vainas jóvenes o estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas. El color depende de la variedad (Henríquez et al. 1992).

- **Semilla**

Las reservas nutritivas de la semilla se concentran en los cotiledones, los cuales pueden ser de varias formas: cilíndrica, de riñón, esférica u otras y su tamaño (pequeño, mediano y grande) se expresa como el peso en gramos de 100 semillas escogidas al azar (Henríquez et al. 1992).

- * Pequeño: menos de 25 g
- * Mediano: 25g a 40g
- * Grande: más de 40 g

3.1.4. Valor nutricional

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína (Valladares, 2010).

Sin embargo, de acuerdo con evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100%. En relación con la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción que energiza en este tipo de alimentos, a pesar de que, durante su cocinado, una parte de la mismo queda indisponible dado que se transforma en el denominado almidón resistente a la digestión (Valladares, 2010).

Dentro de los macronutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5 a 6.2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglícéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los monos y polinsaturados (Valladares, 2010).

El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico (Valladares, 2010).

3.2. Fenología del cultivo

Desde la siembra hasta la cosecha, la planta de frijol pasa por varias etapas de desarrollo; la rapidez con que pasa de una etapa a otra es variable y depende principalmente de la temperatura y del genotipo. La planta de frijol común presenta las siguientes fases (Henríquez et al. 1992).

3.2.1. Fase vegetativa

Se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción (Henríquez et al. 1992).

3.2.2. Fase reproductiva

Se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas (Henríquez et al. 1992).

3.2.3. Etapas de desarrollo del frijol

Cada una de las 10 etapas de la escala corresponde a un estado específico de desarrollo fisiológico y está determinada por un evento inicial y otro final que a su vez determina el comienzo de la siguiente etapa, como se resume a continuación:

Cuadro 2. Fase vegetativa del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

ETAPAS			EVENTO CON QUE SE INICIA CADA ETAPA DEL CULTIVO
FASES	CÓDIGO	NOMBRE	
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación y se inicia esta etapa
	V1	Emergencia	Los cotiledones aparecen en un 50% a nivel del suelo
	V2	Hojas primarias unifoliadas	Las hojas primarias están desplegadas en más del 50% de las plantas
	V3	1era. Hoja trifoliada	50% de las plantas que presenten la primera hoja trifoliolada totalmente desplegada en el tercer nudo del tallo principal, comenzando por el nudo cotiledonal
	V4	3ra. Hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada

Fuente: Henríquez et al. 1992.

Cuadro 3. Fase reproductiva del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

ETAPAS			EVENTO CON QUE SE INICIA CADA ETAPA DEL CULTIVO
FASES	CÓDIGO	NOMBRE	
Reproductiva	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en un 50%
	R6	Floración	Cuando se abren las primeras flores en más del 50%
	R7	Formación de vainas	50% de las plantas que presenten la primera vaina con corola de la flor colgada o desprendida en cualquiera de los nudos del tallo principal
	R8	Llenado de las vainas	50% de las plantas con la primera vaina llena, con granos de tamaño completo y cambios de coloración de verde hasta adquirir el color característico de la variedad
	R9	Maduración	50 % de las plantas con presencia de la primera vaina decolorada y seca, amarillamiento y caída de las hojas

Fuente: Henríquez et al. 1992

3.3. Requerimientos edafoclimáticos

3.3.1. Clima

El frijol está adaptado a regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas, así como zonas subhúmedas. Es un cultivo que se adapta mejor a regiones subtropicales. Pocos frijoles crecen en trópico húmedo caliente. Se adapta desde el trópico hasta las regiones templadas (Ruiz et al. 2013).

3.3.2. Precipitación

Pluviosidad, 350 - 600 mm durante el ciclo vegetativo del cultivo. Es exigente en agua durante los primeros 50 días después de la siembra, el frijol es muy susceptible al déficit como al exceso de agua (CAMAGRO, 2011).

Al principio las semillas requieren de un suelo húmedo para una buena germinación. Luego, el cultivo necesita de un primer riego a los 10 días después de la siembra. Se debe suministrar durante el periodo crítico de desarrollo de la planta como es: Al principio de la floración y cuando las vainas comienzan a llenarse (CAMAGRO, 2011).

Se debe regar por surcos a un costado de las hileras de siembra de esta manera se evita el contacto directo del agua con la planta. Los riegos dependerán del sistema de riego aplicado y de las condiciones climáticas y del tipo de suelo (CAMAGRO, 2011).

3.3.3. Temperatura

Su rango es de 10 a 35°C; con un óptimo para fotosíntesis de 25 a 30°C. La temperatura media óptima está entre 18 y 24°C y las mínimas de preferencia deberían estar por arriba de los 15°C. La temperatura mínima para germinación es de 8°C, para florecer es 15°C y para la maduración es de 17°C. Es una especie muy sensible a temperaturas extremas y las noches relativamente frescas le favorecen (Ruiz et al. 2013).

El rango térmico para esta especie es de 10-30°C, con un óptimo entre 16 y 24°C. La temperatura óptima para germinación está entre 16 y 29°C. Para siembra de otoño-invierno, las temperaturas medias mensuales óptimas para el desarrollo del cultivo de frijol, oscilan entre 20 y 28°C; el cultivo puede resistir variaciones extremas de 12 a 35°C, aunque no por tiempos prolongados (Ruiz et al. 2013).

3.3.4. Humedad relativa

Esta especie requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida. Periodos alternados de alta y baja humedad relativa favorecen la incidencia de enfermedades como mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (Ruiz et al. 2013).

3.3.5. Suelo y pH

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua (CAMAGRO, 2011).

El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso (CAMAGRO, 2011).

3.4. Plagas

3.4.1. Gallina Ciega (*Phyllophaga spp.*) (Coleóptera: *Scarabaeidae*)

El ciclo de vida inicia cuando los huevos son puestos en el suelo, entre 2 – 10 cm de profundidad. Las larvas son de color blando – amarillo y cabeza de color café, completan su ciclo en un año o dos (dependiendo de la especie). Los adultos son escarabajos grandes o medianos, de color oscuro a naranja – pardo, emergen del suelo al inicio de las lluvias, se aparean y alimentan del follaje de diferentes plantas hospederas (González, 2009).

El principal daño lo ocasionan las larvas (en el tercer estadio) cuando se alimentan de las raíces de las plantas lo que puede causar el marchitamiento y volcamiento. En el capto se distribuyen en parches y el nivel de daño es de importancia a nivel local, según la especie y el cultivo. Para disminuir las poblaciones de larvas en el suelo se utilizan medidas culturales de control como la eliminación de malezas,

monitoreo, uso de trampas y una adecuada preparación del suelo. Plantaciones establecidas en suelos infestados en siembras anteriores son susceptibles de ser atacados por esta plaga (González, 2009).

Al detectarse cuatro larvas maduras u ocho pequeñas por metro cuadrado, se deben establecer planes de aplicación al momento de la siembra, con insecticidas granulados al suelo, tales como: organofosforados y carbamato o protectores de semilla (González, 2009).

3.4.2. Babosas o chimilca (*Sarasinula plebeia*)

Estos moluscos son de las principales plagas del frijol, las babosas se alimentan durante la noche y en días nublados, requieren de mucha humedad ambiental. Se esconden bajo desechos vegetales y basura, sin embargo, bajo condiciones adversas de sequía se ocultan en huecos, dejando de comer y de poner huevos (González, 2009).

Las babosas poseen los dos sexos, pero necesitan de otra para fecundarse, aunque puede darse la autofecundación. Los huevos son puestos en grupos (20 – 100) en lugares húmedos o debajo de la tierra son de color amarillo claro, traslucidos y cubiertos por una sustancia pegajosa, pudiendo sobrevivir hasta seis meses en condiciones secas, los primeros individuos empiezan a salir a los pocos meses de haber sido puestos (González, 2009).

Los estados inmaduros alcanzan su madures entre 2 a 5 meses. Los adultos de *S. plebeia* puede medir entre 5 – 7 cm, son de color pardo y aplastados dorsalmente, de apariencia rugosa. Esta plaga es importante durante las tres primeras semanas del cultivo, donde tanto los adultos como las formas inmaduras raspan y destruyen plántulas, hojas y tallos. Los daños son más notorios en los bordes de las plantaciones o áreas húmedas, cuando esta plaga ya se ha establecido en la plantación, su combate es difícil (González, 2009).

Se recomienda eliminar todo resto vegetal y arar profundamente para eliminación de huevos, así mismo se debe evitar el riego excesivo y mantener enemigos naturales (González, 2009).

3.4.3. Falso minador (*Trichoplusia ni*, Hubner) (Lepidóptera: *Noctuidae*)

Una de las plagas distribuidas en todo el continente americano, respecto a su ciclo de vida, ponen huevos individualmente, distribuidos en las hojas y son de color verde. Las larvas de *Trichoplusia ni* son de color verde claro o azulado, con rayas laterales claras, con patas y cabeza negras. Pasa por 5 – 6 estadios y puede medir 30 mm de largo cuando están maduras (González, 2009).

La larva construye un capullo en el envés de la hoja o pegando dos hojas. La pupa es verde con manchas pardas antes de emerger el adulto. En los adultos las alas delanteras son moteadas de pardo oscuro con un punto blanco en el centro y las traseras son de color pardo claro, el ciclo total puede durar de 24 – 39 días (González, 2009).

Sobre el daño, las larvas se alimentan del follaje y a veces de las vainas, siendo más importantes en la estación seca y si las poblaciones aumentan antes de la formación y llenado de las vainas. Para su control se debe hacer revisiones periódicas; en caso de que haya una larva por cada cinco plantas se puede usar organofosforados y carbamatos, así como productos biológicos de *Bacillus thuringiensis* (González, 2009).

3.4.4. Tortuguillas del frijol o crisomélidos (*Epilachna varivestis* Mulsant) (Coleóptera: *Coccinellidae*)

Insecto de amplia distribución, desde el sur de los Estados Unidos, México y América Central. Posee como hospederos una gran variedad de especies de leguminosos. Sobre su ciclo de vida, se sabe que la hembra pone en promedio 50 huevos amarillos en el envés de las hojas, durando entre 5 a 14 días para eclosionar (González, 2009).

Las larvas son ovaladas, de color amarillo y cubiertas por seis hileras de espinas ramificadas, el periodo larvario dura de 15 a 35 días (con cuatro instares), la etapa de pupa dura de 6 a 17 días. Los adultos miden de 6 – 8 mm de largo son de forma hemisférica, de color bronce que se oscurece con la edad, poseen 16 puntos negros en los élitros, cubiertos de una pelusa fina blanquecina cuando están jóvenes. Las hembras adultas empiezan a ovipositar. Las larvas y adultos se alimentan del follaje, principalmente del envés, raspando el tejido entre las venas hasta “esquelizarlas”; en casos de infestaciones severas, los insectos atacan las vainas tiernas (González, 2009).

3.4.5. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius) (Homóptera: *Aleyrodidae*)

Esta plaga posee una amplia variedad de plantas hospederas desde silvestres hasta cultivadas. Su ciclo biológico inicia cuando la hembra pone los huevos de forma individual o grupal (3 – 7) en el envés de las hojas, una vez que eclosionan los huevos (7 – 12 días) pasan por cuatro estadios, el primero es móvil y los otros sésiles. Los estadios inmaduros poseen una capa cerosa que los cubre, la cual les da mayor resistencia a los insecticidas (González, 2009).

Su ciclo de huevo a adulto consta de 23 – 24 días y pueden alcanzarse hasta 11 – 15 generaciones por año, dependiendo de la variedad y la etapa vegetativa de la planta de frijol. Los adultos vuelan al molestarse o cuando se voltean las hojas. Sus poblaciones son más altas en época de verano (González, 2009).

El tipo de grado de daño varía según la raza del insecto. Las ninfas y adultos chupan la savia al introducir sus estiletes en los tejidos, provocando deshidratación progresiva en los mismos, los síntomas son el amarillamiento, moteado y encrespado de las hojas, luego viene la necrosis y la defoliación: en algunos casos se puede formar fumagina en las excretas, causando pérdida en la actividad fotosintética. La transmisión de virus es otro problema importante, ocasionado aun por poblaciones pequeñas, por tal razón la condición de la plaga de este insecto es de gran relevancia (González, 2009).

3.5. Enfermedades

3.5.1. Enfermedades causadas por hongos

a. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*, Sacc, et Magn)

La antracnosis es probablemente la enfermedad del frijol más importante en todo el mundo. Puede ser devastadora y causar la pérdida completa de la producción en variedades susceptibles, o cuando se siembra semilla muy contaminada y prevalecen condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad durante el período de cultivo (Pastor & Tu, 1994).

Las pérdidas de rendimiento en el frijol son más severas cuando las plantas son infectadas tempranamente. Por ejemplo, en un cultivar susceptible inoculado una y seis semanas después de la emergencia de las plantas las pérdidas fueron de 95% y 38%, respectivamente (Pastor & Tu, 1994).

El hongo *Colletotrichum lindemuthianum* puede sobrevivir tanto en la semilla como en residuos de cultivos infectados; en la semilla puede sobrevivir por lo menos dos años, sin embargo, la longevidad en las semillas y vainas infectadas varía considerablemente, dependiendo de las condiciones ambientales (Pastor & Tu, 1994).

La humedad es un factor importante en la supervivencia del hongo. El patógeno sobrevivió por lo menos durante cinco años en vainas y en semillas que se secaron al aire y se almacenaron a 4 C°, o en tejidos vegetales infectados que se dejaron en el campo dentro de bolsas de polietileno selladas para evitar el contacto con el agua. Un ciclo alternado de humedad-sequía fue perjudicial para la supervivencia del hongo (Pastor & Tu, 1994).

Los síntomas de la antracnosis se pueden presentar en cualquier parte de la planta. Inicialmente pueden aparecer en las hojas cotiledonales en forma de lesiones pequeñas, pardas oscuras a negras, desde donde los conidios e hifas son transportadas por la lluvia o el rocío al hipocótilo en desarrollo. Los tejidos infectados

muestran manchas menudas de color herrumbroso. Gradualmente estas manchitas se agrandan longitudinalmente, y forman lesiones hundidas o manchas en forma de ojo. Estas crecen en el hipocótilo de la plántula joven, causando su pudrición. En tallos más viejos, la lesión de forma de ojo mide alrededor de 5-7 mm de longitud (Pastor & Tu, 1994).

b. Roya del frijol (*Uromyces appendiculatus*)

Uromyces appendiculatus es un patógeno obligado que pertenece a la subdivisión de hongos *Basidiomycotina*. Tiene un ciclo de vida autoico macrocíclico, que se completa enteramente en la planta hospedante de frijol. Las teliósporas, después de pasar un periodo de latencia o de acondicionamiento, pueden germinar para producir basidios y basidiósporas que infectan la hoja del hospedante produciendo picnidios (Stavely & Pastor, 1994).

Mediante fertilización cruzada entre las picniósporas se produce un ecidio y se desarrollan ecidiósporas que infectan la hoja y producen pústulas urédicas. Los uredos a su vez producen uredósporas que también infectan la planta, produciendo más uredos y suscitando infecciones repetidas durante la mayor parte del período de crecimiento. A medida que los uredos aumentan en edad, y si las condiciones son apropiadas, producen teliósporas de paredes gruesas (Stavely & Pastor, 1994).

La infección por medio de uredósporas de *Uromyces appendiculatus* es favorecida por períodos prolongados (10-18 horas) de humedad, una H.R. superior a 95% y temperaturas moderadas, entre 17-27 C°. El período de latencia para el desarrollo de los uredos, medido desde el momento de la inoculación hasta cuando se abre un 50% de ellos en la superficie adaxial de la hoja, varía desde siete hasta nueve días, bajo temperaturas constantes en el aire de 24 y 16 C°, respectivamente, al nivel de la cubierta foliar (Stavely & Pastor, 1994).

Uromyces appendiculatus puede infectar las hojas, las vainas y, rara vez, los tallos y las ramas del frijol. La infección inicial puede ocurrir en el haz o el envés de la

hoja; sin embargo, generalmente, los síntomas aparecen primero en el envés, en forma de manchas menudas, blancuzcas y algo protuberantes, alrededor de cinco o seis días después de la inoculación. Estas manchas se agrandan para formar pústulas uredales maduras de color rojizo pardo, las cuajes rompen la epidermis alrededor de dos días después; la esporulación empieza y el uredo puede lograr un diámetro de 1-2 mm a los 10-12 días después de la inoculación (Stavely & Pastor, 1994).

Alrededor del perímetro de este uredo primario se pueden desarrollar uredos secundarios y terciarios. El ciclo de infección total se desarrolla en 10-15 días. Los uredos abiertos liberan pasivamente las uredósporas que se diseminan por medio de los implementos agrícolas, los insectos, los animales y el viento. Posteriormente se pueden formar en el uredo tejiósporas negras y, a medida que éstas reemplazan las uredósporas, el teleutosoro se torna pardo oscuro o negro. El hongo de la roya del frijol no se trasmite por la semilla (Stavely & Pastor, 1994).

c. Mancha angular del frijol (*Phaeoisariopsis griseola*, Sacc)

El patógeno es reconocido como *Phaeoisariopsis griseola* sobre la base de caracteres como septación de las conidias (3-6 septos), pigmentación, conidióforos, y estroma. En condiciones naturales, el hongo produce grupos de ocho a 40 conidióforos, que se unen en forma poco compacta para formar un sinema columnar oscuro que soporta las conidiósporas (Correa et al. 1994).

El patógeno infecta los tejidos foliares entrando por las estomas y avanzando intercelularmente en el mesófilo y en el parénquima de palizada. Nueve días después de la infección, el hongo se desarrolla intracelularmente en lesiones necróticas. A los 9-12 días se desarrollan estromas en la cavidad subestomática, y la esporulación puede presentarse durante períodos (24-48 horas) de humedad continua. La semilla contaminada constituye una fuente de inóculo primario; el hongo está generalmente asociado con el área del hilo en la testa (Correa et al. 1994).

Los síntomas de la mancha angular se presentan en todas las partes aéreas de la planta. Las lesiones son más comunes en las hojas, y en general aparecen aproximadamente a los seis días después de la inoculación. Se pueden dar en las hojas primarias, pero en el follaje posterior generalmente no son tan abundantes, hasta finales de la floración o el comienzo de la formación de las vainas. Inicialmente las lesiones son grises o pardas, pueden estar rodeadas por un halo clorótico, y tener márgenes indefinidos; unos nueve días después de la infección se tornan necróticas y bien definidas, con la forma angular típica (Correa et al. 1994).

Luego pueden aumentar de tamaño, unirse y causar necrosis parcial y amarillamiento de las hojas, y ocasionar su caída prematura. En las hojas primarias las lesiones son generalmente redondas, más grandes que las presentes en hojas trifoliadas y pueden tener anillos concéntricos. El tamaño de la lesión está en relación inversa con el número de lesiones por hoja o foliolo. Las lesiones en las vainas se pueden ver como manchas ovales a circulares con centros rojizo-pardos, a veces rodeados por bordes de color más oscuro (Correa et al. 1994).

Un signo característico de *P. griseola* es la producción de sinemas grises oscuros a negros y conidios en las lesiones del envés de las hojas trifoliadas, en el haz y el envés de las hojas primarias, en los tallos, las ramas y las vainas, durante períodos prolongados de mucha humedad. Las conidias pueden ser diseminadas a gran distancia por corrientes de aire y por salpicaduras de lluvia. De esta manera, la diseminación de conidias es la causa principal de las infecciones secundarias (Correa et al. 1994).

d. Mancha Ascochita (*Ascochyta spp.*)

También se le conoce como mancha foliar. Se manifiesta en las hojas como manchas redondas de tamaño mediano a grande, con el centro crema o café claro, y rodeadas de un borde más oscuro de color café o rojizo que muestra varios anillos. El centro de la lesión puede presentar unos pequeños puntos blanquecinos, grises o negros. La infección se presenta en las primeras hojas trifoliadas, cuando las

plantas son pequeñas. También puede presentarse cuando las plantas son adultas. Cuando la incidencia es alta, se provoca una defoliación severa y afecta la productividad del frijol (Aldana, 2010).

e. Pudrición de la raíz

Las enfermedades de la raíz del frijol pueden ser causadas por varias especies de hongos fitopatógenos. Los principales patógenos radicales del frijol son especies de: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Sclerotium*, *Aphanomyces*, *Phymatotrichum* y *Macrophomina* (Abawi, 1994).

Entre los síntomas que se observan por encima de la superficie del suelo en un campo con incidencia grave de enfermedades radicales están la baja densidad causada por un deficiente establecimiento de las plántulas, y el crecimiento desigual, la clorosis y la defoliación prematura de las plantas severamente infectadas (Abawi, 1994).

El deficiente establecimiento de las plántulas y la baja densidad de la población son el resultado de la pudrición de la semilla y de la pudrición de almácigo (damping-off). Esta última ocurre cuando el ataque a las semillas en germinación y a las plántulas se presenta durante las primeras dos a tres semanas después de la siembra. En las plantas más viejas la pudrición radical generalmente da como resultado una reducción en el vigor, una decoloración y la pudrición lenta de los tejidos del tallo y las raíces (Abawi, 1994).

Cuando las plantas están muy infectadas, las raíces generalmente son de menor tamaño y pueden presentar diferentes grados de deterioro; en las plantas severamente infectadas, las raíces principales frecuentemente mueren, aunque se pueden desarrollar raíces adventicias toscas en áreas del hipocótilo por encima de los tejidos infectados. Estas raíces también se infectan posteriormente, pero la producción de las: mismas continúa mientras haya condiciones húmedas del suelo, lo que ayuda a que la planta sobreviva (Abawi, 1994).

3.5.2. Enfermedades causadas por bacterias

a. Bacteriosis o Tizón común

La bacteriosis común del frijol es causada por la bacteria *Xanthomonas phaseoli* (Erw. Smith) Dowson y su variante 'fuscans' *X. phaseoli* varo *fuscans* (Burk.) Starr et Burk, que produce un pigmento pardo. Ambas bacterias se reconocen ahora como *X. campestris* pV. *phaseoli* (Smith) Dye y se denominarán colectivamente como XCP. La bacteriosis común está distribuida mundialmente (Saettler, 1994).

Las bacterias XCP son patógenos de climas cálidos (temperatura caliente), y causan mayor daño a las plantas a 28 °C que a temperaturas inferiores. La infección de la semilla de frijol es una de las formas más eficientes de supervivencia de XCP. Se han recuperado bacterias de semillas de 3, 10 Y 30 años, la contaminación de la semilla por XCP es tanto interna como externa; esta última se puede eliminar aplicando a la semilla un bactericida como la estreptomicina (Saettler, 1994).

Los síntomas foliares aparecen inicialmente como manchas acuosas que se agrandan y frecuentemente se unen con lesiones adyacentes. Los tejidos infectados se ven flácidos y las lesiones a menudo están rodeadas por una zona estrecha de tejido amarillo limón. Entonces se desarrolla la necrosis y puede llegar a ser lo suficientemente extensa para causar defoliación o estrangulamiento del tallo (Saettler, 1994).

La bacteria entra a las hojas a través de aberturas naturales como las estomas y los hidátodos, o de las heridas (Thomas, Zaumeyer. 1957), e invaden los espacios intercelulares causando una disolución gradual de la lamela media; a través de las estomas del hipocótilo y del epicótilo penetran al tallo y alcanzan los elementos vasculares desde las hojas o los cotiledones infectados (Saettler, 1994).

La colonización de tejido de xilema puede causar el marchitamiento de la planta por el taponamiento de los vasos o por la desintegración de las paredes celulares. XCP no infecta sistémicamente todos los cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Se puede

producir una constricción circular del tallo o pudrición de la unión en el nudo cotiledonal, especialmente en plantas que se han originado de semilla infectada, y causar el rompimiento de la planta por el nudo (Saettler, 1994).

Las lesiones de las vainas aparecen como manchas acuosas que se pueden agrandar y tornar oscuras, rojas y ligeramente hundidas. Si la infección ocurre durante el desarrollo de la vaina y de la semilla, las semillas infectadas se pueden pudrir o arrugar. La infección de la semilla ocurre cuando las bacterias penetran a las suturas de las vainas a través del pedicelo o del sistema vascular de las mismas, y pasan al funículo y a través del rafe hasta la testa de la semilla. El micrópilo también puede servir como un punto de entrada hacia la semilla en desarrollo (Saettler, 1994).

3.5.3. Virus del mosaico dorado del frijol

El virus del mosaico dorado del frijol (VMDF) es ahora una enfermedad económicamente importante en América Latina, especialmente en Brasil, partes de América Central y el Caribe. La mayoría de los genotipos de frijol susceptibles presentan un color amarillo brillante en las hojas, a partir de las nervaduras; los síntomas pueden aparecer en las primeras hojas trifoliadas dentro de los 14 días después de la siembra (Gálvez & Morales, 1994).

Se manifiesta la presencia de manchas pequeñas amarillas, a veces como lesiones con forma de estrella, a los cuatro días después de expuesto el material a la acción de moscas blancas virulíferas; las manchas estaban localizadas en las hojas cerca de las nervaduras (Gálvez & Morales, 1994).

Los cultivares susceptibles presentan una marcada deformación de las hojas, muchas de las cuales pueden ocasionalmente volverse completamente amarillas o casi descoloridas. Algunos cultivares presentan síntomas de mosaico menos intensos, y en una etapa posterior de desarrollo pueden presentar algo de recuperación. Las vainas de las plantas infectadas son muy deformes. Las semillas

se pueden descolorar, deformar y disminuir de tamaño y de peso. Algunas plantas infectadas en una etapa temprana se pueden atrofiar severamente, ya menudo no producen vainas (Gálvez & Morales, 1994).

3.6. Mejoramiento genético del frijol.

Mejoramiento genético del frijol. Es el arte y la ciencia de incrementar el rendimiento o la productividad, la resistencia a agentes abióticos y bióticos adversos y la calidad o el rango de adaptación del frijol por medio de los cambios en el genotipo (la constitución genética) (Camarena et al. 2014).

3.6.1. Método de selección genealógico (Pedigree).

Pasos básicos del procedimiento:

- a. Elección de parentales para lograr la complementación de caracteres favorables (por ej. rendimiento de grano, comportamiento fitosanitario (tolerancia a plaga/enfermedad), etc.
- b. Castración e hibridación.
- c. Siembra masal de F1, aunque no demasiado densa para identificar y eliminar los genotipos provenientes de autofecundación por errores en la castración.
- d. F2: Siembra espaciada, selección individual según los caracteres de interés e inicio del registro genealógico.
- e. F3 a F5: Siembra espaciada, selección combinada entre y dentro de familias (las mejores familias y dentro de ellas los mejores individuos).
- f. F6 a F7: siembra espaciada entre líneas y densa dentro de líneas, selección de las mejores líneas y comienza la micro multiplicación de semilla de las líneas superiores (estrategia para llegar antes al mercado).

- g. F8: ECR (ensayos comparativos de rendimiento) de las Líneas Avanzadas. Estos ensayos se realizan en distintos ambientes (≠años y ≠localidades). Se evalúa principalmente el comportamiento en rendimiento, calidad (análisis de muestras en laboratorios de calidad), comportamiento fitosanitario, caracteres fenológicos, etc.
- h. F9 – F10: Validación de la estabilidad genético ambiental de las líneas promisorias en distintos ambientes. La nueva variedad es la mejor línea promisorio de acuerdo con los objetivos del programa de mejoramiento.
- i. Inscripción de la variedad, protección de la propiedad intelectual y multiplicación comercial de semilla. La nueva variedad debe ser caracterizada y diferenciada de otras variedades mediante la descripción comparativa de caracteres morfológicos, fisiológicos, etc. diferenciales y estables = alta heredabilidad. También es muy seguro y confiable la identificación y diferenciación por caracterización molecular comparada con otra/otras variedades de referencia previamente inscritas (Camarena et al. 2014).

3.6.2. Aplicaciones del fitomejoramiento clásico.

La aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo (FP) ha sido sugerida como una valiosa alternativa para facilitar el acceso a los agricultores a materiales mejorados con una base genética más amplia; así como, la aplicación de procesos de selección y validación para el desarrollo de cultivares más productivos y estables, adaptados a sus condiciones agro-ecológicas específicas y con mejor aceptación de consumo y comercial (Camarena et al. 2014).

Al seguir procesos de FP, fitomejoradores y agricultores desarrollan cultivares a partir de poblaciones segregantes bajo ambientes metas específicos. Para algunos investigadores, las alternativas de FP deben aplicarse cuando los enfoques convencionales resultan incapaces de proveer a los agricultores con variedades adecuadas para sus condiciones específicas (Camarena et al. 2014).

Los fitomejoradores pueden sacar ventajas de verse involucrados en actividades de FP y obtener algunos beneficios de estos métodos, como logran oportunidad de utilizar localidades específicas para evaluación de germoplasma y la colaboración de socios que combinan experiencia en la conducción de ensayos de campo con el conocimiento local, los cuales muchas veces son difíciles de tener en programas convencionales. Bajo métodos de FP, los agricultores tienen mayor oportunidad de probar líneas mejoradas bajo sus propias condiciones; esto podría representar un camino más rápido y efectivo para incrementar la adopción de germoplasma (Camarena et al. 2014).

Las variedades mejoradas, por ser productos de procesos de mejoramiento genético, tienen ventajas en términos de resistencia y tolerancia a ciertos problemas, y requieren ciertas condiciones de manejo que les permitan expresar todo su potencial genético.

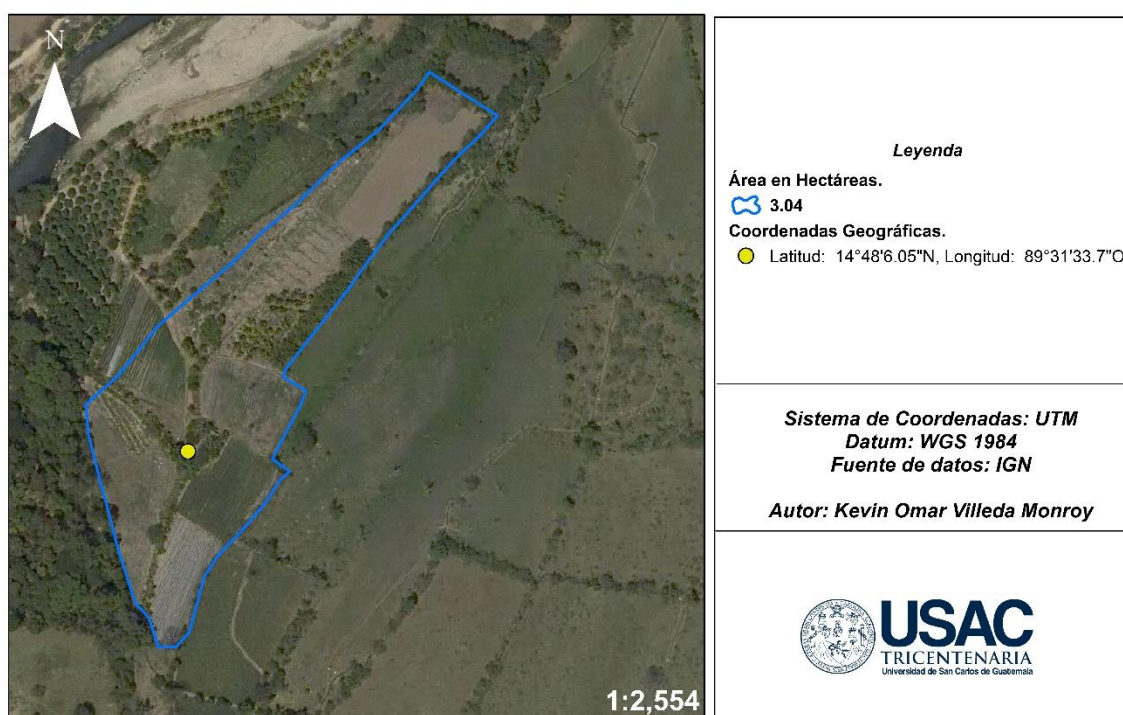
4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Ubicación y descripción del área experimental

4.1.1. Municipio de Chiquimula

La “Vega” CUNORI se localiza en latitud Norte $14^{\circ}48'6.05''$ y longitud Oeste $89^{\circ}31'33.70''$. La finca se encuentra a 169.5 km. de la ciudad capital, por la carretera al atlántico CA-10 (Calderón, 2012). Se encuentra a una altitud de 360 msnm y posee un área de 3.04 ha, la cual está dividida en ocho parcelas productivas.

Imagen 1. Delimitación de la finca experimental la “Vega” CUNORI, Chiquimula 2018.



Fuente: Elaboración propia 2018.

4.2. Recursos biofísicos

4.2.1. Clima

El clima del municipio es cálido, donde predomina los días claros y soleados en la mayor parte del año. La temperatura oscila entre los 19°C a 39°C (MAGA, 2017). La precipitación promedio anual es de 187.1 mm/año, sin embargo, a causa de la

variabilidad climática se obtiene promedios en año seco de 97.5 mm/año y 787.2 mm/año en año lluvioso (Solís, 2015). La humedad relativa es de 60% en época seca (noviembre a abril) y 75% en época lluviosa (mayo a octubre) (MAGA, 2017).

4.2.2. Zona de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge. La finca “Vega” CUNORI se sitúa dentro de la zona de vida de Bosque seco subtropical (bs-ST), con una asociación edáfica húmeda (De la Cruz, 1982).

4.3. Recursos naturales

4.3.1. Suelo

Los suelos de la “Vega” pertenecen a aluviales no diferenciados –serie misceláneas, se cataloga como suelo de buena calidad para el establecimiento de cultivos y pastos; con poca retención de humedad, propensos a provocar problemas de salinidad (Simmons et al. 1959). Sin embargo, aunque posee pendientes leves la labranza manual se dificulta por la presencia de pedregosidad.

El análisis fisicoquímico indica que posee textura franca, con 2% de materia orgánica, insuficiente según el rango adecuado (3 a 5%). El pH es de 6.88, considerándose neutro (Simmons et al. 1959), estos valores pueden variar debido al tiempo y las distintas actividades que puedan afectar la fertilidad química del suelo.

4.3.2. Agua

La finca obtiene el agua de dos fuentes, la primera mediante una toma derivada del río San José, el cual se considera no apto para la agricultura debido a su grado de contaminación. La segunda fuente de agua es obtenida de un pozo artesanal, el cual es bombeado para riego y usos en la finca.

Mediante un análisis físico – químico realizado expresó que las características de pH y conductividad eléctrica se encontraban en rango normal, dichos análisis tienen

por objetivo justificar la aplicación de productos correctores de dureza (concentración de sales) y pH en el agua utilizada para la aplicación de productos químicos en control fitosanitario (Aldana, 2014).

4.4. Vías de acceso

La unidad cuenta con diferentes caminos de acceso, pero en todas es necesario el paso por el río San José, lo que se dificulta en épocas lluviosas. Existe una calle de terracería que tiene su ingreso en la CA-10. 169.5 Km, que conducía a un puente de hamaca con el que se contaba, el cual fue destruido en años anteriores, por fuertes corrientes del mismo río. Lo que obliga a pasar el río cuando su caudal es bajo, en temporada de verano (Calderón, 2012).

En época lluviosa su acceso es limitado debido al aumento de caudal del río San José, se atraviesa a pie por la finca de otros productores que permiten el paso, o por medio de acceso vehicular por una calle de terracería habilitada por productores, la cual se conecta con la colonia los Cerezos, sin embargo, la finca no posee un camino físico hacia el área.

4.5. Características agronómicas de los cultivares

4.5.1. Líneas avanzadas evaluadas

El mejoramiento genético del frijol en el ICTA está enfocado en desarrollar variedades de frijol con potencial de rendimiento, buenas características agronómicas, resistencia a las enfermedades más importantes que limitan la producción de frijol. (virus del mosaico dorado, mancha angular, bacteriosis); así mismo, que dichas variedades tengan tolerancia a estrés de sequía y baja fertilidad de suelos.

El germoplasma mejorado por ICTA fue obtenido mediante programas internacionales, en apoyo a la producción tropical del cultivo de frijol, las líneas avanzadas adaptadas de 0 a 1200 msnm se conforman por cinco genotipos del

ICTA, ocho genotipos de Puerto Rico, siete genotipos del CIAT y tres genotipos de Zamorano.

La investigación corresponde a una prueba preliminar de parentales seleccionados a partir de ensayos de adaptación, y se realizó en 11 localidades, los datos obtenidos corresponden a la localidad del municipio de Chiquimula, con la finalidad de aportar información para el desarrollo tecnológico de variedades adaptadas a la región oriental de Guatemala.

Las líneas avanzadas fueron generadas mediante el método genealógico o pedigree, lo que significa que los genotipos fueron sometidos a siete ciclos de cultivos (F1 a F7). Las veintitrés líneas avanzadas que se evaluaron de forma preliminar (F8) provienen de selecciones realizadas para contrarrestar el daño del frijol por parte de patógenos y factores adversos de clima. Cada línea es nombrada según al código de nomenclatura del ICTA, las líneas avanzadas son las siguientes.

Cuadro 4. Líneas seleccionadas de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) para evaluación preliminar, Chiquimula 2018.

No.	Línea avanzada
1	ICTA CH-12 ZP-17
2	BCN 112-96
3	BCN 112-97
4	BCN 112-98
5	FEZ 0528-87
6	ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)
7	ICTA LIGERO/Fe23823-4-5
8	ICTA LIGERO/Fe23823-4-10
9	ICTA LIGERO/Fe23823-4-7
10	PR1416-168
11	PR1416-205
12	PR1416-241
13	PR1423-41

No.	Línea avanzada
14	PR1423-97
15	PR1423-217
16	PR1423-282
17	PR1423-143
18	NSMC 17524-12
19	15CF6-006
20	15CF6-163
21	VEF 2016-498
22	VER 2016-521
23	SMN 24
	Testigos
24	ICTA Ligero
25	Pecho Amarillo

Fuente: ICTA 2018.

Con base a los datos obtenidos de rendimiento en grano, todos los resultados inferiores a los testigos se descartan y sólo se seleccionan las más promisorias para la etapa de “prueba regional de rendimiento”, evaluándose como mínimo en 25 localidades mediante el ensayo experimental apropiado.

4.5.2. Variedades de frijol evaluadas

ICTA ligero: testigo comercial seleccionado, siendo resistente al virus VMDF, se caracteriza por ser una variedad de hábito de crecimiento determinado, pero la carga mayor se da en la base de la planta, su altura es de 0.60 m y la floración ocurre entre 29 y 30 días después de la siembra, el color de la flor es lila; la vaina madura es de color crema, con seis granos de color negro oscuro, la madurez fisiológica se presenta a los 64 días y puede cosecharse a los 71 días o antes, si el clima está seco. Es resistente a Mosaico Dorado y tolerante a Antracnosis, Bacteriosis y Roya (Ulloa et al. 2011).

Pecho amarillo: testigo susceptible seleccionado, esta variedad por lo general germina a los 8 dds, color de grano negro opaco, el peso de 100 semillas es de 22.5 g, se caracteriza por tener un cáliz de color verde con morado y la coloración de la flor es lila, su vaina de color crema, y produce 5 semillas por vaina, color de grano excelente, buen precio de comercialización, buen rendimiento sin embargo es susceptible al virus de mosaico dorado amarillo del frijol, sequía y plagas (IICA et al. 2011).

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Objetivos

5.1.1. Objetivo general

Evaluar el potencial genético-ambiental de 23 líneas avanzadas adaptadas a las zonas bajas del oriente de Guatemala (0 – 1200 msnm) y dos variedades de frijol negro en el área experimental de la carrera de agronomía “Vega” CUNORI, municipio de Chiquimula, Guatemala.

5.1.2. Objetivos específicos

- Establecer los días a floración y madurez fisiológica de las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro bajo las condiciones edafoclimáticas de la “Vega” CUNORI.
- Categorizar la resistencia-susceptibilidad a virus del mosaico dorado y mancha angular en las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro.
- Determinar el rendimiento de grano de las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro utilizadas como testigo.

5.2. Hipótesis

- Las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro adaptadas a zonas bajas (0 – 1200 msnm), no presentan diferencias estadísticamente significativas en días de floración.
- Las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro adaptadas a zonas bajas (0 – 1200 msnm), no presentan diferencias estadísticamente significativas en días a madurez fisiológica.
- Las veintitrés líneas avanzadas y las dos variedades de frijol negro adaptadas a zonas bajas (0 – 1200 msnm), no presentan diferencias estadísticamente significativas en rendimiento de grano (kg/ha).

5.3. Variables respuesta

5.3.1. Rendimiento de grano (kg/ha) al 14% de contenido de humedad del grano

Se determinó el rendimiento de grano de frijol negro en kg/ha por parcela neta, cumpliendo con el requisito de humedad al 14%, utilizándose una balanza digital. La evaluación se realizó finalizando la etapa R9 (Madurez fisiológica).

5.3.2. Días a floración (dds)

Se cuantificó los días después de la siembra que coincidieron con el inicio de la etapa de desarrollo R6 (Floración), cuando el 50% de las plantas tenían una o más flores.

5.3.3. Días a madurez fisiológica (dds)

Se cuantificó los días después de la siembra que coincidió con el inicio de la etapa de maduración R9, cuando el 95% de las vainas estaban secas.

5.3.4. Enfermedades (Resistencia – Susceptibilidad)

Se categorizó la resistencia – susceptibilidad de agentes patógenos, mediante una escala elaborada por el CIAT el cual sitúa por puntuación las plantas que son resistentes, intermedios y susceptible, las lecturas se tomaron en las etapas R6 y R8 (Llenado de vainas).

Cuadro 5. Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos.

Calificación	Categoría	Descripción	Comentario
1 2 3	Resistente	Síntomas no visibles o muy leves	Germoplasma de interés para progenie
4 5 6	Intermedio	Síntomas visibles y conspicuos que solo ocasionan un daño económico limitado	Germoplasma que puede utilizarse como variedad comercial con resistencia a ciertas enfermedades
7 8 9	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causa pérdidas considerables en rendimiento o muerte de la planta	Germoplasma no útil.

Fuente: CIAT 1987.

La metodología elaborada por el CIAT, indica para la evaluación de enfermedades virales los criterios de calificación de severidad e incidencia del patógeno en la población. Las enfermedades fungosas y bacterianas por otro lado se evaluaron únicamente con calificar la severidad que expresa el huésped ante el patógeno.

5.4. Metodología del experimento

5.4.1. Diseño experimental

Las hipótesis se comprobaron a través del establecimiento de un ensayo con base al diseño experimental Alpha látice 5X5 con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 2 surcos de tres metros de longitud, donde se evaluaron veintitrés tratamientos correspondientes a las líneas avanzadas, se utilizó

como testigo mejorado el ICTA Ligero, como testigo resistente al virus del mosaico dorado y la variedad criolla Pecho Amarillo como testigo susceptible.

5.4.2. Modelo estadístico

El modelo estadístico del diseño de Alfa Látice 5x5 (Bloques incompletos). Con veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (Tratamientos), conformado por tres repeticiones:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j(k) + \tau_j(k) + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Efecto de la variable en el i-ésimo Genotipo, k-ésimo Bloque y en la j-ésima Repetición.

μ = Efecto de la media general.

$\beta_j(k)$ = Efecto del k-ésimo Bloque alojado en la j-ésima Repetición.

$\tau_j(k)$ = Efecto del i-ésimo Genotipo.

E_{ijk} = Efecto del error experimental relacionado al i-ésimo Genotipo, k-ésimo Bloque alojado en la j-ésima Repetición.

5.4.3. Tamaño del área experimental

El área del ensayo tuvo un tamaño de 300 m², delimitado por un lado con 12 m donde se localizaron las repeticiones (dirección norte-sur), y el otro lado con 25 m donde se localizaron los tratamientos en bloques (dirección este-oeste), los tratamientos se distanciaron 0.5 m entre tratamiento, y se consideraron 2 m de contorno en las unidades experimentales.

5.4.4. Tamaño de la unidad experimental

Las parcelas utilizadas para el análisis del potencial genético y la evaluación de rendimiento de las líneas avanzadas de frijol negro fueron conformadas por 3 m², en el cual se formaron 2 surcos de 3 metros de largo, distanciados 0.5 m entre surco, las posturas se establecieron a 0.30 m de distancia entre cada una y fueron

depositados 3 semillas, dando un total de 10 posturas por surco, con un total de 60 semillas o plantas.

5.4.5. Tamaño de la parcela neta

Se conformo por 2.25 m², corresponde a dos surcos, donde se cosecharon todas las plantas anotando el número de plantas cosechadas.

5.4.6. Tratamientos

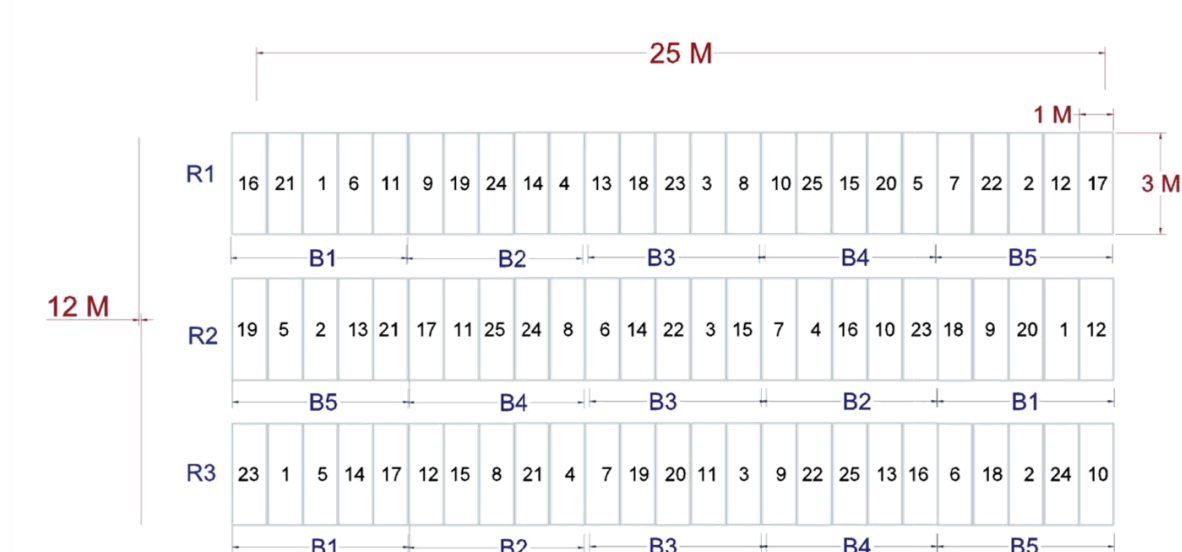
Cuadro 6. Tratamientos evaluados de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2018.

Tratamiento	Línea Avanzada
1	ICTA CH-12 ZP-17
2	BCN 112-96
3	BCN 112-97
4	BCN 112-98
5	FEZ 0528-87
6	ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)
7	ICTA LIGERO/Fe23823-4-5
8	ICTA LIGERO/Fe23823-4-10
9	ICTA LIGERO/Fe23823-4-7
10	PR1416-168
11	PR1416-205
12	PR1416-241
13	PR1423-41
14	PR1423-97
15	PR1423-217
16	PR1423-282
17	PR1423-143
18	NSMC 17524-12
19	15CF6-006
20	15CF6-163
21	VEF 2016-498
22	VEF 2016-521
23	SMN 24
Tratamiento	Testigos
24	ICTA Ligero
25	Pecho Amarillo

Fuente: ICTA 2018.

5.4.7. Distribución de los tratamientos

Figura 1. Distribución espacial de las unidades experimentales, Chiquimula 2018.



Fuente: Elaboración propia 2018.

5.5. Manejo del experimento

5.5.1. Preparación del terreno

El terreno cumplió con las características deseadas para realizar la evaluación de las líneas avanzadas de frijol negro. Después de seleccionado se procedió a realizar la limpieza de forma manual mediante la utilización de azadón, posteriormente se delimitó y se localizó los surcos mediante estacas y pita, se finalizó con la formación de 50 surcos distanciados a 0.50 m.

5.5.2. Siembra

La siembra se realizó a distancias de 0.30 m, colocando 3 semillas por postura con una densidad de 60 plantas por unidad experimental, posteriormente se aplicó herbicida sistémico y de contacto Linuron, a razón de una copa y media por bomba de 20 litros.

5.5.3. Época de siembra

El ensayo se instaló en la región, en época de postrera o relevo, época propicia para evaluar la sequía y mosaico dorado.

5.5.4. Fertilización

Para la fertilización se utilizó, formula química triple 15, a razón de 192 Kg/ha, la cual se aplicó a los 10 días después de siembra al pie de la planta, correspondiendo 2.88 gr/postura.

5.5.5. Control de plagas

El control de malezas se realizó mediante 4 limpiezas manuales, utilizando machete pando y azadón. El control de la plaga insectil se manejó en las primeras etapas para garantizar su desarrollo vegetativo, debido a que no se utilizó tratador de semillas, se aplicó Deltametrina, a razón de 3.5 ml por bomba de 20 litros, a los 15 días después de siembra. No se brindó manejo de enfermedades debido a que se evaluó la respuesta del genotipo ante la susceptibilidad o resistencia de Mosaico dorado y Mancha angular.

5.5.6. Cosecha

Se realizó en un solo corte, cuando se observó que las hojas y vainas cambiaron de color tornándose color café claro.

5.5.7. Toma de datos

Los datos que se recolectaron son los siguientes: Días a floración tomándolo como días después de siembra; Severidad e incidencia del virus del mosaico dorado del frijol mediante la metodología elaborada por el CIAT; Días a madurez fisiológica tomándolo como días después de siembra; Rendimiento en Kg/Ha este dato se tomó del peso de los granos producidos por unidad experimental.

5.6. Análisis estadístico

Los análisis de varianza se elaboraron utilizando el software Infostat®, se incluye el análisis estadístico ajustado utilizando la extensión R, que habilita la opción de Modelos Lineales Generales Mixtos. Estos tipos de modelos ajustados se trabajan con base al criterio de máxima verosimilitud, es un método habitual para ajustar un modelo y estimar sus parámetros.

La estimación por el método de máxima verosimilitud, procura encontrar los valores más probables de los parámetros de la distribución para un conjunto de datos. Maximizando el valor de lo que se conoce como la “función de verosimilitud”. La función de verosimilitud se basa en la función de la densidad de la probabilidad (FDP) para una distribución dada. Su finalidad es el de mejorar la comparación entre tratamientos, demostrando resultados más detallados e insesgados.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concluida la fase de campo del experimento se obtuvo los datos de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol utilizadas como testigo. Se realizó el análisis de varianza de los datos correspondientes a cada una de las variables evaluadas, días a floración, días a madurez fisiológica y rendimiento en kg/ha. Exceptuando la variable severidad – susceptibilidad de enfermedades por ser una variable de carácter cualitativo. Se incluye el análisis de los modelos lineales generales mixtos, ajustado por el método de máxima verosimilitud.

6.1. Días a floración (DF)

Los días a floración se calcularon desde el momento de la siembra donde inicia la etapa de germinación (V0) hasta la etapa de desarrollo R6 o floración cuando el 50% de las plantas expresaron una o más flores abiertas.

Tabla 1. Análisis de varianza de la variable días a floración de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Modelo	59.89	26	2.3	2.45	0.0035	2.94
Bloque>Repetición	6.91	2	3.45	3.68	0.0327	
Tratamiento	52.99	24	2.21	2.35	0.0059	
Error	45.09	48	0.94			
Total	104.99	74				

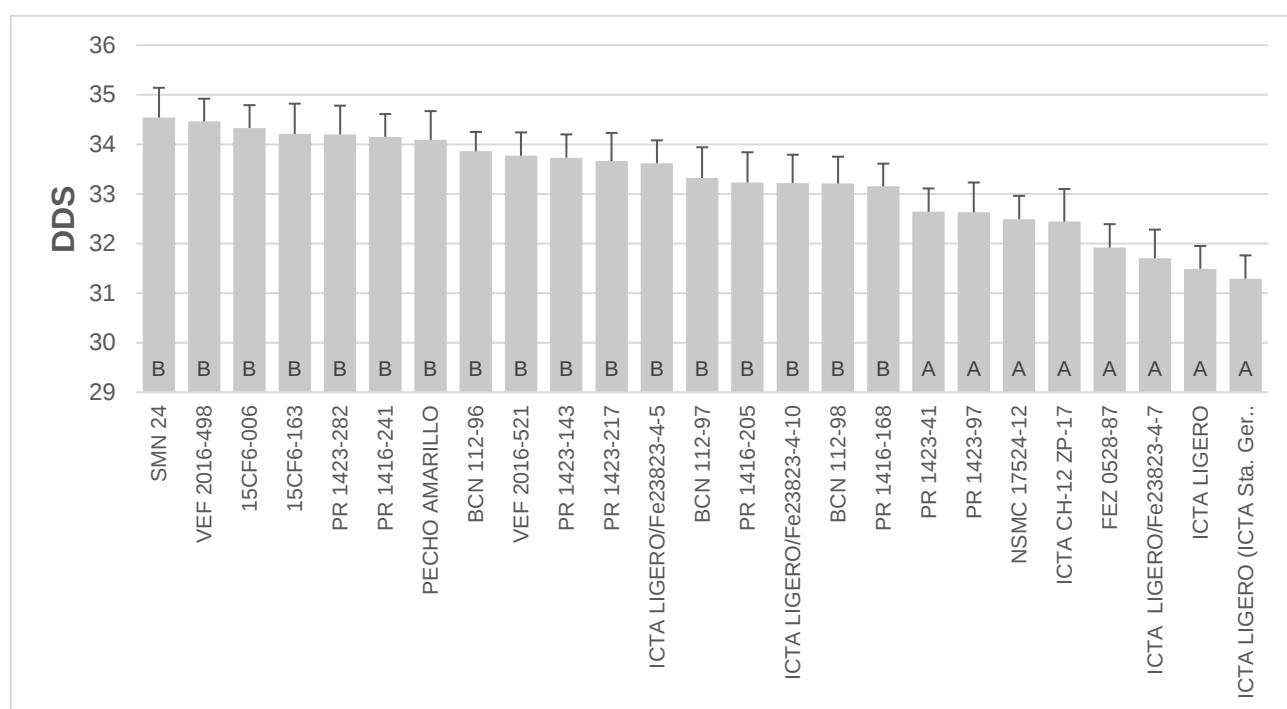
Pruebas de hipótesis tipo III - Modelo ajustado				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	24	48	4.86	0.0001

Fuente: Elaboración propia 2019.

El análisis de varianza y el ajuste por el método de máxima verosimilitud realizado con los valores obtenidos permitió determinar que el p-valor para los tratamientos es 0.0001, es un valor menor al 0.05 de significancia, por lo que existe diferencia

significativa en días a floración entre los tratamientos evaluados, por lo que se rechaza la hipótesis nula, que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable respuesta. Con base al resultado obtenido se procede a realizar el análisis post-ANDEVA, que consiste en una prueba de comparación múltiple de medias por el criterio DGC para el análisis individual de los tratamientos, los resultados de la prueba se muestran la gráfica 1.

Gráfica 1. Medias para la variable días a floración de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.



Fuente: Elaboración propia 2019.

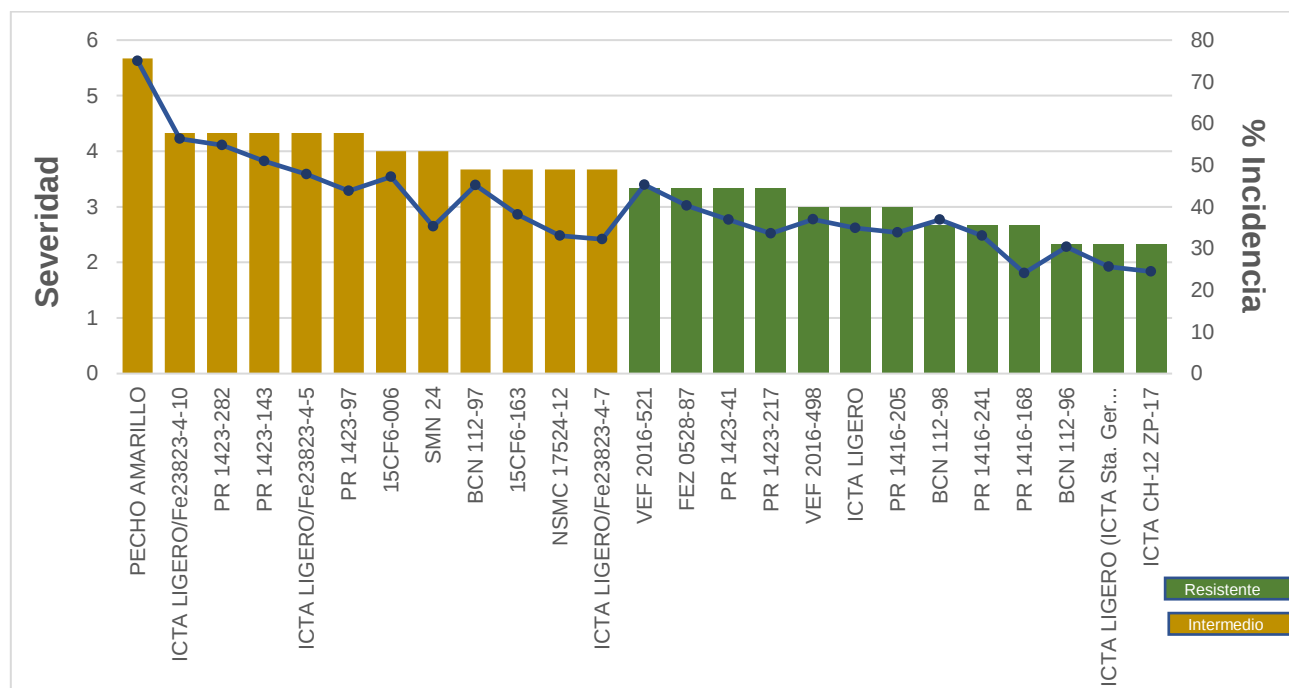
En la gráfica 1, se aprecia que existen dos tipos de comportamientos de medias para la variable días a floración. Los genotipos **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)** (31.29 dds); **ICTA LIGERO** (31.49 dds); **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (31.7 dds); **FEZ 0528-87** (31.92 dds); **ICTA CH-12 ZP-17** (32.44 dds); **NSMC 17524-12** (32.49 dds); **PR 1423-97** (32.63 dds); **PR 1423-41** (32.64 dds), expresaron medias menores, diferenciándose del resto de genotipos porque presentaron menor número de días a floración.

Las diferencias entre los grupos de genotipos para días a floración son útiles para identificar germoplasma precoz, en programas de mejoramiento genético, a fin de obtener adaptación a los sistemas de producción de los agricultores, considerando que el momento de floración es un componente esencial para los días a madurez fisiológica. Los genotipos restantes expresaron una respuesta secundaria con un mayor número de días a floración, mayor de 33 y menor a 35 dds.

6.2. Valoración del virus del mosaico dorado del frijol (lecturas a los 40 dds y 60 dds)

La calificación de la enfermedad viral se realizó tomando como puntos de referencia la variedad comercial **ICTA LIGERO** testigo resistente al VMDF y la variedad comercial **PECHO AMARILLO** testigo susceptible al VMDF, la información recopilada se presenta en las gráficas 2 y 3.

Gráfica 2. Calificación de resistencia – susceptibilidad del virus mosaico dorado del frijol y su relación con la incidencia poblacional de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.

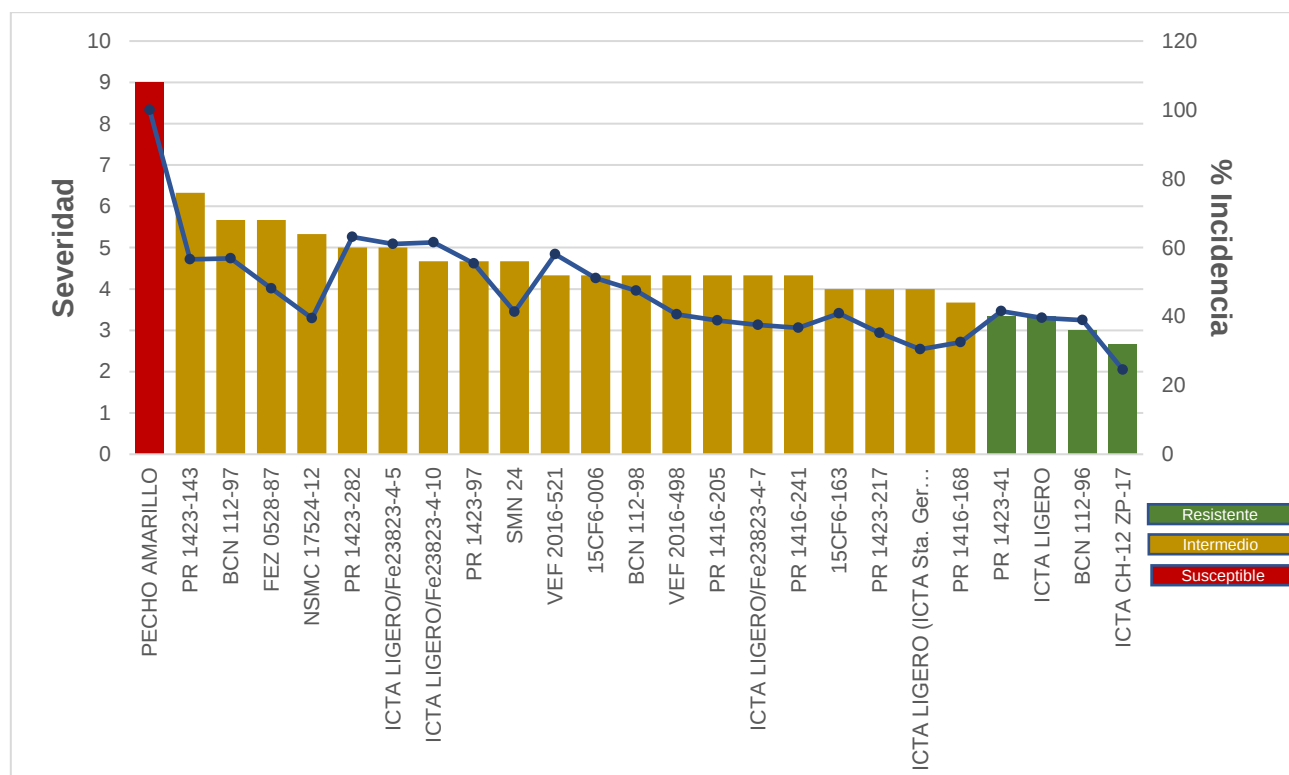


Fuente: Elaboración Propia 2019.

La gráfica 2, corresponde a la estratificación del tipo de expresión fenotípica del huésped ante el contagio del patógeno. Los genotipos que a los 40 dds expresaron una respuesta fenotípica de resistencia al virus son: **ICTA CH-12 ZP-17**; **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)**; **BCN 112-96**; **PR 1416-168**; **PR 1416-241**; **BCN 112-98**; **PR 1416-205**; **ICTA LIGERO**; **VEF 2016-498**; **PR 1423-217**; **PR 1423-41**; **FEZ 0528-87**; **VEF 2016-521**. Los genotipos restantes presentaron resistencia intermedia.

Los resultados obtenidos a los 40 dds representa un indicador inicial de contagio del virus, para posteriormente evaluar el desarrollo de la infección que expresa el huésped ante el patógeno a los 60 dds, los resultados se presentan en la gráfica 3.

Gráfica 3. Calificación de resistencia – susceptibilidad del virus mosaico dorado del frijol y la relación con la incidencia poblacional de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.



Fuente: Elaboración propia 2019.

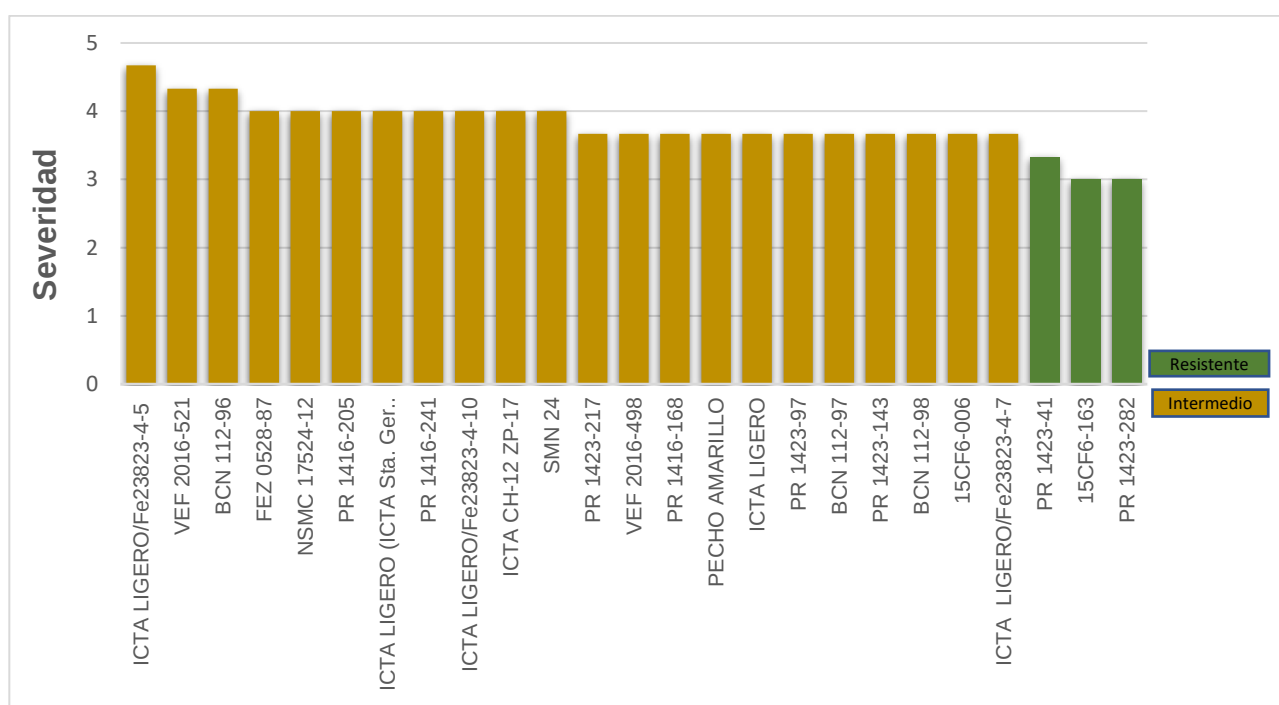
La gráfica 3, corresponde a la estratificación del tipo de expresión fenotípica del huésped ante la infección del patógeno. Los genotipos que a los 60 dds expresaron una respuesta de resistencia al virus son: **ICTA CH-12 ZP-17; BCN 112-96; ICTA LIGERO; PR 1423-41**, indicando resistencia estable al VMDF a los 40 y 60 dds, categorizándose como germoplasma de interés para progenie.

Los genotipos restantes expresaron una respuesta de resistencia intermedia, indicando ser germoplasma que puede utilizarse como líneas promisorias tolerantes al VMDF, sin embargo, para seleccionar líneas promisorias debe integrarse la variable rendimiento de grano. Se exceptúa el testigo **PECHO AMARILLO** que expreso susceptibilidad al virus, considerándose un germoplasma no útil. El programa de mejoramiento genético en proceso por el ICTA presenta resultados satisfactorios para la generación de genotipos con tolerancia al VMDF.

6.3. Valoración de la mancha angular del frijol (lecturas a los 40 dds y 60 dds)

La enfermedad fungosa mancha angular del frijol (*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris) se expresó en los genotipos del ensayo, se calificó la respuesta fenotípica de la severidad del patógeno, la información recopilada se muestra en las gráficas 4 y 5.

Gráfica 4. Calificación de resistencia – susceptibilidad de la mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.

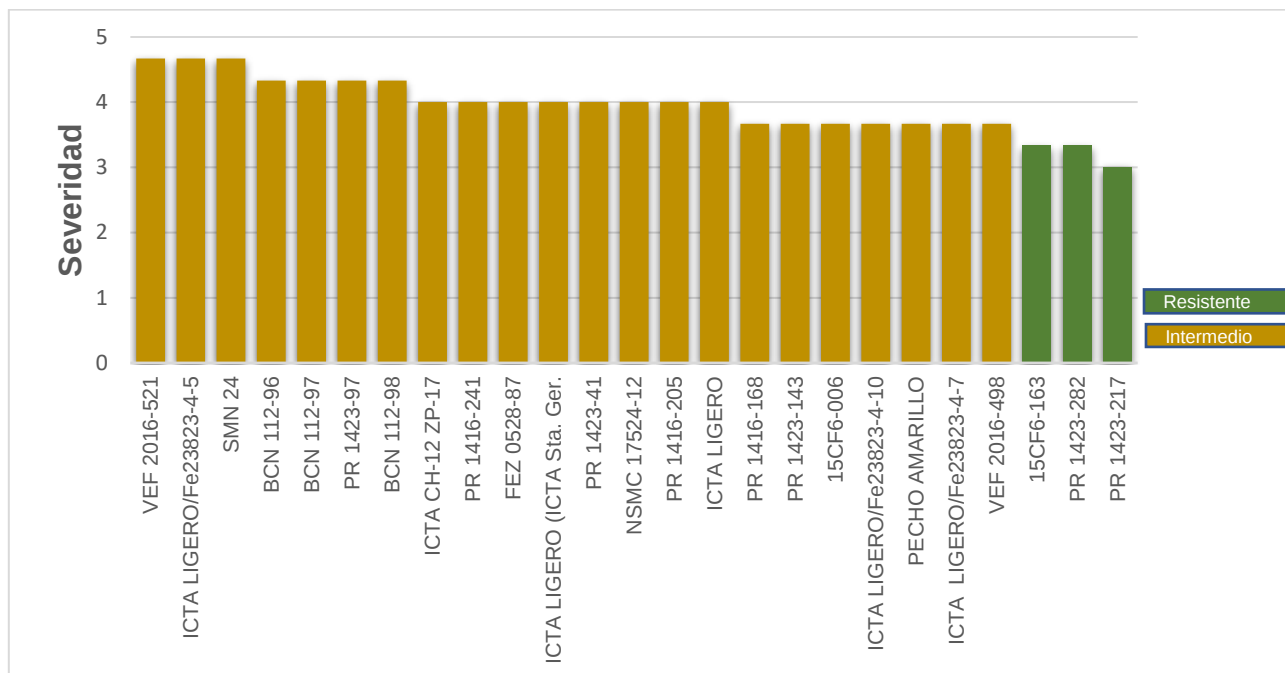


Fuente: Elaboración propia 2019.

La gráfica 4, corresponde a la estratificación del tipo de expresión fenotípica del huésped ante el contagio del patógeno. Los genotipos que a los 40 dds expresan una respuesta de resistencia al hongo son: **15CF6-163**; **PR 1423-282**; **PR 1423-41**, los genotipos restantes expresan una respuesta de resistencia intermedia.

Los resultados obtenidos a los 40 dds representan un indicador inicial de contagio del hongo, para posteriormente evaluar el desarrollo de la infección que expresa el huésped ante el patógeno a los 60 dds, los resultados se presentan en la gráfica 5.

Gráfica 5. Calificación de resistencia – susceptibilidad de la mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.



Fuente: Elaboración propia 2019.

La gráfica 5, corresponde a la estratificación del tipo de expresión fenotípica del huésped ante la infección del patógeno. Los genotipos que a los 60 dds expresan una respuesta de resistencia al hongo son: **PR 1423-217; 15CF6-163; PR 1423-282**, considerándose germoplasma de interés para progenie.

los genotipos restantes expresan una respuesta de resistencia intermedia, considerándose germoplasma que puede utilizarse como líneas promisorias tolerantes a mancha angular.

Las líneas avanzadas que se clasificaron como germoplasma tolerante al VMDF y Mancha angular, deben ser comparadas con la integración de la variable rendimiento de grano, para una selección adecuada de genotipos promisorios para la localidad del municipio de Chiquimula.

6.4. Días a madurez fisiológica

La variable días a madurez fisiológica se determinó desde el inicio de la etapa germinativa (V0) hasta el momento donde finaliza el ciclo fisiológico (R9), cuando el 95% de las vainas pierden su pigmentación, tornándose color marrón.

Tabla 2. Análisis de varianza de la variable días a madurez fisiológica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

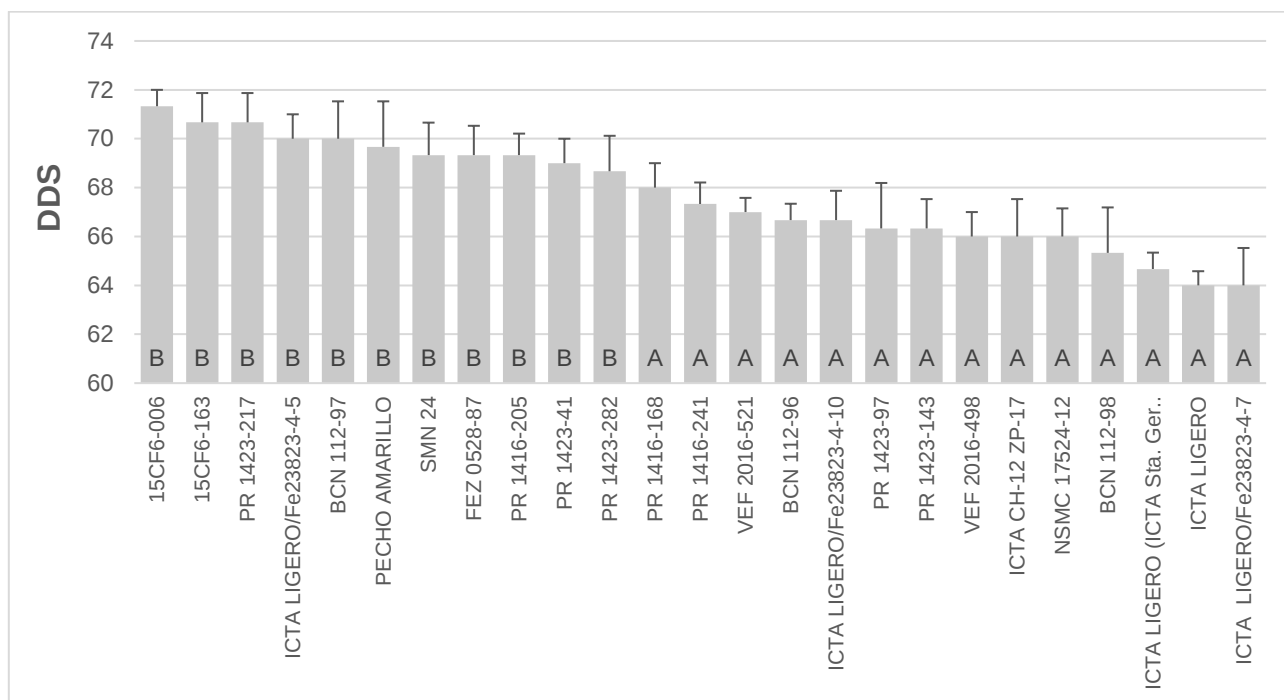
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Modelo	354.13	26	13.62	3.12	0.0003	3.09
Bloque>Repetición	14.19	2	7.09	1.62	0.208	
Tratamiento	339.95	24	14.16	3.24	0.0003	
Error	209.81	48	4.37			
Total	563.95	74				

Pruebas de hipótesis tipo III - Modelo ajustado				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	24	48	5.79	<0.0001

Fuente: Elaboración propia 2019.

El análisis de varianza y el ajuste por el método de máxima verosimilitud realizado con los valores obtenidos permitió determinar que el p-valor para tratamientos es de <0.0001, es un valor menor al 0.05 de significancia, por lo que existe diferencia significativa en días a madurez fisiológica entre los tratamientos evaluados, por lo que se rechaza la hipótesis nula, que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable respuesta. Con base al resultado obtenido se procede a realizar el análisis post-ANDEVA, que consiste en una prueba de comparación múltiple de medias por el criterio DGC para el análisis individual de los tratamientos, los resultados de la prueba se muestran en la gráfica 6.

Gráfica 6. Medias de la variable días a madurez fisiológica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.



Fuente: Elaboración propia 2019.

En la gráfica 6, se aprecia que existen dos tipos de comportamientos de medias en maduración fisiológica. Los genotipos **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (64.13 dds); **ICTA LIGERO** (64.41 dds); **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)** (64.69 dds); **BCN 112-98** (65.56 dds); **NSMC 17524-12** (65.74 dds); **ICTA CH-12 ZP-17** (66.21 dds); **VEF 2016-498** (66.41 dds); **PR 1423-143** (66.42 dds); **BCN 112-96** (66.54 dds); **VEF 2016-521** (66.62 dds); **PR 1423-97** (66.69 dds); **ICTA LIGERO/Fe23823-4-10** (66.82 dds); **PR 1416-241** (67.15 dds); **PR 1416-168** (67.74 dds), expresaron medias mayor a 64 y menor a 68 dds, diferenciándose del resto de genotipos.

La precocidad de los genotipos adjuntos al grupo A permite un mejor aprovechamiento de las precipitaciones durante su ciclo vegetativo, especialmente cuando se logra completar la etapa de llenado de vaina y entrar al período de canícula, para realizar las labores de cosecha y las practicas del siguiente ciclo. Con base a lo anterior destacan los genotipos **ICTA CH-12 ZP-17**,

ICTA LIGERO/Fe23823-4-7, PR 1416-168, PR 1423-97, ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477), NSMC 17524-12 que expresaron mayor precocidad en días a floración y madurez fisiológica. Los genotipos restantes expresaron medias mayores a 68 y menor a 72 dds.

6.5. Rendimiento de grano

Los genotipos evaluados presentaron diferente rendimiento expresado en kg/ha, sin embargo, se obtuvo bajos rendimientos, debido a las condiciones adversas que afectaron a los tratamientos. Entre los factores bióticos adversos se presentó *Empoasca fabae*, *Bemisia tabaci* Genn, *Cerotoma ruficornis*, *Phaeoisariopsis griseola* Sacc y Virus de mosaico dorado, factores que no se controlaron preventivamente, por el criterio utilizado en este tipo de investigación.

La cosecha se realizó en un corte, posteriormente se secó y pesó los granos obtenidos de cada parcela experimental, para obtener los datos de rendimiento en grano de cada uno de los tratamientos y repeticiones del experimento.

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Modelo	203679.5	26	7833.83	5.08	<0.0001	45.98
Bloque>Repetición	8775.82	2	4387.91	2.85	0.0679	
Tratamiento	194903.7	24	8120.99	5.27	<0.0001	
Error	74001.36	48	1541.69			
Total	277680.9	74				

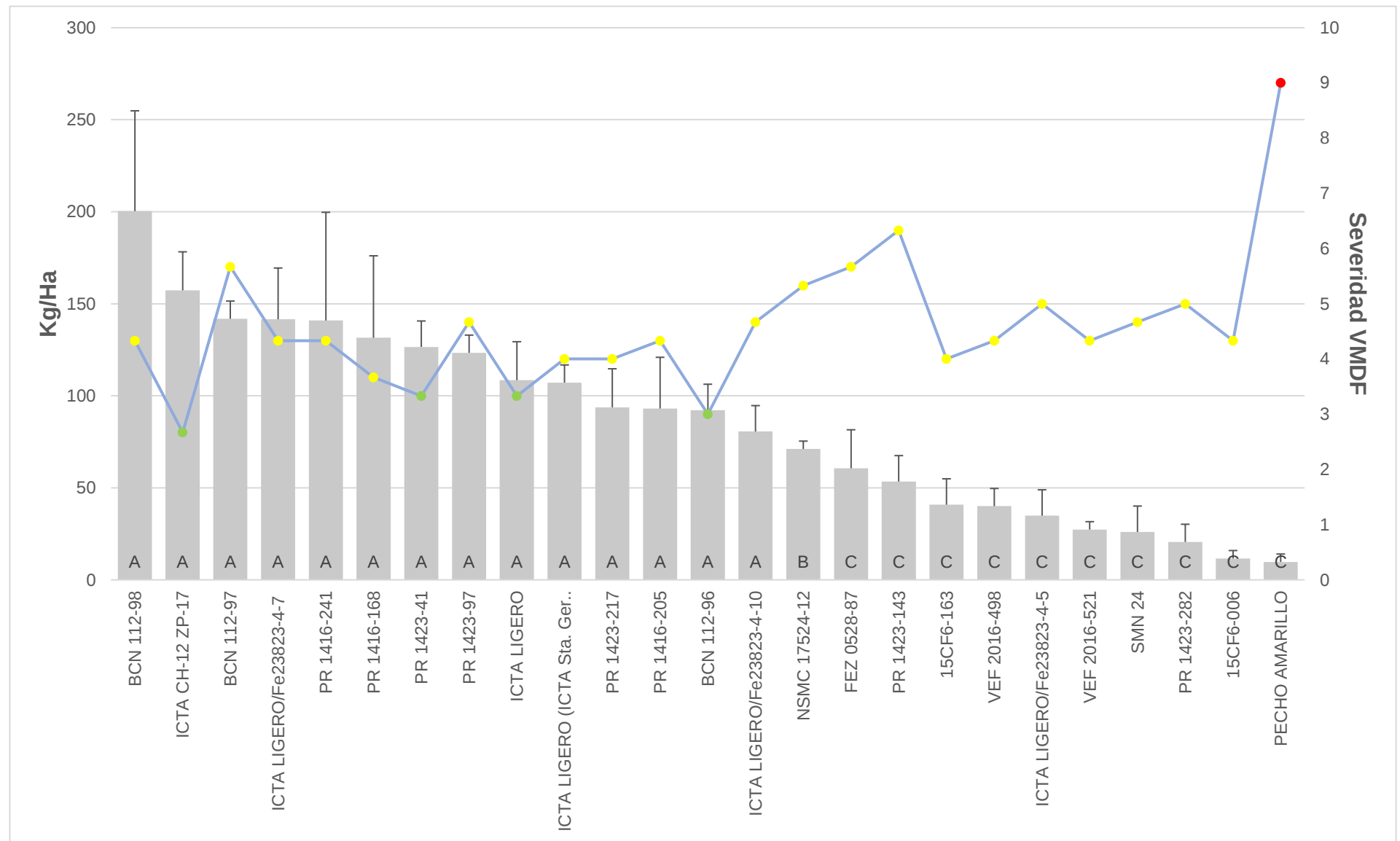
Pruebas de hipótesis tipo III - Modelo ajustado				
Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	24	48	22.52	<0.0001

Fuente: Elaboración propia 2019.

En la tabla 3, se observa el resumen del análisis de varianza y el ajuste por el método de máxima verosimilitud, en donde el p-valor para los tratamientos es de <0.0001 , es un valor menor al 0.05 de significancia, por lo que existe diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos estudiados, en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula, que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable respuesta.

Para establecer cuál de las líneas avanzadas de frijol estudiadas expresa el mayor rendimiento en kg/ha, se realizó la prueba o comparación múltiple de medias por el criterio DGC al 0.05 de significancia, con el objetivo de detectar cual o cuales de los tratamientos están provocando estas diferencias. Los resultados obtenidos se presentan en la gráfica 7.

Gráfica 7. Medias para la variable rendimiento de grano y curva de severidad del Virus del mosaico dorado del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula, 2019.



Fuente: Elaboración propia 2019.

En la gráfica 7, se observa que se presentan tres tipos de comportamientos de medias respecto a la variable de rendimiento de grano. Los genotipos que mayor medias de rendimiento expresado en kg/ha presentaron fueron: **BCN 112-98** (200.34 kg/ha); **ICTA CH-12 ZP-17** (157.3 kg/ha); **BCN 112-97** (141.86 kg/ha); **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (141.59 kg/ha); **PR 1416-241** (140.9 kg/ha); **PR 1416-168** (131.53 kg/ha); **PR 1423-41** (126.58 kg/ha); **PR 1423-97** (123.37 kg/ha); obteniendo un resultado mayor al testigo mejorado **ICTA LIGERO**, considerándose genotipos con buen potencial de rendimiento, tolerantes al VMDF y Mancha angular.

Los genotipos anteriores cumplen con los factores de buen rendimiento de grano y tolerancia a enfermedades de importancia económica, identificándose preliminarmente como genotipos que pueden mejorar la productividad del cultivo de frijol a corto plazo en el municipio de Chiquimula. Los genotipos restantes adjuntos al grupo A son: **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)**, **PR 1423-217**, **PR 1416-205**, **BCN 112-96**, **ICTA LIGERO/Fe23823-4-10**, expresaron medias menores a 109 y mayor a 81 kg/ha. El genotipo **NSMC 17524-12** presentó una respuesta secundaria en rendimiento.

Los genotipos que expresaron una respuesta terciaria en rendimiento fueron: **FEZ 0528-87**; **PR 1423-143**; **15CF6-163**; **VEF 2016-498**; **ICTA LIGERO/Fe23823-4-5**; **VEF 2016-521**; **SMN 24**; **PR 1423-282**; **15CF6-006**, con medias menores de 60 y mayor a 11 kg/ha. los genotipos que expresan resultados inferiores al testigo mejorado **ICTA LIGERO**, se consideran genotipos que no cumplen con las características preliminares para el aumento de la productividad del cultivo de frijol en el municipio de Chiquimula.

Tabla 4. Integración de las variables evaluadas de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Código	kg/ha	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Severidad VMDF	Severidad Mancha angular
BCN 112-98	200.34	33.21	65.56	Intermedio	Intermedio
ICTA CH-12 ZP-17	157.3	32.44	66.21	Resistente	Intermedio
BCN 112-97	141.86	33.32	69.63	Intermedio	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	141.59	31.7	64.13	Intermedio	Intermedio
PR 1416-241	140.9	34.15	67.15	Intermedio	Intermedio
PR 1416-168	131.53	33.15	67.74	Intermedio	Intermedio
PR 1423-41	126.58	32.64	68.93	Resistente	Intermedio
PR 1423-97	123.37	32.63	66.69	Intermedio	Intermedio
ICTA LIGERO	108.47	31.49	64.41	Resistente	Intermedio
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	107.15	31.29	64.69	Intermedio	Intermedio
PR 1423-217	93.76	33.66	70.69	Intermedio	Resistente
PR 1416-205	93.08	33.23	69.48	Intermedio	Intermedio
BCN 112-96	92.22	33.86	66.54	Resistente	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	80.6	33.22	66.82	Intermedio	Intermedio
NSMC 17524-12	71.1	32.49	65.74	Intermedio	Intermedio
FEZ 0528-87	60.62	31.92	69.6	Intermedio	Intermedio
PR 1423-143	53.44	33.73	66.42	Intermedio	Intermedio
15CF6-163	40.84	34.21	70.41	Intermedio	Resistente
VEF 2016-498	40.06	34.46	66.41	Intermedio	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	34.87	33.62	69.43	Intermedio	Intermedio
VEF 2016-521	27.33	33.77	66.62	Intermedio	Intermedio
SMN 24	26.03	34.54	69.16	Intermedio	Intermedio
PR 1423-282	20.61	34.2	68.54	Intermedio	Resistente
15CF6-006	11.64	34.33	71.61	Intermedio	Intermedio
PECHO AMARILLO	9.75	34.09	69.73	Susceptible	Intermedio

Fuente: Elaboración propia 2019.

7. CONCLUSIONES

- Las líneas avanzadas que presentaron floración en un periodo menor de tiempo fueron: **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)** (31 dds); **ICTA LIGERO** (31 dds); **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (32 dds); **FEZ 0528-87** (32 dds); **ICTA CH-12 ZP-17** (32 dds); **NSMC 17524-12** (32 dds), las cuales mostraron diferencias estadísticamente significativas con el resto de líneas avanzadas evaluadas, por lo que expresaron mayor precocidad en esta variable.
- Las líneas avanzadas que presentaron madurez fisiológica en un periodo menor de tiempo fueron: **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (64 dds); **ICTA LIGERO** (64 dds); **ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)** (65 dds); **BCN 112-98** (66 dds); **NSMC 17524-12** (66 dds); **ICTA CH-12 ZP-17** (66 dds), las cuales mostraron diferencias estadísticamente significativas con el resto de líneas avanzadas que se evaluaron, por lo que expresaron mayor precocidad en esta variable.
- Las líneas avanzadas **ICTA CH-12 ZP-17** (2.67), **BCN 112-96** (3), **PR 1423-41** (3.33), presentaron tolerancia al virus del mosaico dorado del frijol, ubicándose en la categoría de resistentes en la escala de resistencia – susceptibilidad del CIAT, el resto presentaron una resistencia intermedia, exceptuando la variedad comercial **PECHO AMARILLO** que se categorizó como susceptible.
- Las líneas avanzadas **PR 1423-217**; **15CF6-163**; **PR 1423-282**, presentaron tolerancia a mancha angular del frijol, ubicándose en la categoría de resistentes en la escala de resistencia – susceptibilidad del CIAT, el resto presentaron una resistencia intermedia.

- Las líneas avanzadas que presentaron mayor rendimiento de grano fueron: **BCN 112-98** (200.34 kg/ha); **ICTA CH-12 ZP-17** (157.3 kg/ha); **BCN 112-97** (141.86 kg/ha); **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7** (141.59 kg/ha); **PR 1416-241** (140.9 kg/ha); **PR 1416-168** (131.53 kg/ha); **PR 1423-41** (126.58 kg/ha); **PR 1423-97** (123.37 kg/ha), con diferencias estadísticamente significativas respecto al resto de líneas avanzadas evaluadas, sin embargo, los resultados fueron influenciados por las condiciones adversas de factores bióticos y las condiciones agroclimáticas de la época en el área experimental.
- Las líneas avanzadas **ICTA CH-12 ZP-17**, **ICTA LIGERO/Fe23823-4-7**, **PR 1416-168**, **PR 1423-97**, presentaron los mejores resultados en todas las variables analizadas. Las líneas avanzadas **BCN 112-98** y **PR 1416-241** presentan mayor precocidad en días a madurez fisiológica, resistencia intermedia al virus de mosaico dorado y un adecuado potencial de rendimiento.

8. RECOMENDACIONES

- La integración de las variables analizadas en esta investigación permite sugerir que las líneas avanzadas **ICTA CH-12 ZP-17, ICTA LIGERO/Fe23823-4-7, PR 1416-168, PR 1423-97, BCN 112-98, PR 1416-241** sean consideradas como líneas promisorias para nuevas evaluaciones, porque presentaron precocidad en días a floración y madurez fisiológica, tolerancia al virus mosaico dorado y mayor rendimiento en grano de frijol.
- Considerando las condiciones agroclimáticas del municipio de Chiquimula se propone la evaluación de las líneas avanzadas **ICTA CH-12 ZP-17, ICTA LIGERO/Fe23823-4-7, PR 1416-168, PR 1423-97, ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477), NSMC 17524-12**, como alternativas para minimizar el efecto de la sequía, porque presentaron precocidad en días a floración y madurez fisiológica.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abawi, GS. 1994. Pudriciones Radicales (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 121-184. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicicos.pdf
- Aldana Chavarría, LE. 2014. Diagnóstico general y servicios realizados en área productiva de la vega del Centro Universitario de Oriente. Informe EPS Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 1-7.
- Aldana de León, LF. 2010. Manual técnico agrícola: producción comercial y de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Guatemala, ICTA. 45 p. Consultado 21 sep. 2018. Disponible en <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/produccionSemillaFrijol.pdf>
- Araya Fernández, CM. 2009. Enfermedades y su combate (en línea). In Manual de recomendaciones técnicas, cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Hernandez Fonseca, JC (comp.). San José, Costa Rica, PITTA. p. 63-72. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>
- Araya Fernández, CM. 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central (en línea). Managua, Nicaragua, IICA/SICTA/COSUDE. p. 22. Consultado 22 sep. 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0891E/B0891E.pdf>

Calderón Sagastume, E. 2012. Diagnóstico de las principales plagas de insectos y patógenos de los cultivos de papaya (*Carica papaya* L.) y maíz (*Zea mays* L.), en la finca La Vega El Zapotillo, en el municipio de Chiquimula y servicios realizados en la carrera de agronomía del Centro Universitario de Oriente (CUNORI), Guatemala, C.A. (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 214 p. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6261/1/Efra%C3%ADnCalder%C3%B3nSagastume.pdf>

CAMAGRO (Cámara Agropecuaria y Agroindustrial de El Salvador). 2011. Guía técnica frijol (en línea). El salvador, CAMAGRO. p. 3-4. Consultado 26 sep. 2018. Disponible en http://media.admininhouse.com/uploads/www.camagro.com.sv/estructura_3437/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20frijol.pdf

Camarena Mayta, F; Chura Chuquija, J; Blas Sevillano, RH. 2014. Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas (en línea). Lima, Peru, UNALM/AGROBANCO. p. 42 – 59. Consultado 8 feb. 2019. Disponible en https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe); NDF (Fondo Nórdico de Desarrollo); BID (Banco Interamericano de Desarrollo); MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - Guatemala). 2018. La economía del cambio climático en Guatemala: documento técnico 2018 (en línea). México. 272 p. Consultado 26 sep. 2018. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43725/1/S1800650_es.pdf

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical); 1987; Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol (en línea). Schoonhoven, AV.; Pastor-Corrales, MA (comps.). Colombia, CIAT. p. 17 – 46. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en https://books.google.com.gt/books?id=mpgIE_jDedMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Correa Victoria, FJ; Pastor-Corrales, MA; Seattler, AW. 1994. Mancha angular de la hoja (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 67-86. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf

Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zona de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; Según sistema Holdridge. Guatemala, DIGESA. 42 p.

Gálvez, GE; Morales, FJ. 1994. Virus transmitidos por mosca blanca (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 435-464. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf

González Herrera, A. 2009. Artrópodos y moluscos y su combate (en línea). In Manual de recomendaciones técnicas, cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Hernandez Fonseca, JC (comp.). San José, Costa Rica, PITTA. p. 38-62. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>

Henríquez, GR; Prophete, R; Orellana, CL. 1992. Manejo agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Cali, Colombia, CIAT/BID/PROFRIJOL. 211 p. (Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de frijol, 5). Consultado 25 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol.5.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Proyecto Red de Innovación Agrícola (Red SICTA), Cooperación Suiza en América central. 2011. Catálogo de frijoles criollos de Ipala (en línea). Managua, Nicaragua. p. 35. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B3194e/B3194e.pdf>

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2017. Informe situación del frijol a diciembre 2017 (en línea). Guatemala, MAGA. 19 p. Consultado 23 sep. 2018. Disponible en https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/informacion_del_sector/informes_de_situacion_de_maiz_y_frijol/2017/12%20Informe%20Situaci%C3%B3n%20Del%20Frijol%20Negro%20Diciembre%202017.pdf

Miranda, A; Moscoso, J; Maldonado, C; Carrillo, E; Figueroa, J. 2014. Programa de frijol Guatemala (en línea). Guatemala, ICTA. p. 7. (Informe técnico). Consultado 22 sep. 2018. Disponible en <http://arsffbean.uprm.edu/bean/wp-content/uploads/2017/08/CAC-GM-Future.pdf>

Pastor Corrales, M.; Schwartzrts, H.F. 1994. Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf

- Pastor-Corrales, MA; Tu, JC. 1994. Antracnosis (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 87-120. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf
- Ruiz Corral, JA; Medina García, G; González Acuña, IJ; Flores López, HG; Ramírez Ojeda, G; Ortiz Trejo, C; Byerly Murphy, KF; Martínez Parra, RA. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos (en línea). 2 ed. Jalisco, México, INIFAP-CIRPAC. p. 211–217. Consultado 26 sep. 2018. Disponible en https://www.academia.edu/36576977/REQUERIMIENTOS_AGROECOL%C3%93GICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edici%C3%B3n
- Saettler, AW. 1994. Bacteriosis común (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 303-330. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf
- Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Sulsosa, PT (trad.). Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- Solís Secaída, LZ. 2015. Análisis de la variabilidad climática en la región semiárida de Guatemala comprendida por los departamentos de Baja Verapaz, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa, El Progreso y Zacapa (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería. 69 p. Consultado 28 sep. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2187/1/Linda%20Zucena%20Sol%C3%ADs%20Secaída.pdf>

- Stavely, JR; Pastor-Corrales, MA. 1994. Roya (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 185-286. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf
- Tomas, HR; Zaumeyer, WJ. 1957. Bacteriosis común (en línea). In Problemas de producción del frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M.; Schwartzrts, HF (eds.). 2 ed. Colombia, CIAT. p. 303-330. Consultado 27 sep. 2018. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf
- Ulloa, JA; Rosas Ulloa, MCP; Ramírez Ramírez, JC; Ulloa Rangel, BE. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos (en línea). Revista Fuente 3(8):5-9. Consultado 24 sep. 2018. Disponible en <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- Valladares, CA. 2010. Taxonomía y botánica de los cultivos de grano (en línea). La Ceiba, Honduras, UNAH, CURLA, Departamento de producción vegetal. 28 p. Consultado 24 sep. 2018. Disponible en <https://es.scribd.com/document/274016767/Unidad-II-Taxonomia-Botanica-y-Fisiologia-de-Los-Cultivos-de-Grano-Agosto-2010>

10. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de comparación de medias ajustadas por el método DGC para la variable días a floración de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Código	Medias	E.E.	
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	31.29	0.47	A
ICTA LIGERO	31.49	0.46	A
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	31.7	0.58	A
FEZ 0528-87	31.92	0.47	A
ICTA CH-12 ZP-17	32.44	0.66	A
NSMC 17524-12	32.49	0.47	A
PR 1423-97	32.63	0.6	A
PR 1423-41	32.64	0.47	A
PR 1416-168	33.15	0.46	B
BCN 112-98	33.21	0.54	B
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	33.22	0.57	B
PR 1416-205	33.23	0.61	B
BCN 112-97	33.32	0.62	B
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	33.62	0.46	B
PR 1423-217	33.66	0.57	B
PR 1423-143	33.73	0.47	B
VEF 2016-521	33.77	0.47	B
BCN 112-96	33.86	0.39	B
PECHO AMARILLO	34.09	0.58	B
PR 1416-241	34.15	0.46	B
PR 1423-282	34.2	0.58	B
15CF6-163	34.21	0.61	B
15CF6-006	34.33	0.46	B
VEF 2016-498	34.46	0.46	B
SMN 24	34.54	0.6	B

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 2. Valoración de resistencia – susceptibilidad del virus de mosaico dorado del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.

Código	Calificación	Categoría	% Incidencia
ICTA CH-12 ZP-17	2.33	Resistente	24.51
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	2.33	Resistente	25.64
BCN 112-96	2.33	Resistente	30.41
PR 1416-168	2.67	Resistente	24.12
PR 1416-241	2.67	Resistente	33.09
BCN 112-98	2.67	Resistente	36.93
PR 1416-205	3	Resistente	33.81
ICTA LIGERO	3	Resistente	34.95
VEF 2016-498	3	Resistente	37
PR 1423-217	3.33	Resistente	33.64
PR 1423-41	3.33	Resistente	36.92
FEZ 0528-87	3.33	Resistente	40.31
VEF 2016-521	3.33	Resistente	45.3
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	3.67	Intermedio	32.23
NSMC 17524-12	3.67	Intermedio	33.09
15CF6-163	3.67	Intermedio	38.16
BCN 112-97	3.67	Intermedio	45.18
SMN 24	4	Intermedio	35.31
15CF6-006	4	Intermedio	47.18
PR 1423-97	4.33	Intermedio	43.85
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	4.33	Intermedio	47.82
PR 1423-143	4.33	Intermedio	50.98
PR 1423-282	4.33	Intermedio	54.82
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	4.33	Intermedio	56.31
PECHO AMARILLO	5.67	Intermedio	74.97

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 3. Valoración de resistencia – susceptibilidad del virus de mosaico dorado del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.

Código	Calificacion	Categoría	% Incidencia
ICTA CH-12 ZP-17	2.67	Resistente	24.51
BCN 112-96	3	Resistente	38.97
ICTA LIGERO	3.33	Resistente	39.58
PR 1423-41	3.33	Resistente	41.55
PR 1416-168	3.67	Intermedio	32.57
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	4	Intermedio	30.53
PR 1423-217	4	Intermedio	35.27
15CF6-163	4	Intermedio	40.93
PR 1416-241	4.33	Intermedio	36.72
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	4.33	Intermedio	37.52
PR 1416-205	4.33	Intermedio	38.89
VEF 2016-498	4.33	Intermedio	40.62
BCN 112-98	4.33	Intermedio	47.54
15CF6-006	4.33	Intermedio	51.11
VEF 2016-521	4.33	Intermedio	58.06
SMN 24	4.67	Intermedio	41.37
PR 1423-97	4.67	Intermedio	55.37
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	4.67	Intermedio	61.49
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	5	Intermedio	61.08
PR 1423-282	5	Intermedio	63.15
NSMC 17524-12	5.33	Intermedio	39.54
FEZ 0528-87	5.67	Intermedio	48.15
BCN 112-97	5.67	Intermedio	56.84
PR 1423-143	6.33	Intermedio	56.63
PECHO AMARILLO	9	Susceptible	100.00

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 4. Valoración de resistencia – susceptibilidad de la mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) lectura a los 40 dds, Chiquimula 2019.

Código	Calificación	Categoría
15CF6-163	3	Resistente
PR 1423-282	3	Resistente
PR 1423-41	3.33	Resistente
PR 1423-217	3.67	Intermedio
VEF 2016-498	3.67	Intermedio
PR 1416-168	3.67	Intermedio
PECHO AMARILLO	3.67	Intermedio
ICTA LIGERO	3.67	Intermedio
PR 1423-97	3.67	Intermedio
BCN 112-97	3.67	Intermedio
PR 1423-143	3.67	Intermedio
BCN 112-98	3.67	Intermedio
15CF6-006	3.67	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	3.67	Intermedio
FEZ 0528-87	4	Intermedio
NSMC 17524-12	4	Intermedio
PR 1416-205	4	Intermedio
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	4	Intermedio
PR 1416-241	4	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	4	Intermedio
ICTA CH-12 ZP-17	4	Intermedio
SMN 24	4	Intermedio
VEF 2016-521	4.33	Intermedio
BCN 112-96	4.33	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	4.67	Intermedio

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 5. Valoración de resistencia – susceptibilidad de mancha angular del frijol de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) lectura a los 60 dds, Chiquimula 2019.

Código	Calificación	Categoría
PR 1423-217	3	Resistente
15CF6-163	3.33	Resistente
PR 1423-282	3.33	Resistente
PR 1416-168	3.67	Intermedio
PR 1423-143	3.67	Intermedio
15CF6-006	3.67	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	3.67	Intermedio
PECHO AMARILLO	3.67	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	3.67	Intermedio
VEF 2016-498	3.67	Intermedio
ICTA CH-12 ZP-17	4	Intermedio
PR 1416-241	4	Intermedio
FEZ 0528-87	4	Intermedio
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	4	Intermedio
PR 1423-41	4	Intermedio
NSMC 17524-12	4	Intermedio
PR 1416-205	4	Intermedio
ICTA LIGERO	4	Intermedio
BCN 112-96	4.33	Intermedio
BCN 112-97	4.33	Intermedio
PR 1423-97	4.33	Intermedio
BCN 112-98	4.33	Intermedio
VEF 2016-521	4.67	Intermedio
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	4.67	Intermedio
SMN 24	4.67	Intermedio

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 6. Prueba de comparación de medias ajustadas por el método DGC de la variable días a madurez fisiológica de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Código	Medias	E.E.	
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	64.13	1.17	A
ICTA LIGERO	64.41	1.15	A
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	64.69	1.38	A
BCN 112-98	65.56	1.54	A
NSMC 17524-12	65.74	1.14	A
ICTA CH-12 ZP-17	66.21	1.15	A
VEF 2016-498	66.41	1.37	A
PR 1423-143	66.42	1.08	A
BCN 112-96	66.54	1.08	A
VEF 2016-521	66.62	1.14	A
PR 1423-97	66.69	1.38	A
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	66.82	1.08	A
PR 1416-241	67.15	0.9	A
PR 1416-168	67.74	1.15	A
PR 1423-282	68.54	1.38	B
PR 1423-41	68.93	1.08	B
SMN 24	69.16	1.08	B
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	69.43	1.08	B
PR 1416-205	69.48	1.17	B
FEZ 0528-87	69.6	1.14	B
BCN 112-97	69.63	1.37	B
PECHO AMARILLO	69.73	1.14	B
15CF6-163	70.41	1.08	B
PR 1423-217	70.69	1.15	B
15CF6-006	71.61	1.14	B

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 7. Prueba de comparación de medias ajustadas por el método DGC para la variable rendimiento de grano de veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Chiquimula 2019.

Código	Medias	Severidad VMDF	E.E.	
BCN 112-98	200.34	Intermedio	54.5	A
ICTA CH-12 ZP-17	157.3	Resistente	20.93	A
BCN 112-97	141.86	Intermedio	9.62	A
ICTA LIGERO/Fe23823-4-7	141.59	Intermedio	27.85	A
PR 1416-241	140.9	Intermedio	58.81	A
PR 1416-168	131.53	Intermedio	44.54	A
PR 1423-41	126.58	Resistente	14.08	A
PR 1423-97	123.37	Intermedio	9.62	A
ICTA LIGERO	108.47	Resistente	20.93	A
ICTA LIGERO (ICTA Sta. Ger/BAT477)	107.15	Intermedio	9.62	A
PR 1423-217	93.76	Intermedio	20.93	A
PR 1416-205	93.08	Intermedio	27.85	A
BCN 112-96	92.22	Resistente	14.08	A
ICTA LIGERO/Fe23823-4-10	80.6	Intermedio	14.08	A
NSMC 17524-12	71.1	Intermedio	4.3	B
FEZ 0528-87	60.62	Intermedio	20.93	C
PR 1423-143	53.44	Intermedio	14.08	C
15CF6-163	40.84	Intermedio	14.08	C
VEF 2016-498	40.06	Intermedio	9.62	C
ICTA LIGERO/Fe23823-4-5	34.87	Intermedio	14.08	C
VEF 2016-521	27.33	Intermedio	4.3	C
SMN 24	26.03	Intermedio	14.08	C
PR 1423-282	20.61	Intermedio	9.62	C
15CF6-006	11.64	Intermedio	4.3	C
PECHO AMARILLO	9.75	Susceptible	4.3	C

Fuente: Elaboración propia 2019.

Anexo 8. Preparación de terreno para implementación del ensayo.



Anexo 9. Ensayo veintitrés líneas avanzadas y dos variedades de frijol negro.



Anexo 10. Sintomatología mancha angular del frijol.



Anexo 11. Sintomatología virus de mosaico dorado de frijol.



Anexo 12. Visita de campo por agricultores y personal del ICTA.

