

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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA

Previo a conferírsele el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2017

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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA

Previo a conferírsele el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

QUETZALTENANGO, JULIO DE 2017

De la responsabilidad del trabajo de graduación:

El autor es el único responsable de la originalidad y validez científica de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación de alguna manera implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación le será anulado y el/los autor(es) deberá(n) someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes.

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



AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo
Secretario general: Dr. Carlos Enrique Camey Rodas

CONSEJO DIRECTIVO

Director General del CUNOC: MSc. María del Rosario Paz Cabrera
Secretario Administrativo: MSc. Silvia del Carmen Recinos
Representantes de Docentes: Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Ing. Edelman Monzón López
Representantes de Estudiantes: Br. Luis Ángel Estrada García
Br. Julia Hernández de Domínguez
Representante de los Egresados: Lic. Vilma Tatiana Cabrera Alvarado

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Director de la División de Ciencia y Tecnología: Lic. Q.F. Roberto Méndez Sánchez
Coordinador de la Carrera de Agronomía: Ing. Agr. Imer V. Vásquez Velásquez

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Q.F. Roberto Aroldo Méndez Sánchez

EXAMINADORES

PhD. Fernando Aldana de León

PhD. Héctor Alvarado Quiroa

Ing. Agr. Hugo Rodríguez Loarca

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Imer Vásquez Velásquez

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q.F. Roberto Aroldo Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

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

Quetzaltenango, junio de 2017.

Honorable Consejo Directivo
Honorable Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Honorable Mesa de Acto de Graduación y Juramentación

Honorables miembros:

De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento general de Evaluación y Promoción del estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del normativo de Evaluación y Promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación, el cual se titula:

“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”

Como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el mismo tenga su aprobación, quedo de antemano con ustedes muy agradecido,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA



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

Quetzaltenango, 23 de mayo de 2017.

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

Estimado Licenciado.

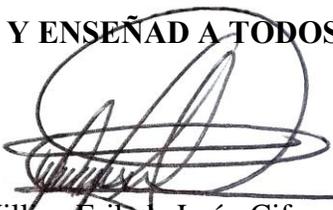
Por este medio manifiesto a usted que he finalizado la asesoría de tesis del estudiante **CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA**, la cual se titula:

“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”.

Me permito informarle que he concluido la asesoría del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Universidad, por la División de Ciencia y Tecnología y por la carrera de Ingeniero Agrónomo en sistemas de Producción Agrícola del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que recomiendo su publicación.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dr. William Erik de León Cifuentes.
Colegiado 1729
ASESOR

cc. Archivo



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

Quetzaltenango, 02 de junio de 2017.

Lic. Q.F. Roberto Méndez Sánchez
Director División de Ciencia y Tecnología
Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-

Apreciable Señor director:

De acuerdo a su designación me permito informarle que, he concluido el proceso de revisión del trabajo de graduación del estudiante de la carrera de Agronomía, **CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA**, carné **1948 54752 0101** y registro académico **201131739**, titulado:

“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”

Este trabajo de investigación hace aportes muy significativos a los sistemas finca de los agricultores de subsistencia del altiplano quetzalteco, en el cual se logran resultados importantes dirigidos a rescatar el agroecosistema maíz más frijol, tan necesario en la seguridad alimentaria de las familias rurales.

Además, este trabajo de graduación cumple con los requisitos académicos exigidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente, por lo que recomiendo su publicación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dr. Héctor Alvarado Quiroa

Colegiado 1338

REVISOR



*Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología*

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA** _____
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 009-AGR-2017 de fecha siete de julio del año dos mil diecisiete del (la) estudiante: **CHRISTIAN DANIEL LEMUS GARCÍA** con Carné No. **1948547520101** REGISTRO ACADÉMICO No.: **201131739** emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA _____, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: **“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOULUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIO DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”**

Quetzaltenango, 10 de julio de 2017.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para poder llegar al final de mi carrera universitaria, por proveerme todo lo necesario para salir adelante, porque todo lo que soy y todo lo que tengo se lo debo a Él.
- A MIS PADRES:** Edgar Lemus y Gloria de Lemus, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por brindarme todo su amor, apoyo incondicional, por su paciencia, comprensión, por sus sabios consejos y por ayudarme a ser una mejor persona cada día.
- A MI ABUELITA:** Martha Delia Fuentes, ejemplo digno de sencillez y humildad, quien con abnegación ha dedicado su vida para cuidarme y brindarme todo su amor y apoyo de una manera incondicional.
- A MI HERMANA:** Melanie Lemus, porque ha sido un ejemplo de responsabilidad, dedicación, honestidad, honradez e integridad, en mi vida.
- A MI FAMILIA:** Que de una u otra manera estuvieron siempre conmigo en el transcurso de mi formación académica profesional, brindándome su apoyo, palabras de aliento y consejos. Su amor, cariño y comprensión han sido trascendentales en mi vida para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR

Dr. WILLIAN DE LEÓN

Infinitas gracias por su apoyo, su ayuda y guía en el desarrollo de esta investigación, sin su comprensión y disposición, no hubiese sido posible la culminación de este trabajo, gracias por todos los conocimientos que me compartió, lo aprecio bastante, Dios lo bendiga siempre.

A MIS CATEDRÁTICOS

Por compartirme de sus conocimientos, por guiarme en el camino de la calidad humana que requiere la profesión y por motivar la búsqueda de la excelencia académica. En especial a: Dr. Willian de León, Dr. Fernando Aldana, Dr. Héctor Alvarado, Ing. Hugo Rodríguez, Ing. Carlos Gutiérrez y Lic. Roberto Méndez, “Vivat Academia, Vivant professores, Vivat membrum quodlibet, Vivant membra quaelibet, Semper sint in flore”

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi Alma mater, lugar donde tuve el privilegio de pasar por sus aulas, en las cuales me fueron forjando día tras día hasta alcanzar este anhelado sueño, gracias Tricentenario por ser mi casa de estudios, responsable de mi formación profesional. Hoy puedo compartir el lema de “Id y Enseñad a Todos”.

A ICTA, MAGA Y PROYECTO BUENA MILPA

Por haberme brindado el apoyo a través de insumos y materiales necesarios para realizar mi trabajo de graduación en los municipios de San Juan Ostuncalco y Concepción Chiquirichapa. Muchas gracias por su valiosa colaboración.

TÍTULO

“EVALUACIÓN DE DIEZ GENOTIPOS DE FRIJOL VOLUBLE (*Phaseolus spp.*) BAJO EL SISTEMA EN ASOCIO CON MAÍZ (*Zea mays*) EN LOS MUNICIPIOS DE SAN JUAN OSTUNCALCO Y CONCEPCIÓN CHIQUIRICHAPA, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
TÍTULO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Antecedentes del problema.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. General.....	3
1.4.2. Específicos.....	3
1.5. Hipótesis	4
1.5.1. Hipótesis nulas (Ho).....	4
1.5.2. Hipótesis alternativas (Ha).....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Importancia del frijol en Centroamérica y el Caribe	5
2.2. Historia, biología y ecología de la planta del frijol.....	5
2.2.1. Historia.....	5
2.2.2. Descripción botánica.....	5
2.2.3. Ecología de la planta del frijol.....	7
2.3. Aspectos edafológicos y climáticos.....	7
2.3.1. Preparación del terreno.....	7
2.3.2. Suelos	7
2.3.3. Temperatura.....	7
2.3.4. Precipitación.....	7
2.4. Clasificación taxonómica.....	8
2.5. Hábito de crecimiento	8
2.6. Aspectos agronómicos	9

2.6.1.	Fertilización	9
2.6.2.	Plagas y enfermedades.....	9
2.6.3.	Control de malezas.	10
2.7.	Descripción de las etapas de desarrollo del cultivo de frijol	10
2.7.1.	Etapas de la fase vegetativa	10
2.7.2.	Etapas de la fase reproductiva	11
2.8.	Componentes del rendimiento.	12
2.9.	Evaluación agronómica.....	12
2.10.	Aspectos económicos.....	12
2.11.	Característica de los materiales experimentales	13
2.11.1.	ICTA Texel Voluble (Grano Brillante)	13
2.11.2.	ICTA Hunapú Voluble	13
2.11.3.	ICTA Altense Voluble.....	13
2.11.4.	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	14
2.11.5.	ICTA Quiché	14
2.11.6.	ICTA Uatlán	14
2.11.7.	ICTA Texel Voluble (Grano opaco).....	15
2.11.8.	GUATE – 1026.....	15
2.11.9.	ICTA Martín.....	15
2.11.10.	Valle Nuevo (testigo).....	15
2.12.	Cultivos de maíz y frijol en asocio	16
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		17
3.1.	Localidades	17
3.1.1.	Área experimental en Barrio San Marcos, municipio de Concepción Chiquirichapa, departamento de Quetzaltenango.	17
3.1.2.	Área experimental en Aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango.	18
3.1.2.2.	Ubicación y descripción del sitio experimental.....	18
3.2.	Descripción del diseño experimental y modelo estadístico	18
3.2.1.	Listado de los tratamientos evaluados	19
3.2.2.	Croquis del ensayo en campo	19
3.2.3.	Unidad experimental.....	20
3.2.4.	Parcela neta.....	21

3.3.	Descripción de las variables de respuesta.....	22
3.4.	Análisis de la información.	24
3.4.1.	Análisis de varianza (ANDEVA)	24
3.4.2.	Prueba DGC (Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves)	24
3.4.3.	Correlación y regresión en las variables de rendimiento de frijol y maíz.	25
3.5.	Manejo agronómico	25
3.5.1.	Preparación del suelo.....	25
3.5.2.	Trazo de la investigación	25
3.5.3.	Siembra	27
3.5.4.	Descostrar.	27
3.5.5.	Aporque.	28
3.5.6.	Fertilización.....	28
3.5.7.	Control de malezas.	28
3.5.8.	Control de plagas y enfermedades.....	28
3.5.9.	Cosecha.....	29
3.5.10.	Poscosecha.....	29
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		30
4.1.	Resultados en la localidad Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	30
4.1.1.	Variable componentes del rendimiento	30
4.1.2.	Porcentaje de Germinación.....	31
4.1.3.	Días a floración.....	33
4.1.4.	Días a madurez fisiológica	35
4.1.5.	Reacción a enfermedades	38
4.1.6.	Porcentaje de daño por plaga de picudo (<i>Apion godmani</i>)	42
4.1.7.	Valor agronómico	44
4.1.8.	Porcentaje de acame en maíz.....	45
4.1.9.	Días a cosecha	48
4.1.10.	Rendimiento de frijol en kg.ha	50
4.1.11.	Rendimiento del cultivo de maíz en kg.ha.	51
4.1.12.	Análisis de Correlación de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa	53
4.1.13.	Análisis de regresión de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa	54

4.2.	Resultados en la localidad Aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco	55
4.2.1.	Variable componentes del rendimiento	55
4.2.2.	Porcentaje de germinación.....	57
4.2.3.	Días a floración.....	58
4.2.4.	Días a madurez fisiológica	60
4.2.5.	Reacción a enfermedades	63
4.2.6.	Porcentaje de daño por plaga de picudo (<i>Apion godmani</i>)	67
4.2.7.	Valor agronómico	68
4.2.8.	Porcentaje de acame en maíz.....	69
4.2.9.	Días a cosecha	71
4.2.10.	Rendimiento de frijol en kg.ha	73
4.2.11.	Rendimiento en el cultivo de maíz en Kg.ha.....	76
4.2.12.	Correlación de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	78
4.2.13.	Regresión de las variables rendimiento de frijol y maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	79
4.3.	Análisis combinado de las diferentes variables, en las localidades de Concepción Chiquirichapa y San Juan Ostuncalco, Depto. de Quetzaltenango.	80
4.3.1.	Análisis combinado de la variable porcentaje de germinación	80
4.3.2.	Análisis combinado de la variable días a floración	80
4.3.3.	Análisis combinado de la variable días a madurez fisiológica.....	81
4.3.4.	Análisis combinado de la variable reacción a enfermedades	82
4.3.5.	Análisis combinado de la variable del porcentaje de daño de picudo (<i>Apion godmani</i>).....	84
4.3.6.	Análisis combinado de la variable de porcentaje de acame en maíz.....	84
4.3.7.	Análisis combinado de la variable de días a cosecha	85
4.3.8.	Análisis combinado de la variable de rendimiento de frijol en kg.ha	85
4.3.9.	Análisis combinado de la variable de rendimiento de maíz en kg.ha	86
4.4.	Resultados de análisis de componentes principales.....	87
4.4.1.	Análisis de componentes principales, municipio de Concepción Chiquirichapa....	87
4.4.2.	Análisis de componentes principales, municipio de San Juan Ostuncalco	88
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
5.1.	Conclusiones	89

5.2. Recomendaciones	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	94
ANEXOS	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro 1.	Principales plagas y/o enfermedades que afectan al cultivo de frijol.....	9
Cuadro 2.	Tratamientos evaluados en la investigación de diez genotipos de frijol voluble.....	19
Cuadro 3.	Escala general para evaluar el valor reproductivo.....	23
Cuadro 4.	Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos bacterianos y fungos.....	24
Cuadro 5.	Datos de campo (medias) obtenidos en el ensayo de finca de diez genotipos promisorios de frijol voluble, en Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	30
Cuadro 6.	Porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	32
Cuadro 7.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del Porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	32
Cuadro 8.	Días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	33

Cuadro 9.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	33
Cuadro 10.	Prueba de medias por DGC de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	34
Cuadro 11.	Días a madurez fisiológica en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	35
Cuadro 12.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable de días a madurez fisiológica de los diez genotipos de frijol voluble con asocio en maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	36
Cuadro 13.	Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de días a madurez fisiológica, Concepción Chiquirichapa.....	36
Cuadro 14.	Reacción a enfermedades “Roya” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	38
Cuadro 15.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “roya” en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	38
Cuadro 16.	Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de reacción a enfermedades “roya”, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	39
Cuadro 17.	Reacción a enfermedades “Antracnosis” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.....	40
Cuadro 18.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “antracnosis” en Concepción Chiquirichapa.....	40
Cuadro 19.	Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	41
Cuadro 20.	Porcentaje de daño por plaga de picudo (<i>Apion godmani</i>) en la evaluación de	

diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	42
Cuadro 21. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de daño por la plaga del picudo (<i>Apion godmani</i>), municipio de Concepción Chiquirichapa.....	42
Cuadro 22. Prueba de medias por DGC del daño de picudo (<i>Apion godmani</i>) en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	43
Cuadro 23. Valor agronómico en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	44
Cuadro 24. Porcentaje de acame en maíz, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	45
Cuadro 25. Análisis de Varianza (ANDEVA) de porcentaje de acame en cultivo de maíz, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	46
Cuadro 26. Prueba de medias por el criterio de DGC del porcentaje de acame en maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	46
Cuadro 27. Días a cosecha en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	48
Cuadro 28. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a cosecha de diez genotipos de frijol, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	48
Cuadro 29. Prueba de medias por el criterio DGC de la variable días a cosecha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	49
Cuadro 30. Rendimiento de diez genotipos de frijol voluble expresados en kg.ha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	50
Cuadro 31. Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de los diez genotipos de frijol en kg.ha, municipio de Concepción Chiquirichapa.....	50
Cuadro 32. Rendimiento del cultivo de maíz expresado en kg.ha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	51

Cuadro 33.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de maíz en kg.ha variedad compuesto blanco, en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	52
Cuadro 34.	Prueba de medias por el criterio DGC, del rendimiento de maíz en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	52
Cuadro 35.	Análisis de correlación de Pearson en la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	53
Cuadro 36.	Análisis de regresión lineal luego de la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	54
Cuadro 37.	Estadísticos asociados para determinar la línea de regresión lineal después de analizar las variables de rendimiento de frijol y maíz, Concepción Chiquirichapa.....	54
Cuadro 38.	Datos de campo (medias) obtenidos en el ensayo de finca de diez genotipos promisorios de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	55
Cuadro 39.	Porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	57
Cuadro 40.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	57
Cuadro 41.	Días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en la aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco.....	58
Cuadro 42.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	58
Cuadro 43.	Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, San Juan	

Ostuncalco.....	59
Cuadro 44. Días a madurez fisiológica en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	60
Cuadro 45. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable de días a madurez fisiológica de los diez genotipos de frijol voluble con asocio en maíz, en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	61
Cuadro 46. Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de la variable de días a madurez fisiológica en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	61
Cuadro 47. Reacción a enfermedades “Roya” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	63
Cuadro 48. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “roya” en el municipio de San Juan Ostuncalco.	63
Cuadro 49. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de reacción a enfermedades “roya”, en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	64
Cuadro 50. Reacción a enfermedades “Antracnosis” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en la aldea Monrovia del municipio de San Juan Ostuncalco.....	65
Cuadro 51. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “antracnosis” en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	65
Cuadro 52. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”, municipio de San Juan Ostuncalco.....	66
Cuadro 53. Porcentaje de daño por plaga de picudo (<i>Apion godmani</i>) en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de San Juan Ostuncalco.....	67
Cuadro 54. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de daño por la plaga del picudo (<i>Apion godmani</i>), municipio de San Juan Ostuncalco.....	67
Cuadro 55. Valor agronómico en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	68

Cuadro 56.	Porcentaje de acame del cultivo de maíz en asocio con diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	69
Cuadro 57.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de porcentaje de acame en cultivo de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	69
Cuadro 58.	Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, del porcentaje de acame en maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	70
Cuadro 59.	Días a cosecha en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	71
Cuadro 60.	Análisis de Varianza (ANDEVA) de días a cosecha de diez genotipos de frijol, municipio de San Juan Ostuncalco.....	72
Cuadro 61.	Prueba múltiple de medias por el criterio de DGC de días a cosecha en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	72
Cuadro 62.	Rendimiento de diez genotipos de frijol voluble expresados en kg.ha en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	73
Cuadro 63.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de los diez genotipos de frijol en kg.ha, en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	74
Cuadro 64.	Prueba múltiple de medias por el criterio de DGC de rendimiento de frijol en kg.ha. en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	74
Cuadro 65.	Rendimiento del cultivo de maíz expresado en kg.ha en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	76
Cuadro 66.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de maíz en kg.ha variedad criolla, en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	76
Cuadro 67.	Prueba de medias por el criterio de DGC, del rendimiento de maíz en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	77
Cuadro 68.	Análisis de correlación de Pearson en la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	78

Cuadro 69.	Análisis de regresión lineal luego de la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.....	79
Cuadro 70.	Estadísticos asociados para determinar la línea de regresión lineal después de analizar las variables de rendimiento de frijol y maíz, de San Juan Ostuncalco.....	79
Cuadro 71.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable porcentaje de germinación.....	80
Cuadro 72.	ANDEVA del análisis combinado de la variable días a floración.....	80
Cuadro 73.	Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable días a floración.....	81
Cuadro 74.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable días a madurez fisiológica.....	81
Cuadro 75.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “Roya”.....	82
Cuadro 76.	Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “roya”	82
Cuadro 77.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”	83
Cuadro 78.	Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”.....	83
Cuadro 79.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del porcentaje de daño de picudo.....	84
Cuadro 80.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del porcentaje de acame en maíz.....	84
Cuadro 81.	ANDEVA del análisis combinado de la variable días a cosecha.....	85

Cuadro 82.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del rendimiento en frijol kg.ha.....	85
Cuadro 83.	Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable rendimiento de frijol en kg.ha.....	86
Cuadro 84.	Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del rendimiento de maíz en kg.ha.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Figura 1.	Planta de frijol exponiendo sus hojas primarias (A) y hoja trifoliada (B).....	6
Figura 2.	Semilla de frijol exhibiendo sus partes externas (A) e internas (B).....	6
Figura 3.	Plantas de frijol con diferentes tipos de crecimiento.....	8
Figura 4.	Croquis de la evaluación de diez genotipos de frijol voluble.....	20
Figura 5.	Unidad experimental en la evaluación de diez genotipos de frijol.....	21
Figura 6.	Área de muestreo para la toma de datos (parcela neta).....	21
Figura 7.	Colocación de cuatro estacas para la delimitación del área experimental.....	26
Figura 8.	Trazado de forma longitudinal para el establecimiento de los diez tratamientos en cada uno de los tres bloques.....	26
Figura 9.	Trazado del ensayo de forma transversal para el establecimiento de calle y espalda.....	27
Figura 10.	Prueba de medias por el método DGC de la variable días a floración, Concepción Chiquirichapa.....	35

Figura 11.	Comparación de medias de los días a madurez de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	37
Figura 12.	Prueba de medias de la variable daño por plaga de picudo (<i>Apion godmani</i>), Concepción Chiquirichapa.....	44
Figura 13.	Prueba de medias por DGC del porcentaje de acame de maíz, Concepción Chiquirichapa.....	47
Figura 14.	Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, Concepción Chiquirichapa.....	54
Figura 15.	Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.....	55
Figura 16.	Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable días a floración, San Juan Ostuncalco.....	60
Figura 17.	Comparación de medias de los días a madurez, San Juan Ostuncalco.....	62
Figura 18.	Porcentaje de acame de maíz, San Juan Ostuncalco.....	71
Figura 19.	Comportamiento en rendimiento de frijol kg.ha, San Juan Ostuncalco.....	75
Figura 20.	Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, San Juan Ostuncalco.....	78
Figura 21.	Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, San Juan Ostuncalco.....	79
Figura 22.	Análisis de componentes principales Biplot, Concepción Chiquirichapa.....	87
Figura 23.	Análisis de componentes principales Biplot, San Juan Ostuncalco.....	88

RESUMEN

La evaluación de diez genotipos promisorios de frijol voluble es un aporte de la investigación para que se generen nuevas variedades y que así mismo los agricultores dispongan de ellas, con mejores características, sin provocar daño al cultivo de maíz y así poder mejorar la producción de frijol voluble; la finalidad no es solo para conservar el sistema maíz-frijol, sino también contribuir con la seguridad alimentaria de la población. Lo que se determinó con este estudio fue el comportamiento agronómico de variedades mejoradas en función a la adaptabilidad de clima, suelo y agua. En los ensayos se evaluaron diez genotipos de frijol voluble, de los cuales estuvieron establecidos por variedades/líneas mejoradas que fueron proporcionadas por el programa de frijol del ICTA, ubicado en el municipio de Olintepeque, Quetzaltenango. Se establecieron dos ensayos en fincas de agricultores con un área de 877.40 mts², en los municipios de Concepción Chiquirichapa y San Juan Ostuncalco, ambas del departamento de Quetzaltenango, los genotipos evaluados fueron: ICTA Texel Voluble grano brillante (T1), ICTA Hunapú Voluble (T2), ICTA Altense Voluble (T3), ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} (T4), ICTA Quiché (T5), ICTA Utatlán (T6), ICTA Texel Voluble grano opaco (T7), GUATE -1026 (T8), ICTA Martín (T9) y Valle Nuevo (T10 “Testigo”).

Según el análisis de varianza para la variable de rendimiento, se determinó que en las dos localidades los genotipos que fueron superiores a las demás variedades son: ICTA Martín 802.58 kg.ha, ICTA Texel grano opaco 786.165 kg.ha, ICTA Texel grano brillante 773.80 kg.ha e ICTA Hunapú Voluble 770.78 kg.ha (promedio para ambas localidades), con la desventaja que se obtuvo una correlación y regresión negativa con respecto al rendimiento de maíz, es decir, que estas mismas variedades fueron las que más dañaron la producción del cultivo de maíz, esto se debe a la agresividad de estos genotipos y por la gran cantidad de biomasa que desarrollan, provocando acame de raíz y de tallo a las plantas de maíz, concluyendo que estos genotipos son muy agresivos para cultivarlos en asocio.

ABSTRACT

The evaluation of ten promising genotypes of fickle bean is a contribution of the research to generate new varieties and that the same farmers have them, with better characteristics, without causing damage to the maize crop and thus to be able to improve the production of bean fickle; The purpose is not only to preserve the corn-bean system, but also to contribute to the food security of the population. What was determined with this study was the agronomic behavior of improved varieties of voluble bean as a function of the adaptability of climate, soil and water. In the trials, ten fickle bean genotypes were evaluated, from which they were established by improved varieties/lines that were provided by the ICTA bean program, located in the municipality of Olintepeque, Quetzaltenango. Two trials were established on farms with an area of 877.40 m², in the municipalities of Concepción Chiquirichapa and San Juan Ostuncalco, both in the department of Quetzaltenango. The genotypes evaluated were: ICTA Texel Voluble bright grain (T1), ICTA Hunapú Voluble (T2), ICTA Altense Voluble (T3), ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} (T4), ICTA Quiché (T5), ICTA Uatlán (T6), ICTA Texel Voluble opaque grain (T7), GUATE - 1026 (T8), ICTA Martín (T9) y Valle Nuevo (T10 “Testigo”).

According to the analysis of variance for the yield variable, it was determined that in the two localities the genotypes that were higher to the other varieties are: ICTA Martín 802.58 kg.ha, ICTA Texel grano opaco 786.165 kg.ha, ICTA Texel grano brillante 773.80 kg.ha e ICTA Hunapú Voluble 770.78 kg.ha (Mean for both localities), with the disadvantage that a correlation and a negative regression with respect to maize yield were obtained, that is to say, that these same varieties were the ones that more damaged the production of the corn crop, this is due to the aggressiveness of these genotypes and the large amount of biomass that they develop, provoking root and stem attachment to maize plants, concluding that these genotypes are very aggressive when used in association.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

El cultivo de frijol (*Phaseolus spp.*), es una especie que se encuentra clasificada entre los frijoles volubles con crecimiento indeterminado trepador tipo IV, presenta alto contenido de proteínas y es básico en la alimentación de la población guatemalteca. Su precio en el mercado oscila entre 19.80 y 26.40 quetzales por kilogramo. Este cultivo es sembrado en todas las regiones fisiográficas de la república que oscilan entre los 50 y 2,600 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, se cuenta con entidades como el ICTA que se han dedicado al mejoramiento genético, manejo agronómico, producción y certificación de semilla de frijol para la venta.

En la presente investigación se da a conocer el comportamiento de diez genotipos promisorios de frijol voluble bajo el sistema de asocio con maíz, en donde se evaluaron las siguientes características: potencial de rendimiento, menor agresividad al cultivo del maíz y mayor resistencia a plagas y enfermedades. El propósito de este estudio fue conservar el sistema agrícola tradicional, teniendo un impacto positivo en la producción.

Los métodos empleados para este estudio fueron los siguientes: Análisis de Varianza (ANDEVA), análisis combinado para dos localidades, análisis de correlación y regresión para el rendimiento de maíz-frijol y análisis de componentes principales. El experimento consintió en establecer dos ensayos de finca con un área de 877.40 mts² para cada ensayo, ubicados en los municipios de San Juan Ostuncalco y Concepción Chiquirichapa, ambas del departamento de Quetzaltenango, los genotipos evaluados fueron: ICTA Texel Voluble grano brillante, ICTA Hunapú Voluble, ICTA Altense Voluble, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Quiché, ICTA Uatlán, ICTA Texel Voluble grano opaco, GUATE -1026, ICTA Martín y Valle Nuevo (Testigo).

Los agricultores de los municipios de Concepción Chiquirichapa y San Juan Ostuncalco, dentro del sistema milpa cultivan el frijol voluble o de vara que asocian con el maíz que es el cultivo principal, sin embargo, esta especie se ha ido extinguiendo con el paso del tiempo debido no solo a fenómenos naturales derivados del cambio climático (sequía, excesos de lluvia, granizo y heladas), sino que también a problemas de plagas como el Picudo de la vaina (*Apión godmani*), que se debe controlar desde la floración para evitar pérdidas del cultivo, estos factores influyen en la baja producción y su alto precio; además en los cultivares locales o criollos el desarrollo de la biomasa es bastante vigoroso y agresivo ocasionando pérdidas en las plantas de maíz que no soportan el peso, provocando acame de raíz o tallo en la planta, reduciendo considerablemente de esta manera los rendimientos.

1.2. Planteamiento del problema.

En las regiones del Altiplano Occidental de Guatemala, el cultivo de frijol está siendo afectado por: bajos rendimientos, presencia de plagas, enfermedades, agresividad y altos costos de producción, mediante un diagnóstico realizado en los municipios de Concepción Chiquirichapa y San Juan Ostuncalco del departamento de Quetzaltenango, se identificó que el cultivo del frijol criollo evidencia problemas de bajo rendimiento, debido a que presenta susceptibilidad a enfermedades fúngicas (antracnosis y roya) y a plagas, específicamente la plaga del picudo de la vaina (*Apion godmani*), siendo éstos de gran importancia económica. Las variedades criollas o nativas poseen alta agresividad, provocando acame al cultivo de maíz, es por tal razón que los agricultores han abandonado el cultivo de frijol priorizando el maíz como cultivo primario. “Es necesario incrementar la producción en esas zonas, a través de la identificación de variedades de alto rendimiento para mejorar los ingresos de los agricultores, poniendo a su disposición el grano comercial y así mismo ayudar a mejorar la dieta alimenticia de la zona en estudio” (Aldana, 2010).

A través de esta investigación se evaluaron diez genotipos mejorados del cultivo de frijol, con el propósito de determinar el comportamiento agronómico y el nivel de agresividad al cultivo de maíz. En el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- actualmente está trabajando con semilla mejorada, por lo que, para esta investigación, se utilizó semilla proveniente de dicha institución.

1.3. Antecedentes del problema.

El cultivo de frijol es el alimento que forma parte de la dieta alimenticia para los guatemaltecos. En los últimos años este cultivo se ve afectado por rendimientos muy bajos en su producción, generando para los agricultores pérdidas económicas, los principales problemas del cultivo son las altas incidencias en enfermedades al no utilizar semillas de variedades mejoradas con resistencia, la presencia de plagas como *Apion godmani*, que el “mayor daño económico lo causa la larva alimentándose de granos tiernos en formación afectando el rendimiento hasta un 80% si no se le aplica el control fitosanitario” (CIAT, 1987).

En el diagnóstico realizado para ambas localidades se identifica que, en los últimos años, el cultivo frijol ha perdido competitividad frente a la producción de otros cultivos, especialmente por la agresividad que posee, afectando el crecimiento del desarrollo del cultivo de maíz, provocándole acame de tallo o de raíz. A pesar que el frijol criollo presenta alta agresividad, sembrarlo en asocio tiene como ventaja la conservación de la humedad del suelo, mejora la

aireación, obteniendo buena producción si se utilizan variedades mejoradas. Los agricultores del altiplano invierten esfuerzo, dinero y lo que se está obteniendo son los altos costos de producción que para el año 2013 desde la siembra hasta la cosecha se emplea costos de Q4,642 por ha. (Loma, I.L. 1950).

Por tal razón los agricultores de estas regiones de Guatemala han optado por dejar de sembrar este cultivo y solo sembrar como cultivo primario el maíz. El propósito de esta investigación fue evaluar el comportamiento de diez genotipos de frijol voluble mejorados ante el cultivo de maíz, para determinar el desarrollo potencial de rendimiento, menor agresividad al cultivo del maíz y mayor resistencia a plagas y enfermedades. El propósito de este estudio fue conservar el sistema tradicional, teniendo un impacto positivo en la producción.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Evaluar el comportamiento agronómico y productivo de diez genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) en asocio con el cultivo de maíz (*Zea mays*), en los municipios de San Juan Ostuncalco y Concepción Chiquirichapa.

1.4.2. Específicos

- Determinar el rendimiento de grano en Kg.ha⁻¹ de cada uno de los diez genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*).
- Evaluar el nivel de daño al cultivo de maíz, provocado por cada uno de los diez genotipos de frijol evaluados (*Phaseolus spp.*).
- Determinar la resistencia de los diez genotipos de frijol voluble a las principales enfermedades del cultivo de frijol (*Phaseolus spp.*) bajo condiciones de asocio con maíz (*Zea mays*).

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nulas (Ho)

- Ho1. No existe diferencia entre el potencial de rendimiento y componentes de rendimiento de los cultivos de frijol (*Phaseolus spp.*) y maíz (*Zea mays*).
- Ho2. No existe diferencia significativa en relación de daño al cultivo de maíz provocado por alguno de los diez genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) a evaluar.
- Ho3. No existe diferencia significativa en cuanto a la tolerancia a enfermedades de los diez genotipos del cultivo de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) a evaluar.

1.5.2. Hipótesis alternativas (Ha)

- Ha1. Al menos uno de los genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) a evaluar, presentará diferencias estadísticas significativas en cuanto a potencial de rendimiento y componentes de rendimiento.
- Ha2. Al menos uno de los genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) a evaluar, presentará diferencias estadísticas significativas en cuanto a la relación de daño al cultivo de maíz (*Zea mays*), provocado por los diez genotipos de frijol voluble.
- Ha3. Al menos uno de los genotipos de frijol voluble (*Phaseolus spp.*) presentará diferencias estadísticas significativas en cuanto a tolerancia a enfermedades.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del frijol en Centroamérica y el Caribe

El frijol es la fuente principal de proteína para las familias de bajos ingresos en Centro América y el Caribe de ahí la importancia de su cultivo. Esto puede corroborarse con los datos del contenido de este grano que menciona el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá. El cultivo de frijol voluble forma parte importante de los hábitos alimentarios de los pobladores, la importancia que esta leguminosa tiene, es el costo de la proteína que contiene, debido a que es bajo en comparación con la proteína de origen animal (INCAP, 2012).

2.2. Historia, biología y ecología de la planta del frijol.

2.2.1. Historia.

Los primeros botánicos consideraban que el frijol era oriundo del Asia (China) y De Candolle, en el año 1,883, lo calificó como de origen desconocido o incierto. Hoy en día se sabe que procede de México y de la zona central de Suramérica. Se considera que los mexicanos fueron los primeros en iniciar con la domesticación del cultivo hace unos 5,000 años A.C., Actualmente en el norte de Argentina se encuentran algunas formas silvestres, espontáneas, posiblemente antecesoras del frijol común (*Phaseolus aborigineus* B) (CIAT, 1984).

2.2.2. Descripción botánica.

El frijol, tiene hábitos de crecimiento variado; en Guatemala generalmente se le conoce como frijol de vara o de enredaderas con un tipo de crecimiento indeterminado o voluble, éstas generalmente están postradas o son rastreras, que emplean para treparse fácilmente sus zarcillos. El sistema radical del frijol consta de una raíz principal y muchas ramificaciones laterales dándole la forma de un cono; como en todas las leguminosas, el frijol hace simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, formando nodulaciones de tamaños muy variados.

Los tallos son delgados, débiles y angulosos y de sección cuadrangular; son órganos que parcialmente almacenan pequeñas cantidades de alimentos foto sintetizada los cuales más tarde son cedidos a las vainas (frutos) y luego cuando los tallos son viejos se ahuecan. Las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos, dos laterales y uno terminal, de forma y tamaño variables con pulviniólos y pulviniólos fotosensitivos. Las hojas pueden variar su estructura ligeramente de acuerdo con el medio ambiente donde crecen. Es usual la autopolinización; la frecuencia de polinización cruzada es baja. El período de llenado de la semilla puede tomar como 23 días a casi 50 días. La madurez de la semilla seca se alcanza 65-150 días después de sembrar. Los granos

están constituidos por dos cotiledones, formados de tejido parenquimatoso con alto contenido de almidón y proteínas (CIAT, 1986).

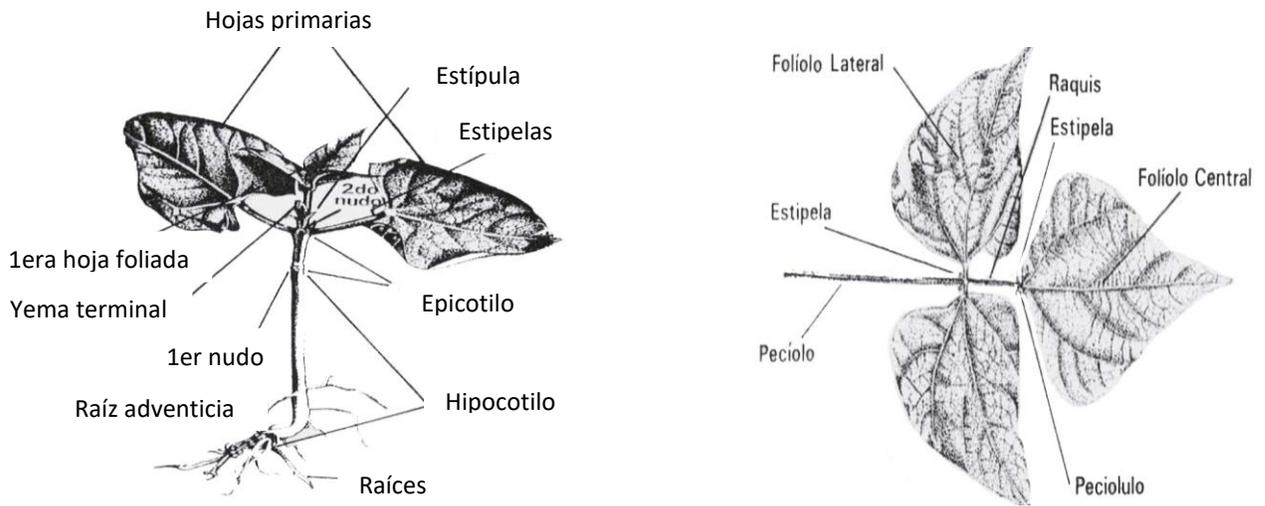


Figura 1. Planta de frijol exponiendo sus hojas primarias (A) y hoja trifoliada (B).
Fuente: Villanueva 2010

La vaina es lineal más o menos comprimida, típica legumbre, cuya placenta se abre (dehiscente) en la madurez, en la parte ventral. Las vainas pueden ser de varios colores, formas y características (IICA, 1989).

Los granos son de formas muy diversas, sin embargo, se mencionan los tipos más importantes esféricas, redondas, cilíndricas, y otras. Los colores pueden también variar mucho y además presentar matices con diferentes diseños. Los granos están constituidos por dos cotiledones, formados de tejido parenquimatoso con alto contenido de almidón y proteínas.

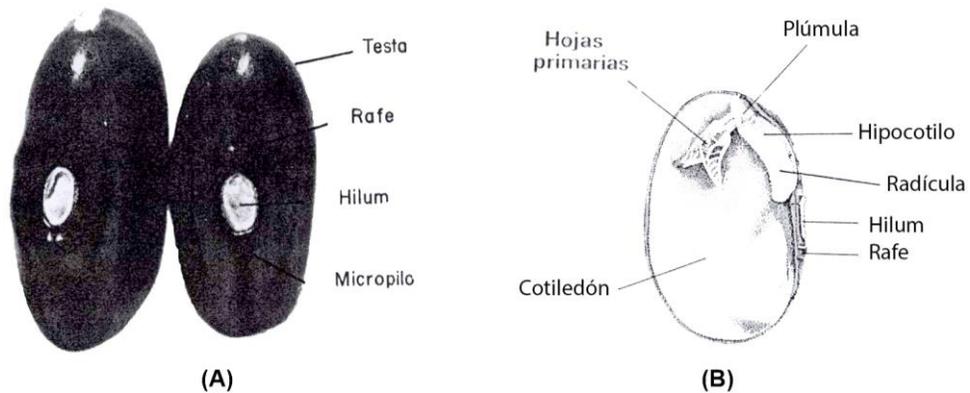


Figura 2. Semilla de frijol exhibiendo sus partes externas (A) e internas (B) de la semilla.
Fuente: Villanueva 2010

2.2.3. Ecología de la planta del frijol

En Guatemala el frijol, se puede sembrar en todos los climas, desde los 50 hasta los 2,600 metros sobre el nivel del mar por lo que es denominado un cultivo cosmopolita (Villanueva, 2010).

2.3. Aspectos edafológicos y climáticos

2.3.1. Preparación del terreno

Esta se realiza generalmente de forma manual, haciendo una limpia con machete, también puede hacerse mecanizada con tractor utilizando rastra y arado, luego se realizan los surcos con azadón, se recomienda utilizar insecticidas y fungicidas para las plagas del suelo (Gudiel, 2004).

2.3.2. Suelos

Según la dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, la planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados. El pH óptimo para sembrar frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5, dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5. El frijol es susceptible a los suelos salinos (Gudiel, 2004).

2.3.3. Temperatura

Para cada genotipo, hay un óptimo de fotoperiodo y temperatura dónde ese genotipo florecerá después del posible intervalo de tiempo más pequeño de la emergencia. Desviaciones en la temperatura o en el fotoperiodo causan retrasos en la floración (CABI, 2004).

2.3.4. Precipitación

Una lluvia bien distribuida moderada se requiere (300-400 mm por ciclo de cultivo) pero el tiempo seco durante la cosecha es esencial. Sequedad o anegamiento son perjudiciales (CABI, 2004).

2.4. Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae
- Subreino: Embryobiontha
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsidae
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Género: Phaseolus (CIAT, 1984).

2.5. Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento es una característica muy importante en el manejo agronómico de especies de Phaseolus. Esta característica puede ser agrupada en dos categorías: Determinado o arbustivo e indeterminado o trepador. Comúnmente el hábito de crecimiento ocurre con menos frecuencia. Las plantas de hábito de crecimiento determinado se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia determinada desarrollada, a consecuencia de lo cual la floración y la maduración son tempranas y la planta es arbustiva. Las plantas de hábito indeterminado se caracterizan porque el tallo principal y las ramas laterales terminan en un meristemo vegetativo, susceptible, de crecimiento indefinido que da origen a una guía. La planta puede clasificarse como indeterminada arbustiva si la guía no tiene tendencia a trepar. Las plantas de hábito indeterminado generalmente tienen períodos de crecimiento más prolongados que las de hábito determinado y además otra característica importante es su notable capacidad de recuperación después de haber sido sometido a condiciones adversas (Ospina, 1984).

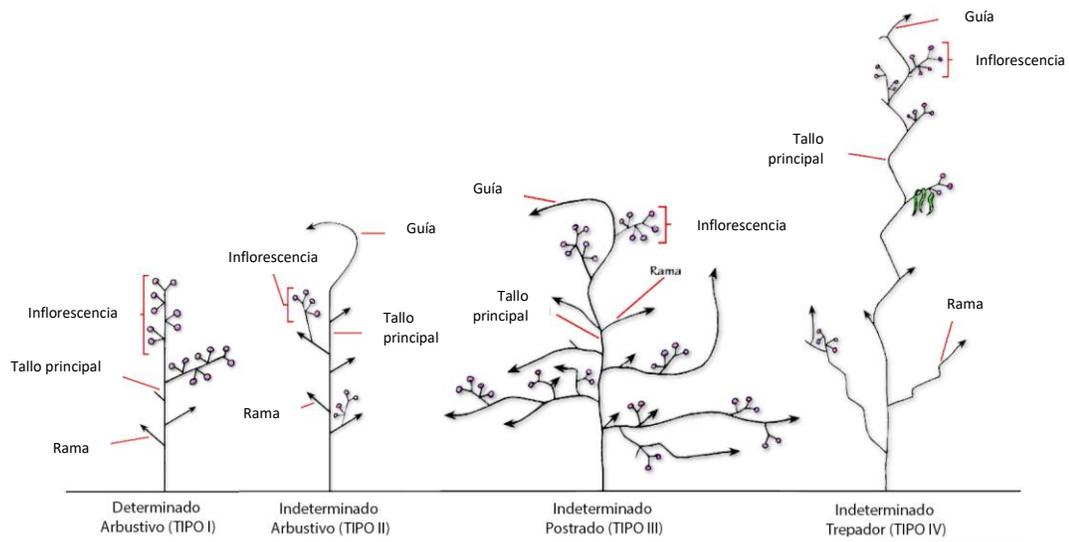


Figura 3. Plantas de frijol con diferentes tipos de crecimiento.

Fuente: Villanueva 2010

2.6. Aspectos agronómicos

2.6.1. Fertilización

El frijol, es un cultivo que tiene exigencias de nutrimentos sobre todo de fósforo y nitrógeno, aunque siempre se recomienda que el diagnóstico de los problemas nutricionales del frijol se realice mediante análisis de suelos, de tejido vegetal o bien por observación directa de los síntomas del cultivo (Gudiel, 2004).

2.6.2. Plagas y enfermedades

Uno de los principales cuidados que se debe tener con el cultivo del frijol, es el control fitosanitario, ya que son varias las plagas que pueden causarle daño económico, lo que significa que afecta la rentabilidad y utilidades de este cultivo, entre las más sobresalientes se tienen las enfermedades fungosas, insectiles, virus, bacterias y otras (Gudiel, 2004).

Cuadro 1. Principales plagas y/o enfermedades que afectan al cultivo de frijol.

Plagas / Enfermedades	Nombre de las plagas y enfermedades
Enfermedades causadas por hongos para el cultivo del frijol.	Antracnosis, (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) ANT, Roya (<i>Uromyces Phaseoli</i>).
Enfermedades causadas por virus.	El Virus Mosaico Dorado Del Frijol VMDF, Virus Mosaicos Común del frijol VMCF, Virus Mosaico Severo del Frijol VMSF.
Enfermedades causadas por bacterias	Bacteriosis Común (<i>Xanthomonas campetris</i> pv <i>phaseoli</i>)
Plagas insectiles	Gallina Ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.), Lorito Verde (<i>Empoasca kraemeri</i>) Malla o Tortuguilla (<i>Diabrotica</i> spp.) (<i>Cerotoma</i> sp.), Barrenador del Tallo (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>), Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>), Picudo de la Vaina (<i>Apion godmani</i>), Falso Medidor (<i>Trichoplusia ni</i>); Gusano Peludo (<i>Estigmene acrea</i>); Gorgojo del frijol (<i>Acanthoselides obtectus</i>)

Fuente: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) 2005.

2.6.3. Control de malezas.

El daño provocado por malezas en el cultivo de frijol es significativo, pues además de competir por los nutrientes y agua, ocasionan otros problemas, como hospederos de plagas y enfermedades, interfieren las labores de cosecha y afectar la producción y calidad del grano. Existen varios métodos para el control de malezas: la selección del método a aplicar en un caso específico depende de factores tales como agro-sistema en el que crece el cultivo (Gudiel, 2004).

2.7. Descripción de las etapas de desarrollo del cultivo de frijol

2.7.1. Etapas de la fase vegetativa

La fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada.

a. Etapa V0: Germinación

Al hacer la siembra, la semilla se coloca en un ambiente favorable para el comienzo del proceso de la germinación. La semilla absorbe agua inicialmente y ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrientes de los cotiledones (CIAT, 1987).

b. Etapa V1: Emergencia

Inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo, se considera que un cultivo de frijol inicia la etapa V1, cuando el 50% de la población esperada, presenta los cotiledones al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocótilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su tamaño máximo (CIAT, 1987).

c. Etapa V2: Hojas primarias

Comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas, para un cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta esta característica (CIAT, 1987).

d. Etapa V3: Primera hoja trifoliada

Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. Cuando el 50% de las plantas de un cultivo presenta la primera hoja trifoliada desplegada, se inicia en éste la etapa V3 (CIAT, 1987).

e. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada

Comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada. En un cultivo se considera que se inicia la etapa V4 cuando el 50% de las plantas presenta esta característica (CIAT, 1987).

2.7.2. Etapas de la fase reproductiva

En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración. En el hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de estructuras vegetativas continúa durante esta fase, o sea que la planta produce nuevos nudos, ramas y hojas, mientras que, en las plantas de hábito de crecimiento determinado, al empezar la fase reproductiva, cesa el desarrollo de nuevas estructuras vegetativas (CIAT, 1987).

f. Etapa R5: Prefloración

Inicia cuando aparece el primer botón o el primer racimo. En condiciones de cultivo, se considera que éste ha entrado en esta etapa, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica (CIAT, 1987).

g. Etapa R6: Floración

Comienza cuando la planta presenta la primera flor abierta y, en un cultivo, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que apareció (CIAT, 1897).

h. Etapa R7: Formación de las vainas

Inicia cuando una planta presenta la primera vaina, con la corola de la flor colgada o desprendida, y en condiciones de cultivo, cuando el 50% de las plantas presenta esta característica (CIAT, 1987).

i. Etapa R8: Llenado de las vainas

Inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Comienza entonces el crecimiento activo de las semillas. Vistas por las suturas o de lado, las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento. La vaina se alarga hasta los 10 o 12 días después de la floración (CIAT, 1987).

j. Etapa R9: Maduración

Se considera como la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración. Esta etapa se caracteriza por la decoloración y secado de las vainas. Un cultivo inicia esta etapa cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado, en el 50% de las plantas (CIAT, 1987).

2.8. Componentes del rendimiento.

Los procesos fisiológicos que intervienen en la captación, transformación y translocación de la energía disponible, determinan entre otras cosas el rendimiento de la planta. Es importante considerar a los componentes de rendimiento como indicadores de tendencias de los procesos que determinan el rendimiento, y no necesariamente como causas directas del mismo. Los componentes de rendimiento incluyen el número y peso del grano, número de estructuras florales (en el caso del frijol, número de vainas), etc. (Poey,1970).

2.9. Evaluación agronómica.

La evaluación agronómica es una actividad muy importante en la investigación agrícola cuyo objetivo es conocer el comportamiento de materiales genéticos en zonas que se consideran potenciales, los datos agronómicos que son necesarios conocer: Características morfológicas de tallos, hojas, forma de venación de las hojas, grosor de la hoja, inflorescencia, flor, fruto, semilla y la interacción con el medio (Prat y Nabhan, 1988).

2.10. Aspectos económicos.

El uso eficiente de fertilizantes es uno de los principales componentes de la mayor productividad del cultivo de frijol. Como esta práctica representa un alto porcentaje de los costos totales de producción, es importante conocer los factores que influyen en la repuesta del cultivo del frijol a

la aplicación de fertilizantes, para poder determinar las cantidades adecuadas que deben ser aplicadas, a fin de obtener el mayor beneficio económico para el agricultor. El rendimiento por hectárea de un cultivo aumenta a medida que aumenta el fertilizante, pero después de llegar a una cierta cantidad de fertilizante aplicado los rendimientos decrecen.

2.11. Característica de los materiales experimentales

2.11.1. ICTA Texel Voluble (Grano Brillante)

Variedad con un muy buen potencial para su cultivo en asocio debido a que tiene una agresividad intermedia, provoca un daño poco severo a la planta de maíz, requiere de 70 días hasta la floración y 157 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 953.67 Kg.ha⁻¹ en grano, un largo de vaina de 14.16 centímetros con 7 granos por vaina promedio y un peso de 100 granos de 39.03 gramos. Es un material adecuado al sistema de cultivo en asocio debido a su alto rendimiento y precocidad para la producción de grano. Vaina de color vino tinto, el grano es brillante (Méndez 2014).

2.11.2. ICTA Hunapú Voluble

La variedad tiene una agresividad intermedia, un material adecuado para el asocio con maíz, requiere de 90 días hasta la floración y 184 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 766.00 Kg.ha⁻¹ en grano, un largo de vaina de 13.83 centímetros con 8 granos por vaina promedio un peso de 100 granos de 37.77 gramos. Este genotipo produjo un acame promedio a las plantas de maíz de 2,499 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de maíz de 7,359 Kg.ha⁻¹ (Méndez 2014).

2.11.3. ICTA Altense Voluble

Esta variedad es agresiva, por lo que es un material con dificultades en el manejo, para su asocio con maíz, su periodo de floración está comprendida en un promedio de 80 días y para la maduración fisiológica de las vainas 170 días. Los componentes de rendimiento son de 569.33 Kg.ha⁻¹ en promedio de grano, un largo de vaina promedio de 14.7 centímetros con 8 granos por vaina y un peso de 100 granos de 38.27 gramos. La variedad/línea tiende a producir un acame promedio a las plantas de maíz de 2,499 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de maíz de 7,884 Kg.ha⁻¹ (Méndez 2014).

2.11.4. ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}

Es un material adecuado al sistema de producción en asocio al calificarse con una agresividad intermedia, ocasionando un daño no severo al maíz, requiere de 68 días hasta la floración y 155 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 676.33 Kg.ha⁻¹ en grano, un largo de vaina de 12.75 centímetros con 6 granos por vaina en promedio y un peso de 100 granos de 37.63 gramos. Es una variedad muy productiva en cuanto a cada grano, excelente para su cultivo en asocio con maíz y principalmente muy precoz en la producción de grano, característica muy importante para reducir los días de competencia entre plantas (Méndez 2014).

2.11.5. ICTA Quiché

Esta variedad es agresiva, requiere de 88 días hasta la floración y 184 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 855.33 Kg.ha⁻¹ en grano, un largo de vaina de 13.67 centímetros con 7 granos por vaina promedio y un peso de 100 granos de 36.27 gramos. Es una variedad muy productiva, causa severo daño a la planta de maíz, disminuyendo su rendimiento comparado a las otras variedades. El genotipo produjo un acame promedio a las plantas de maíz de 2,499 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de maíz de 7,796 Kg.ha⁻¹ (Méndez 2014).

2.11.6. ICTA Uatatlán

La variedad tiene una agresividad baja ideal, recomendada para el asocio con maíz, calificada con 1 “No agresivo”, requiere de 58 días hasta la floración y 149 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 538.67 Kg.ha⁻¹ de grano, un largo de vaina de 13.33 centímetros con 7 granos por vaina y un peso de 100 granos de 28.10 gramos. Es una variedad excelente para el asocio con maíz al causar un mínimo daño al maíz, de tal manera que el rendimiento de maíz es alto. El genotipo tuvo el registro más bajo de acame promedio a las plantas de maíz de 714 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de maíz de 9,651 Kg.ha⁻¹, es un material excelente para el asocio, debido a que produce un bajo daño a las plantas de maíz reflejando en el rendimiento en grano de maíz (Méndez 2014).

2.11.7. ICTA Texel Voluble (Grano opaco)

Variedad con muy buen potencial para su cultivo en asocio debido a que tiene una agresividad intermedia, provoca un daño poco severo a la planta de maíz, requiere de 70 días hasta la floración y 157 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 953.67 Kg.ha⁻¹ en grano, un largo de vaina de 14.16 centímetros con 7 granos por vaina promedio y un peso de 100 granos de 39.03 gramos. Es un material adecuado al sistema de cultivo en asocio debido a su alto rendimiento y precocidad para la producción de grano. Vaina de color vino tinto, el grano es opaco (Méndez 2014).

2.11.8. GUATE – 1026

Variedad recolectada en Chimaltenango. Ha sido seleccionada por resistencia a enfermedades y potencial de rendimiento en la estación experimental La Almendra. Es una variedad tardía, tipo de frijol de vara, que se adapta de 1,800 a 2,500 msnm, crecimiento arbustivo trepador Tipo IV, Altura de planta de +/- 1.70 m. vainas blancas, grano alargado moderadamente resistente a la Roya. Es medianamente agresividad provocando algún daño al maíz. Se recomienda su siembra en marzo o abril (Méndez 2014).

2.11.9. ICTA Martín

Requiere de 100 días hasta la floración y 203 días hasta la madurez fisiológica de las vainas. Los componentes de rendimiento promedio son 1,093.00 Kg.ha⁻¹ de grano, un largo de vaina de 13.83 centímetros con 8 granos por vaina en promedio y un peso de 100 granos de 40.80 gramos. La variedad es la más productiva en Kilogramos de grano, sin embargo, su agresividad reduce drásticamente la producción de maíz, al dañar severamente a las plantas. Este genotipo produjo un acame promedio a las plantas de maíz de 4,641 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de maíz de 8,590 Kg.ha⁻¹, es un material con dificultades para el asocio, debido a que produce daño severo a las plantas de maíz (Méndez 2014).

2.11.10. Valle Nuevo (testigo)

La variedad es agresiva, actualmente se han hecho selecciones para disminuir la agresividad de las plantas en el maíz. Requiere de 115 días hasta la floración y 190 días hasta la madurez fisiológica de las vainas (Méndez, 2014).

2.12. Cultivos de maíz y frijol en asocio

La eficiencia de fotosintética del frijol y del maíz en diferentes densidades de siembra, en cultivos asociados y en monocultivos, concluyeron que la eficiencia del maíz fue de 10.5% y la del frijol a penas alcanzo un tercio de este valor; por lo tanto, considerando el frijol como una planta ineficiente en aprovechamiento de energía solar. El maíz tiene una mayor aptitud competitiva relativa que incrementaba con el aumento de la presión poblacional; esto se debe probablemente al efecto de la sombra del maíz sobre el frijol. Sin embargo, sembrar maíz y frijol simultáneamente retardaba el desarrollo del cultivo de maíz. (Willey, R. W.)

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localidades

3.1.1. Área experimental en Barrio San Marcos, municipio de Concepción Chiquirichapa, departamento de Quetzaltenango.

3.1.1.1. Aspectos generales del lugar

Barrio San Marcos se encuentra localizado en las coordenadas $14^{\circ} 51' 19.89''$ N $91^{\circ} 37' 14.88''$ O, con una altitud de 2,553 metros sobre el nivel del mar. Actualmente cuenta con 560 habitantes. Según los puntos cardinales, Barrio San Marcos tiene los límites político administrativos siguientes:

- Al Norte: con el municipio de San Juan Ostuncalco;
- Al Sur: con los municipios de San Martín Sacatepéquez y El Palmar;
- Al Este: con los municipios de San Mateo y Quetzaltenango; y
- Al Oeste: con el municipio de San Martín Sacatepéquez, todos del departamento de Quetzaltenango.

3.1.1.2. Ubicación y descripción del sitio experimental

La comunidad se encuentra ubicada al Noreste de la cabecera municipal de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango, para llegar a la comunidad se puede realizar por vía terrestre, con carretera asfaltada que conduce del municipio de San Mateo al municipio de Concepción Chiquirichapa por la carretera interamericana CA-1, a la altura del kilómetro 10 de Quetzaltenango hacia San Juan Ostuncalco, exactamente donde se encuentra la aldea Duraznales se vira hacia mano izquierda por carretera asfaltada. El sitio donde se instaló la parcela experimental se encuentra situado a 8 minutos en vehículo, de la aldea Duraznales.

El área experimental para la evaluación de diez genotipos de frijol voluble estuvo establecida en las siguientes coordenadas: $14^{\circ} 51' 51.11''$ N $91^{\circ} 36' 51.85''$ O, a una altitud de 2,513 msnm.

3.1.1.3. Zona de vida

De acuerdo al sistema de zonas de vida de Holdridge los bosques se encuentran en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB) (De la Cruz, 1976).

3.1.2. Área experimental en Aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango.

3.1.2.1. Aspectos generales del lugar

La aldea Monrovia se encuentra localizada en las coordenadas 14° 54' 37.40'' N 91° 38' 00.58'' O, con una altitud de 2,519 metros sobre el nivel del mar. Actualmente cuenta con 450 habitantes, según los puntos cardinales, la aldea Monrovia tiene los límites político administrativos siguientes:

- Al Norte: con los municipios de Cajolá y San Miguel Sigüilá;
- Al Sur: con el municipio de Concepción Chiquirichapa;
- Al Este: con el municipio de San Mateo; y
- Al Oeste: con el municipio de Palestina de Los Altos, todos del departamento de Quetzaltenango.

3.1.2.2. Ubicación y descripción del sitio experimental

Se encuentra a una distancia de 18 km. de la cabecera departamental de Quetzaltenango y a 221 km. de la ciudad capital de Guatemala. El área experimental para la evaluación de 10 genotipos de frijol voluble estuvo establecida en las siguientes coordenadas: 14° 54' 44.49'' N 91° 37' 58.50'' O, a una altitud de 2,524 msnm.

3.2. Descripción del diseño experimental y modelo estadístico

En la presente investigación se evaluaron diez genotipos de frijol voluble en asocio con el cultivo de maíz (un solo genotipo de maíz para toda la investigación), estos genotipos fueron proporcionados por el programa de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA – CIALO). Los ensayos estuvieron establecidos a una distancia de 5.69 kms. entre ambos, con una diferencia de altura de 11 metros sobre el nivel del mar.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, en donde los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a un grupo de unidades experimentales comúnmente llamados “Bloques o repeticiones”. La finalidad de este diseño es mantener la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de las repeticiones o bloques, repitiéndose únicamente una vez cada tratamiento dentro del mismo bloque (repetición). Cabe mencionar que las condiciones del terreno fueron las ideales para la utilización de este tipo de diseño, debido a que eran condiciones heterogéneas. El modelo estadístico del diseño experimental de bloques completos al azar es:

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

donde:

- Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento
- μ = Media general
- T_i = Efecto del tratamiento i
- B_j = Efecto del bloque j
- E_{ij} = Error experimental

3.2.1. Listado de los tratamientos evaluados

En la investigación se evaluaron 10 tratamientos, en donde se estableció el mismo número de variedades mejoradas de frijol voluble, con asocio en el cultivo de maíz. La semilla para evaluar los 10 genotipos de frijol voluble, fue proporcionada por el programa de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA/CIALO). Las diez variedades que conformaron los tratamientos evaluados, estuvieron identificados como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la investigación de diez genotipos de frijol voluble.

No. de Variedades	Tratamientos	Variedades / Genotipos
V1	T1	ICTA Texel Voluble (Grano brillante)
V2	T2	ICTA Hunapú Voluble
V3	T3	ICTA Altense Voluble
V4	T4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}
V5	T5	ICTA Quiché
V6	T6	ICTA Utatlán
V7	T7	ICTA Texel Voluble (Grano opaco)
V8	T8	GUATE - 1026
V9	T9	ICTA Martín
V10	T10	Valle Nuevo (testigo)

Fuente: Elaboración propia del autor.

3.2.2. Croquis del ensayo en campo

El trabajo de investigación se realizó utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar, con diez tratamientos y tres repeticiones en cada localidad. Los ensayos fueron semejantes en cada área de trabajo, con la finalidad de facilitar el análisis y la discusión de resultados. Cada una de las repeticiones estuvieron formadas con las siguientes dimensiones: 41.00 metros de

largo por 7.20 metros de ancho, con un área de 295.20 mts². En medio de la repetición uno y repetición dos, quedó establecida una calle de 1.50 metros de ancho por 41 metros de largo, dando como resultado un área de 61.50 mts². Y, por último, en medio de la repetición dos y repetición tres, quedó establecida una espalda de 41.00 metros de largo por 1.00 metro de ancho. El área total del ensayo fue de 877.40 mts². En la figura No. 4 se detalla la distribución de cada uno de los tratamientos evaluados, así como también las medidas correspondientes al ensayo.

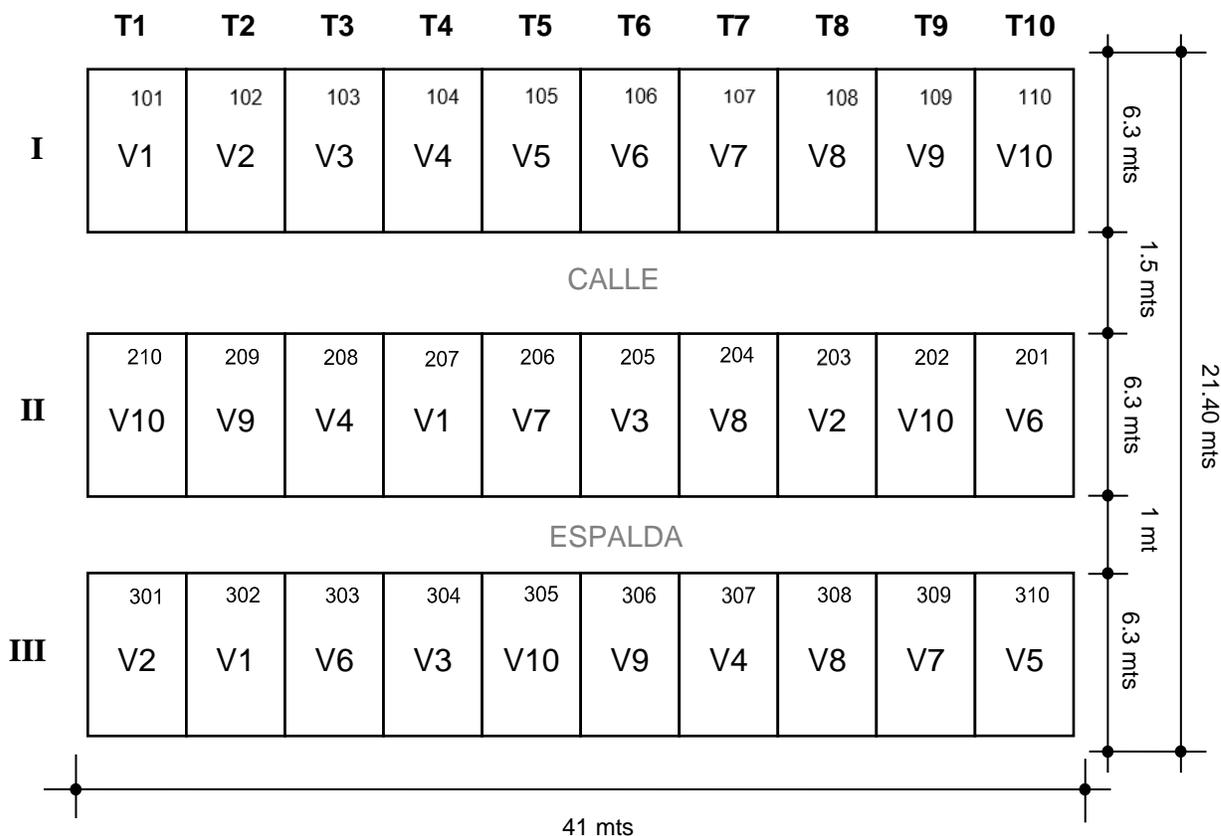


Figura 4. Croquis de la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en asocio con maíz.
Fuente: Elaboración propia del autor.

3.2.3. Unidad experimental

La unidad experimental fue establecida en una parcela de 4.00 metros de ancho por 6.30 metros de largo, dando como resultado un total de 25.20 metros cuadrados, el distanciamiento de siembra entre surco fue de 1.00 metro y entre planta de 0.90 metros, dando un total de 28 plantas por unidad experimental. La cantidad de semilla utilizada por postura fue de 2 granos para el cultivo de frijol y de 5 granos para el cultivo de maíz.

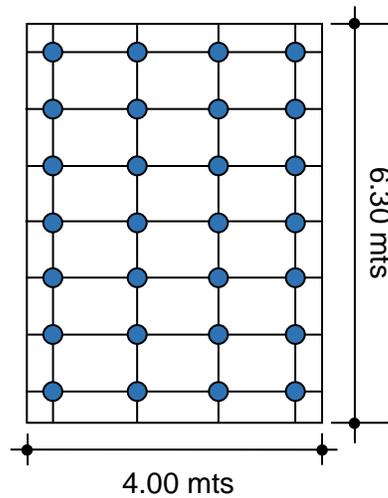


Figura 5. Unidad experimental en la evaluación de diez genotipos de frijol con asocio en maíz.
Fuente: Elaboración propia del autor.

3.2.4. Parcela neta

Para la realización del muestreo, los datos fueron obtenidos exclusivamente de las 10 plantas que se encuentran en el centro de la unidad experimental, dejando alrededor un borde (parcela bruta) de 18 plantas, esto se realizó con el objetivo de proteger a la parcela neta de cualquier factor climático que pudiese afectar las 10 plantas del centro. La parcela neta tuvo una dimensión de 2.00 metros de ancho por 4.50 metros de largo, abarcando un área de 9.00 metros cuadrados.

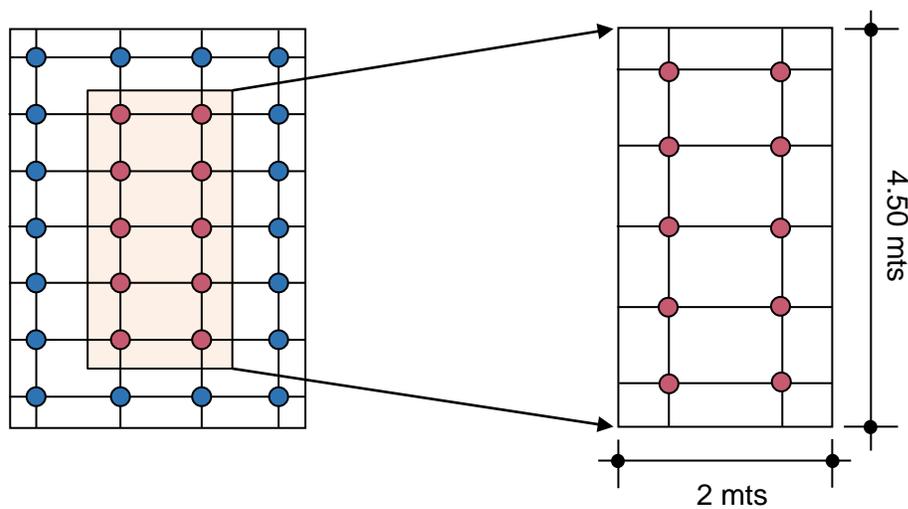


Figura 6. Área de muestreo para la toma de datos (parcela neta).
Fuente: Elaboración propia del autor.

3.3. Descripción de las variables de respuesta

La investigación estuvo orientada en nueve variables cuantitativas, de las cuales se describen a continuación.

3.3.1. Porcentaje de germinación.

Se expresó como el porcentaje de semillas mejoradas de frijol voluble, que dieron origen a la formación de plántulas normales. Esta variable se utilizó con el fin de determinar cuántas semillas germinaron después de la siembra. La información obtenida fue de las diez posturas de la parcela neta, al momento de ser pesadas por medio de una balanza de aguja.

3.3.2. Días a floración.

Es una etapa que inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta, misma que corresponde al primer botón que apareció. Para obtener este dato, se realizó un muestreo cuando las plantas de la parcela neta evidenciaron el 50% de flores, es decir, en la ántesis.

3.3.3. Días a madurez fisiológica.

Variable utilizada para determinar el llenado de granos. Comúnmente los granos inician su crecimiento poco antes que las vainas alcancen su máxima longitud; sin embargo, el crecimiento hasta ese momento fue muy escaso. Se determinó cuando el 95% de vainas de las plantas de la parcela neta estuvieron secas o cambiaron de coloración.

3.3.4. Porcentaje de daño de la plaga del picudo de la vaina (*Apion godmani*).

Previo a la cosecha se muestrearon 30 vainas al azar por cada parcela neta, tomando exactamente tres vainas por planta, se contabilizó el número de granos dañados y granos sanos. Se determinó el porcentaje de daño mediante la relación entre los granos dañados y el total de granos por muestra (granos dañados + granos sanos), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de daño} = \frac{\text{No. de granos dañados}}{(\text{granos dañados} + \text{granos sanos})} \times 100$$

Fuente: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987

3.3.5. Valor agronómico.

Se observó la productividad, calidad del producto y comportamiento de la planta, ante las condiciones climáticas, plagas y enfermedades, u otros caracteres que condicionaron la regularidad de los rendimientos; se efectuó en la etapa R8, basado en sanidad, arquitectura, precocidad y vigor reproductivo del genotipo, utilizando la escala de 1 a 9 del CIAT.

Cuadro 3. Escala general para evaluar el valor reproductivo.

Escala			Categoría	Descripción
1	2	3	Alto	Excelente formación de vainas, follaje y tallo
4	5	6	Medio	Vainas mal formadas, follaje intermedio
7	8	9	Bajo	Vainas encolochadas, plantas con excesivo follaje.

Fuente: CIAT, 1987.

3.3.6. Porcentaje de acame en maíz.

Se contabilizaron las plantas de maíz establecidas en la parcelan neta, que presentaban acame de tallo o de raíz, con el objetivo de observar la agresividad de los diez genotipos de frijol voluble hacia la plantación de maíz. Las plantas fueron contabilizadas cuatro meses después de la siembra, que era el momento en el que las plantas de frijol presentaban un alto desarrollo.

3.3.7. Días a cosecha.

Se contabilizaron los días desde la siembra hasta el día que las vainas estuvieron listas para la cosecha, es decir, cuando las vainas estuviesen completamente secas. Se utilizó esta variable para determinar la precocidad de los genotipos de frijol voluble.

3.3.8. Rendimiento de maíz y frijol.

Se obtuvieron los pesos registrados de la parcela neta de ambos cultivares, mediante el uso del instrumento de una balanza de aguja, con el objetivo de determinar al genotipo de frijol voluble que mejor rendimiento obtenga sin perjudicar al rendimiento de maíz.

3.3.9. Reacción a enfermedades.

Se observaron 10 plantas de la parcela neta por cada uno de los genotipos evaluados y se obtuvo un promedio específicamente en la etapa R8 (llenado de vainas), utilizando el sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol, mediante el criterio principal de severidad y la escala del CIAT 1, 2 y 3 en donde están clasificados como categoría resistente; 4, 5 y 6 intermedio; 7, 8 y 9 categoría susceptible, como se muestra en el cuadro 4 (CIAT, 1987).

Cuadro 4. Escala general para evaluar la reacción del germoplasma de frijol a patógenos bacterianos y fungosos.

Escala			Categoría	Descripción
1	2	3	Resistente	Síntomas no visibles o muy leves que no ocasionan daño alguno a la planta.
4	5	6	Intermedio	Síntomas visibles que solo ocasionan un daño económico limitado.
7	8	9	Susceptible	Síntomas severos a muy severos que causan pérdidas considerables en rendimiento, en algunos casos causan la pérdida total de la planta.

Fuente: CIAT, 1987.

3.4. Análisis de la información.

3.4.1. Análisis de varianza (ANDEVA)

Este método permitió comparar dos o más medias (promedios) con el objetivo de aprobar las hipótesis, para ello se tiene entendido que la hipótesis nula establece que todas las medias de la población son iguales, mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente. El ANDEVA para cada localidad se calculó por medio del software InfoStat Estudiantil vinculado a software R. Para lo cual, se tabularon los datos de las variables, ordenados en base a localidad, genotipo y repetición. Estos datos fueron tabulados en hojas electrónicas en el programa Microsoft Excel. Luego de la tabulación y ordenamiento de datos, en el programa Microsoft Excel, éstos fueron copiados al Infostat, por medio del cual se realizó el análisis estadístico de datos.

3.4.2. Prueba DGC (Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves)

Esta prueba fue utilizada para obtener una separación de medias con nivel de significancia del 5%. En los casos que exista diferencia significativa, el p-valor será menor a 0.05; existirá “alta

significancia” si el p-valor es menor a 0.01 y cuando no exista diferencia significativa, será mayor al 0.05. La prueba DGC, utilizó el análisis de conglomerados para separar las medias de tratamientos. Este criterio, representó estadísticamente, cuál o cuáles de los tratamientos, es más alto y bajo en cuanto a la relación de sus medias y así concluir que genotipo de frijol es el más conveniente a elegir.

3.4.3. Correlación y regresión en las variables de rendimiento de frijol y maíz.

Se determinó la magnitud de una variable, dependiendo de la magnitud de la otra. El objetivo fue verificar si al momento de incrementar el valor de una variable, así lo haría la otra “Correlación positiva”, o caso contrario que al incrementar una variable sea acompañada por la disminución de la otra “Correlación negativa/inversa”. Para representarlos gráficamente, se utilizaron diagramas de dispersión. Este análisis se realizó en Infostat por medio del criterio de Pearson.

Se utilizó la técnica de regresión lineal, para cuantificar la relación que puede ser observada cuando se grafica un diagrama de puntos dispersos correspondientes a las dos variables, cuya tendencia general es rectilínea; relación que se resume mediante una ecuación “del mejor ajuste” de la forma: $y = a + b X$, el símbolo “a” recibe el nombre de intercepto, cuando “a” es igual a cero, la recta pasa a través del origen, pues cuando $X=0$, Y es también igual a cero. El símbolo “b” se denomina pendiente, puesto que determina la inclinación de la recta (Willey, R. 1972).

3.5. Manejo agronómico

3.5.1. Preparación del suelo

Se realizó de forma manual, mediante el uso de azadones, con el objetivo principal de romper la parte compacta del suelo (arar) hasta dejar el suelo al mullido deseado, pero no hecho polvo para no destruir la estructura del mismo. Esta labor se realizó para proporcionar una mayor aireación, facilitar la germinación de la semilla y propiciar un mejor desarrollo de las raíces; la profundidad mínima utilizada fue de 25 centímetros.

3.5.2. Trazo de la investigación

Previo a la siembra se procedió a trazar el terreno para luego ser establecido el ensayo, esta actividad consistió en cuadrar el terreno, utilizando pita de plástico y cuatro estacas, el procedimiento se realizó formando cuatro ángulos de 90 grados en cada esquina para obtener una mayor exactitud en el trazo, se colocó una estaca en cada esquina del terreno y posteriormente se unieron las cuatro estacas por medio de la pita, para así poder formar un rectángulo como se muestra en la figura 7.

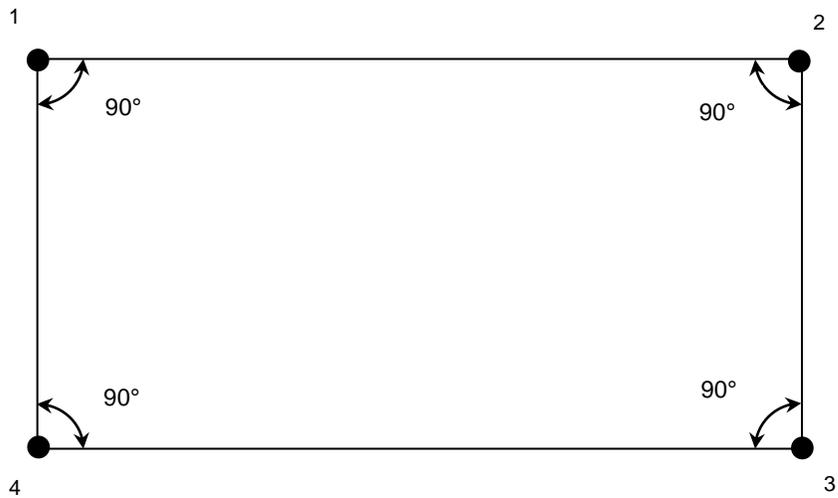


Figura 7. Colocación de cuatro estacas para la delimitación del área experimental.
Fuente: Elaboración propia del autor.

Mediante el uso de una cinta métrica, se delimitaron las 10 unidades experimentales (tratamientos) de las tres repeticiones, utilizando 9 estacas colocadas en cada extremo del ensayo de forma longitudinal, separadas a 4.00 mts entre cada una, como se observa en la figura 8.

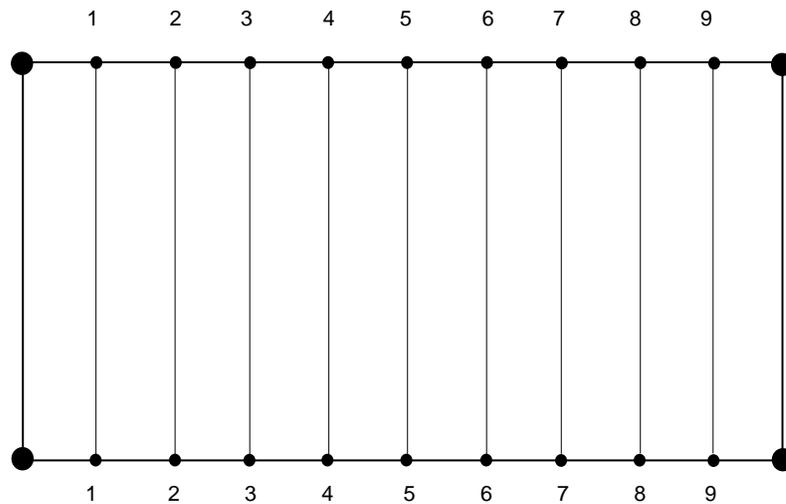


Figura 8. Trazado de forma longitudinal para el establecimiento de los diez tratamientos en cada uno de los tres bloques.
Fuente: Elaboración propia del autor.

Por último, se procedió a delimitar la calle, mediante el uso de estacas, colocando 2 estacas para ambos extremos, el mismo procedimiento se realizó para diferenciar la espalda, en este caso las estacas fueron colocadas de manera transversal, como se muestra en la figura 9.

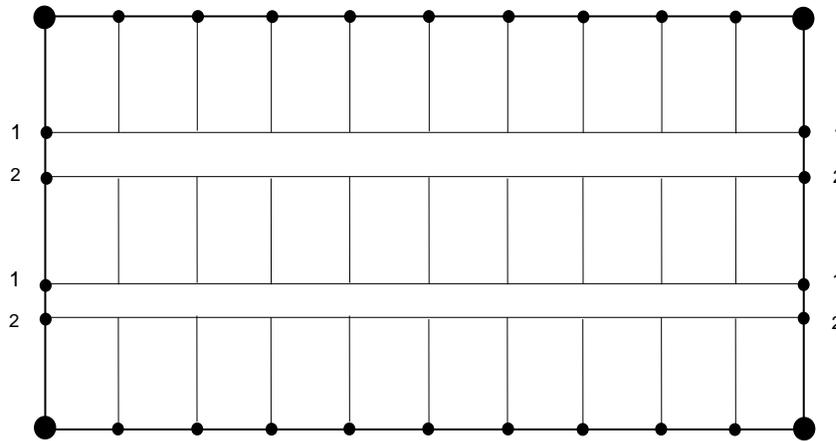


Figura 9. Trazado del ensayo de forma transversal para el establecimiento de calle y espalda.
Fuente: Elaboración propia del autor.

3.5.3. Siembra.

La siembra fue realizada de forma manual, mediante la utilización de un trazador para definir el espacio de las 28 plantas que quedarían establecidas en la unidad experimental (tratamiento). Se depositaron 5 semillas de maíz y 2 semillas de frijol por cada postura, a una profundidad de 8 centímetros, con un distanciamiento de 1.00 metro entre surco y 0.90 metros entre planta.

3.5.4. Descostrar.

Esta práctica se realizó con el propósito de ayudar a la planta a emerger debido a que el suelo tiende a apelmazarse por los distintos factores climáticos, dificultando a la planta para que pueda brotar y así poder desarrollarse de mejor manera, esto se realizó de manera cuidadosa para no lesionar los cotiledones del cultivo de frijol, los instrumentos utilizados fueron una azada y una cuchara de jardinería, la cual permitió quebrar los terrones que estuviesen ahogando a la planta.

3.5.5. Aporque.

Esta labor consistió en elevar la tierra al pie de las plantas de los cultivos maíz y frijol, con la finalidad de evitar acame a la plantación de maíz y así mismo proporcionar un mejor anclaje de las raíces adventicias, esta actividad fue realizada al momento de la fertilización.

3.5.6. Fertilización.

Se realizó a los 45 días después de la siembra juntamente con el aporque, aplicando fertilizante químico con la fórmula 15-15-15 NPK con dosis de 22 gramos por postura.

3.5.7. Control de malezas.

Se realizó a los 50 días después de la siembra y fue ejecutada de forma manual mediante el uso de azadones. Esta labor fue efectuada con el propósito de mantener libres a los cultivos de frijol y maíz de la competencia contra malezas o plantas dañinas, esto debido a que la maleza compite con las plantas por los factores de crecimiento que son: luz, agua y elementos minerales del suelo que necesitan las plantas para crecer.

3.5.8. Control de plagas y enfermedades.

Se realizó mediante la aplicación de un producto químico denominado Deltametrina 10 EC, fue utilizado por ser un insecticida que posee un amplio espectro de acción contra los insectos que atacan los cultivos agrícolas. Actúa por contacto e ingestión y su acción repelente ayuda a evitar las reinfestaciones. Tiene un alto poder residual, es estable a la luz y no se lava con el agua de lluvia ni de riego.

El insecticida fue aplicado con las medidas de seguridad correspondientes, mediante el uso de guantes, mascarilla, capa impermeable y anteojos transparentes, debido a que es moderadamente tóxico para el ser humano. Las dosis aplicadas fueron media copa Bayer por bomba (12.5 cc) efectuando 3 aplicaciones, la primera aplicación fue en época de floración del cultivo de frijol y las otras dos aplicaciones se realizaron a cada quince días después de la primera. Las dosis que fueron aplicadas a los ensayos no presentaron fitotoxicidad en ninguno de los cultivos. El insecto específico que se controló con este insecticida fue el picudo de la vaina del frijol (*Apion godmani*). El instrumento utilizado para la aplicación del producto químico fue una pulverizadora de mochila de forma manual, con una capacidad de 20 litros.

3.5.9. Cosecha.

Esta labor consistió en el arranque manual de las vainas que se encontraron en condiciones aptas para ser desprendidas de la planta desde el momento en que cambiaron su color natural a un color café amarillento, es decir hasta que llegó a la madurez fisiológica, donde el grano alcanzó su máximo tamaño. De ahí para adelante las vainas entraron en el proceso de secado, durante el cual se produjo una pérdida uniforme y natural de la humedad del grano hasta niveles en que se puede considerar seco. Después de alcanzada la madurez fisiológica, algunas vainas fueron arrancadas con anticipación debido a la precocidad de algunos genotipos de frijol, sin embargo, el momento oportuno para efectuar la cosecha se decidió teniendo presente los siguientes aspectos:

- Las plantas permanecieron el mayor tiempo posible en el campo antes de ser arrancadas de la planta, de tal modo que se produjera un secado natural del grano a través de una pérdida gradual y uniforme de humedad.
- La cosecha se efectuó antes que las vainas se secaran demasiado, para poder reducir las pérdidas por desgrane.

De la misma manera se realizó para la cosecha de maíz, desprendiendo las mazorcas de las plantas de cada unidad experimental hasta cuando éstas estuvieran en su punto de secado máximo en campo.

3.5.10. Poscosecha.

Para el cultivo de frijol, las vainas cosechadas fueron expuestas al sol para facilitar el desgrane, cabe mencionar que no se utilizó la técnica de aporreo para no dañar los granos, posteriormente se procedió a empacar cada uno de los tratamientos en bolsas de papel, con el propósito de no deshidratar la semilla. En el caso del maíz se realizó un secado uniforme de las mazorcas, siendo estas también expuestas al sol, separándolas por unidad experimental.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan a detalle los resultados obtenidos en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble con asocio en maíz en dos localidades del departamento de la región del altiplano occidental.

4.1. Resultados en la localidad Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa

4.1.1. Variable componentes del rendimiento

Los resultados para el ensayo establecido en esta localidad se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Datos de campo (medias) obtenidos en el ensayo de finca de diez genotipos promisorios de frijol voluble, en Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

Genotipo	Vainas por Planta	Granos Por Vaina	Peso de 100 granos(g)	Altura (m)
ICTA Texel Grano B.	76	8	41.40	2.57
ICTA Hunapú Voluble	78	9	39.10	2.47
ICTA Altense Voluble	71	7	43.00	2.40
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	88	8	38.73	2.17
ICTA Quiché	73	8	38.97	2.43
ICTA Uatlán	85	8	32.70	2.00
ICTA Texel Grano Opaco	78	8	42.23	2.43
GUATE – 1026	85	7	31.20	2.47
ICTA Martín	97	8	35.40	2.53
Valle Nuevo (Testigo)	81	7	39.40	2.73

Fuente: Información de campo 2016.

Para la variable Vainas por planta, en esta localidad el genotipo ICTA Martín, presentó un promedio de 97 vainas por planta, mientras los genotipos ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Uatlán, GUATE-1026 y Valle Nuevo; oscilaron entre 81 a 90 vainas por planta en promedio y por último, se encuentran cinco genotipos que obtuvieron un menor número de vainas por planta, los cuales oscilan entre 70 a 80 vainas, siendo estos los siguientes: ICTA Hunapú Voluble, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante, ICTA Quiché e ICTA Altense Voluble.

En el conteo de granos por vaina, se obtuvieron tres grupos distribuidos de la siguiente manera: en el primer grupo se encuentra el genotipo ICTA Hunapú Voluble, con un promedio de 9 vainas

por planta, el segundo grupo está conformado por seis genotipos, siendo éstos ICTA Texel grano brillante, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Quiché, ICTA Utatlán ICTA Texel grano opaco e ICTA Martín, cada uno con 8 granos por vaina en promedio y en el tercer grupo se encuentran los siguientes genotipos ICTA Altense Voluble, GUATE-1026 y el testigo Valle Nuevo, con 7 vainas por planta.

Para el peso de las cien semillas de frijol, se formaron dos grupos, el primero por tres genotipos que mostraron un peso mayor que el resto, dentro de este grupo se encuentran ICTA Altense Voluble, siendo este el genotipo con mayor peso en gramos, seguidamente ICTA Texel grano opaco e ICTA Texel grano brillante, con un peso mayor a los 40 gramos. El segundo grupo está conformado por los siguientes genotipos, siendo: Valle Nuevo (testigo), ICTA Hunapú Voluble, ICTA Quiché, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Martín, ICTA Utatlán y el genotipo GUATE – 1026 con menor peso en gramos.

Respecto a la altura de la planta, se identificaron dos genotipos que presentaron una altura apropiada e ideales para la aplicación del insecticida, para la cosecha y para cultivarlo con asocio en maíz, estos genotipos son: ICTA Utatlán con una altura de 2.00 metros e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} con una altura de 2.17 metros, ambos materiales recomendables para su producción en asocio, debido a que no le hacen daño al maíz que es el cultivo principal de los agricultores. Un segundo grupo de genotipos con alturas de 2.40 metros, estos son: ICTA Hunapú, ICTA Quiché, ICTA Texel grano opaco, ICTA Altense Voluble y GUATE-1026. En el tercer grupo lo forman los dos genotipos: ICTA Martín e ICTA Texel grano brillante con 2.50 metros de altura y por último el genotipo: Valle Nuevo (Testigo), superando los 2.70 metros de altura. En éstos últimos genotipos debido a que su altura fue mayor a los dos metros y cuarenta centímetros, se dificultó el proceso de cosecha y así mismo la aplicación del insecticida, es por ello que no es recomendable la producción de estos materiales.

4.1.2. Porcentaje de Germinación

La forma en que se evaluó la germinación de las semillas fue sembrándolas directamente en el suelo de las unidades experimentales, tomando los datos 15 días después de la siembra. Se ha considerado que una unidad experimental o parcela es buena para la semilla cuando se obtiene una germinación superior al 80%. Semillas que germinan en forma rápida y uniforme, que generan plantas sanas y que alcanzan niveles superiores al 90% de germinación total se consideraron como semillas de alta calidad. En el Cuadro 6, se detalla cada uno de los datos obtenidos en los diez tratamientos, distribuidos en tres bloques del ensayo evaluado.

Cuadro 6. Porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (Grano B.)	96.43	96.43	100.00	292.86	97.62
2	ICTA Hunapú Voluble	82.14	100.00	96.43	278.57	92.86
3	ICTA Altense Voluble	85.71	89.29	92.86	267.86	89.29
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	69.29	96.43	92.86	258.58	86.19
5	ICTA Quiché	89.29	92.86	96.43	278.58	92.86
6	ICTA Uatlán	89.29	100.00	100.00	289.29	96.43
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	100.00	89.29	100.00	289.29	96.43
8	GUATE - 1026	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
9	ICTA Martín	100.00	75.00	53.57	228.57	76.19
10	Valle Nuevo (Testigo)	100.00	100.00	53.57	253.57	84.52
	Total:	912.15	939.30	885.72	2737.17	912.39

Fuente: Información de campo 2016.

En el cuadro 6 se presentan los resultados del porcentaje de germinación para cada uno de los genotipos de frijol voluble evaluados, se determinó que el genotipo GUATE-1026 logró el 100% de germinación, catalogando la semilla como excelente para la siembra en el municipio de Concepción Chiquirichapa; seguidamente se clasificaron cinco genotipos con una germinación mayor al 90%, siendo estos los siguientes: ICTA Texel (Grano Brillante), ICTA Uatlán, ICTA Texel (Grano Opaco), ICTA Hunapú Voluble e ICTA Quiché, quedando establecidos como semilla de alta calidad. Tres genotipos estuvieron en un rango de 80 al 89%, de los cuales son: ICTA Altense Voluble, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} y Valle Nuevo (Testigo). Por último, el genotipo ICTA Martín con un porcentaje de 76.

Cuadro 7. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (CM)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	1398.83	155.43	0.88	0.5588 (NS)
Bloque	2	135.27	67.73	0.38	0.6869 (NS)
Error	18	3174.07	176.34		
Total	29	4708.17			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV= 14.57%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 7 se puede observar que no que existen diferencias significativas entre los tratamientos y bloques evaluados, como se puede observar en el análisis de varianza, el p-valor para la fuente de variación de tratamientos es de 0.5588 el cual es mayor al 0.05. Debido a que

no existe diferencia significativa se descartó una prueba múltiple de medias, llegando a la conclusión que los diez genotipos de frijol evaluados pertenecen a un mismo grupo. Teniendo un alto porcentaje de germinación de todos los genotipos evaluados en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

4.1.3. Días a floración

Cuadro 8. Días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	105.00	120.00	120.00	345.00	115.00
2	ICTA Hunapú Voluble	120.00	120.00	120.00	360.00	120.00
3	ICTA Altense Voluble	120.00	120.00	120.00	360.00	120.00
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	93.00	93.00	93.00	279.00	93.00
5	ICTA Quiché	120.00	120.00	120.00	360.00	120.00
6	ICTA Utatlán	93.00	93.00	93.00	279.00	93.00
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	105.00	105.00	105.00	315.00	105.00
8	GUATE - 1026	127.00	127.00	127.00	381.00	127.00
9	ICTA Martín	120.00	120.00	120.00	360.00	120.00
10	Valle Nuevo (Testigo)	127.00	127.00	127.00	381.00	127.00
	Total:	1130.00	1145.00	1145.00	3420.00	1140.00

Fuente: Información de campo 2016.

Para la variable días a floración los genotipos ICTA Utatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} fueron los más precoces con 93 días, los genotipos ICTA Texel Grano Brillante e ICTA Texel Grano Opaco variaron desde los 105 y 115 días, en tercer plano se encuentran cuatro genotipos con 120 días, siendo: ICTA Martín, ICTA Quiché, ICTA Altense Voluble e ICTA Hunapú Voluble y los materiales más tardíos son Valle Nuevo (Testigo) y GUATE - 1026 con 143 y 151 días respectivamente.

Cuadro 9. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SM)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	4338.00	482.00	64.27	0.0001**
Bloque	2	15.00	7.50	1.00	0.3874 NS
Error	18	135.00	7.50		
Total	29	4488.00			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia.

CV = 2.40%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Analizando los resultados del cuadro 9, se puede ver que el p-valor para la fuente de variación de los tratamientos, equivale a 0.0001, evidenciando que existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos, no así para los bloques, es por ello se realizó una prueba múltiple de medias mediante el criterio de DGC al 0.05%, con la finalidad de determinar cuáles fueron los tratamientos superiores estadísticamente.

Cuadro 10. Prueba de medias por DGC de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Valle Nuevo (Testigo)	127	3	1.58	A	
GUATE – 1026	127	3	1.58	A	
ICTA Martín	120	3	1.58		B
ICTA Quiché	120	3	1.58		B
ICTA Altense Voluble	120	3	1.58		B
ICTA Hunapú Voluble	120	3	1.58		B
ICTA Texel Voluble (GB)	115	3	1.58		B
ICTA Texel Voluble (GO)	105	3	1.58		C
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	93	3	1.58		D
ICTA Martín	93	3	1.58		D

Error: 7.5000 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Al analizar los resultados del cuadro 10 en la prueba de DGC, se formaron cuatro grupos, en el grupo “A” se encuentran los genotipos Valle Nuevo (Testigo) y GUATE – 1026, siendo superiores estadísticamente a los demás, clasificándolos como los genotipos más tardíos, cabe resaltar que entre los cultivares del grupo “B” se encuentran concentrados la mayoría de los genotipos evaluados, debido a que estadísticamente son iguales, la cual se ubican en un rango intermedio de días a floración.

En el grupo “C” únicamente se encuentra el tratamiento ICTA Texel Voluble grano opaco y por último se encuentran los genotipos ICTA Uatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} ubicados en el grupo “D”, ambos genotipos fueron los más precoces, estos materiales son recomendados para su producción debido a la menor cantidad de días que requiere para la floración. En la figura 10 se detallan los genotipos pertenecientes a cada uno de los grupos asignados, mediante una gráfica de barras.

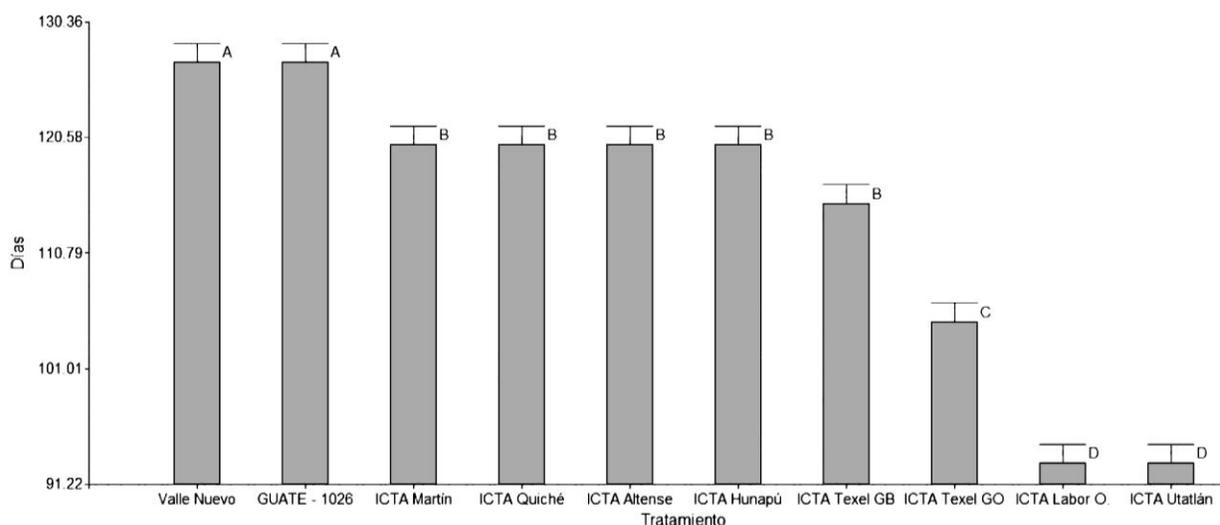


Figura 10. Prueba de medias por el método DGC de la variable días a floración, Concepción Chiquirichapa.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.1.4. Días a madurez fisiológica

Cuadro 11. Días a madurez fisiológica en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	152.00	152.00	154.00	458.00	152.67
2	ICTA Hunapú Voluble	167.00	169.00	167.00	503.00	167.67
3	ICTA Altense Voluble	175.00	167.00	167.00	509.00	169.67
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	140.00	147.00	140.00	427.00	142.33
5	ICTA Quiché	155.00	150.00	155.00	460.00	153.33
6	ICTA Uatlán	140.00	140.00	147.00	427.00	142.33
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	152.00	152.00	152.00	456.00	152.00
8	GUATE - 1026	170.00	174.00	174.00	518.00	172.67
9	ICTA Martín	167.00	167.00	170.00	504.00	168.00
10	Valle Nuevo (Testigo)	174.00	170.00	174.00	518.00	172.67
	Total:	1592.00	1588.00	1600.00	4780.00	1593.33

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable, los genotipos más precoces fueron ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán con 142 días, tres de los materiales evaluados tuvieron un comportamiento similar entre el rango de 152 a 153 días, otros tres genotipos oscilaron entre los 168 y 170 días, mientras que los genotipos GUATE-1026 y Valle Nuevo, fueron los más tardíos con 173 días.

Cuadro 12. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable de días a madurez fisiológica de los diez genotipos de frijol voluble con asocio en maíz, Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	3957.33	439.70	52.81	0.0001**
Bloque	2	7.47	3.73	0.45	0.6456 NS
Error	18	149.87	8.33		
Total	29	4114.67			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 1.81%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Analizando el cuadro 12 se comprueba que el p-valor para tratamientos equivale a 0.0001, presentando alta significancia entre los tratamientos, no así para los bloque o repeticiones, es por ello que fue necesario determinarlo mediante la prueba de medias DGC al 0.05%, con la finalidad de establecer los materiales superiores estadísticamente.

Cuadro 13. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de días a madurez fisiológica, Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
GUATE – 1026	172.67	3	1.67	A
Valle Nuevo (Testigo)	172.67	3	1.67	A
ICTA Altense Voluble	169.67	3	1.67	A
ICTA Martín	168.00	3	1.67	A
ICTA Hunapú Voluble	167.67	3	1.67	A
ICTA Quiché	153.33	3	1.67	B
ICTA Texel Voluble (GB)	152.67	3	1.67	B
ICTA Texel Voluble (GO)	152.00	3	1.67	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	142.33	3	1.67	C
ICTA Utatlán	142.33	3	1.67	C

Error: 8.3259 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Al analizar los resultados del cuadro 13, utilizando la prueba de medias por el criterio de DGC, se formaron tres grupos estadísticos, los genotipos GUATE-1026, Valle Nuevo (Testigo), ICTA Martín e ICTA Hunapú Voluble fueron los materiales que obtuvieron la mayor diferencia estadística en cuanto a días a madurez, estando en el grupo “A”, siendo los genotipos más tardíos; los tratamientos que presentaron menor cantidad de días para la madurez, fueron ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán, asignados al grupo “C”, ambos genotipos son recomendables en ámbitos fisiológicos, por la precocidad que demuestran sin afectar la producción del cultivo de maíz. En la figura 11 se muestra la gráfica de distribución de cada uno de los genotipos, asignados a su respectivo grupo.

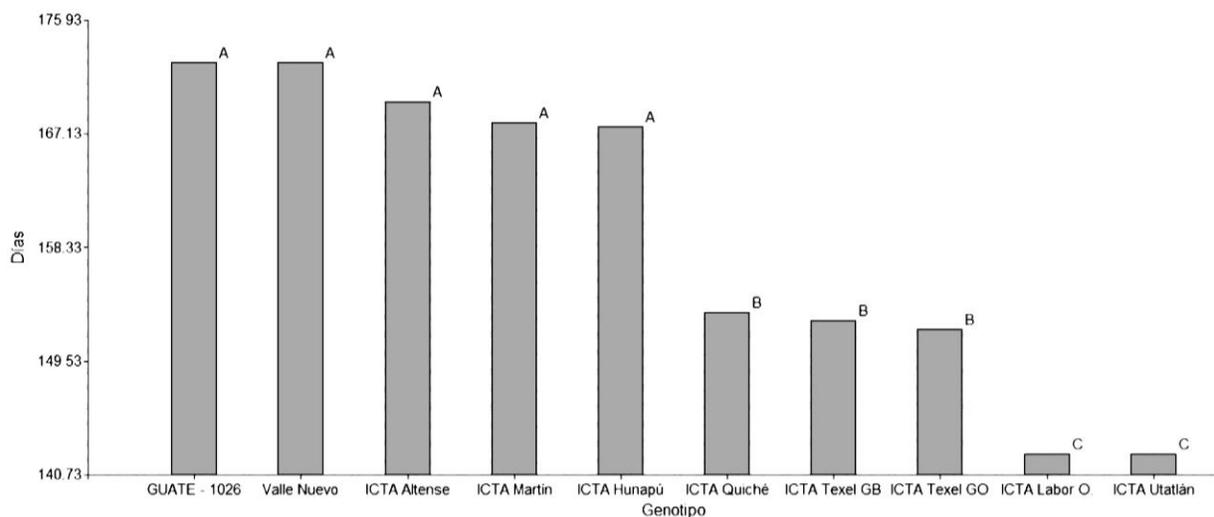


Figura 11. Comparación de medias de los días a madurez fisiológica de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.1.5. Reacción a enfermedades

Roya (*Uromyces phaseoli*)

Cuadro 14. Reacción a enfermedades “Roya” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	3	5	3	11	3.67
2	ICTA Hunapú Voluble	3	1	1	5	1.67
3	ICTA Altense Voluble	1	3	3	7	2.33
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3	1	1	5	1.67
5	ICTA Quiché	1	3	3	7	2.33
6	ICTA Utatlán	1	3	1	5	1.67
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	3	3	5	11	3.67
8	GUATE - 1026	1	3	3	7	2.33
9	ICTA Martín	3	1	3	7	2.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	5	5	5	15	5.00
	Total:	24	28	28	80	26.67

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable, siete genotipos de frijol fueron resistentes a la roya, estableciéndose en la escala del 1-3 del CIAT, mientras que tres de los genotipos tuvieron un daño intermedio en escala del 4-6. En el cuadro 15 se establece el análisis de varianza con la finalidad de determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 15. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “roya” en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	32.67	3.63	2.85	0.0280 *
Bloque	2	1.07	0.53	0.42	0.6642 (NS)
Error	18	22.93	1.27		
Total	29	56.67			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 42.33%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 15 se puede comprobar que la probabilidad para tratamientos equivale a 0.0280, presentando significancia entre los diez genotipos, es por ello que es necesario determinarlo mediante la prueba de medias bajo el criterio de DGC al 0.05, con el objetivo principal de establecer los materiales superiores estadísticamente. Al existir diferencia significativa entre tratamientos, no así entre repeticiones, se rechaza la hipótesis nula que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta.

Cuadro 16. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de reacción a enfermedades “roya”, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Valle Nuevo	5.00	3	0.65	A
ICTA Texel Grano Brillante	3.67	3	0.65	A
ICTA Texel Grano Opaco	3.67	3	0.65	A
ICTA Quiché	2.33	3	0.65	B
ICTA Martín	2.33	3	0.65	B
GUATE - 1026	2.33	3	0.65	B
ICTA Altense Voluble	2.33	3	0.65	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	1.67	3	0.65	B
ICTA Uatlán	1.67	3	0.65	B
ICTA Hunapú Voluble	1.67	3	0.65	B

Error: 1.2741 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 16 se observa que se han formado dos grupos, en donde los tratamientos que mejores resultados presentaron estadísticamente, en lo que se refiere a resistencia a la roya son: ICTA Hunapú Voluble, ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Altense Voluble, GUATE-1026 ICTA Martín e ICTA Quiché, donde se mantuvieron en una escala del CIAT del 1 al 3, estos genotipos pertenecen al grupo “B”. El otro comportamiento estuvo establecido por el grupo “A” con los genotipos Valle Nuevo (Testigo), ICTA Texel grano opaco e ICTA Texel grano brillante, presentando un daño intermedio en escala del 4-6 del CIAT, obteniendo un daño intermedio por la presencia de la enfermedad.

Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Cuadro 17. Reacción a enfermedades “Antracnosis” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	3	3	3	9	3.00
2	ICTA Hunapú Voluble	1	1	3	5	1.67
3	ICTA Altense Voluble	3	1	1	5	1.67
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3	3	1	7	2.33
5	ICTA Quiché	1	3	3	7	2.33
6	ICTA Utatlán	1	1	3	5	1.67
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	1	3	1	5	1.67
8	GUATE - 1026	5	5	5	15	5.00
9	ICTA Martín	3	1	3	7	2.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	5	3	3	11	3.67
	Total:	26	24	26	76	25.33

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable ocho genotipos de frijol fueron resistentes a la antracnosis, estableciéndose en la escala del 1-3 del CIAT, mientras que los genotipos GUATE-1026 y Valle Nuevo (Testigo) presentaron daños intermedios, sin embargo, no afectó en la producción del grano. En el cuadro 18 se presenta el análisis de varianza con el propósito de determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 18. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “antracnosis” en Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	32.13	3.57	3.05	0.0210 (*)
Bloque	2	0.27	0.13	0.11	0.8930 (NS)
Error	18	21.07	1.17		
Total	29	53.47			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 42.70%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 18 se puede observar, en el análisis de varianza, que el dato del p-valor (probabilidad) para tratamientos es de 0.0210, lo que indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, se realizó la prueba de medias determinando que sí existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos (genotipos estudiados), también se puede deducir con esta información que al menos uno de los diez genotipos en estudio es resistente en cuanto a enfermedades, se acepta la hipótesis alternativa.

Para determinar cuál de los diez genotipos de frijol presenta tolerancia a la antracnosis, fue necesario realizar una prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de “DGC” al 0.05 de significancia, con esta prueba se analizará cual o cuales de los tratamientos están provocando estas diferencias.

Cuadro 19. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”, municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
GUATE - 1026	5.00	3	0.62	A
Valle Nuevo (Testigo)	3.67	3	0.62	A
ICTA Texel Grano Brillante	3.00	3	0.62	B
ICTA Quiché	2.33	3	0.62	B
ICTA Martín	2.33	3	0.62	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	2.33	3	0.62	B
ICTA Uatlán	1.67	3	0.62	B
ICTA Texel Grano Opaco	1.67	3	0.62	B
ICTA Hunapú Voluble	1.67	3	0.62	B
ICTA Altense Voluble	1.67	3	0.62	B

Error: 1.1704 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

El cuadro 19 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan dos grupos estadísticos, en donde los tratamientos que mejores resultados ofrecieron estadísticamente, a la antracnosis, son: ICTA Altense Voluble, ICTA Hunapú Voluble, ICTA Texel grano opaco, ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Martín, ICTA Quiché e ICTA Texel grano brillante, la cual oscilaron en una a escala del 1 al 3 en CIAT, estos genotipos pertenecen al grupo “B”. El otro comportamiento estuvo establecido por el grupo “A” con los genotipos GUATE-1026 y Valle Nuevo (Testigo), presentando un daño intermedio por la presencia de la enfermedad.

4.1.6. Porcentaje de daño por plaga de picudo (*Apion godmani*)

Cuadro 20. Porcentaje de daño por plaga de picudo (*Apion godmani*) en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	10.64	7.89	7.26	25.79	8.60
2	ICTA Hunapú Voluble	6.27	6.22	5.22	17.71	5.90
3	ICTA Altense Voluble	7.14	10.55	6.47	24.16	8.05
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3.49	3.90	4.15	11.54	3.85
5	ICTA Quiché	6.69	2.43	2.85	11.97	3.99
6	ICTA Utatlán	4.93	4.35	3.08	12.36	4.12
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	5.70	6.49	5.19	17.38	5.79
8	GUATE - 1026	5.91	5.53	5.29	16.73	5.58
9	ICTA Martín	7.62	4.56	2.45	14.63	4.88
10	Valle Nuevo (Testigo)	8.45	5.10	4.95	18.50	6.17
	Total:	66.84	57.02	46.91	170.77	56.92

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable, los genotipos que mostraron las medias más bajas en el porcentaje de daño del picudo fueron tres genotipos: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Quiché e ICTA Utatlán, los materiales que presentaron los porcentajes más altos en medias fueron: ICTA Texel Voluble (Grano Brillante) e ICTA Altense Voluble, estos materiales fueron susceptibles debido a la agresividad que manifestaron, cabe resaltar que todos los genotipos fueron fumigados en tres ocasiones con Deltrametrina, las últimas dos aplicaciones del insecticida no fueron distribuidas uniformemente porque las plantas superaron los 2.40 metros de altura.

Cuadro 21. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de daño por la plaga del picudo (*Apion godmani*), municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	69.63	7.74	3.60	0.0099**
Bloque	2	20.00	10.00	4.66	0.0235*
Error	18	38.67	2.15		
Total	29	128.30			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 25.71

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el análisis de varianza se observa que existen diferencia altamente significativa entre tratamientos, no así para los bloques, para ver las diferencias se realizó la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05, para determinar cuáles de los genotipos presentan mayor vulnerabilidad ante el picudo.

Cuadro 22. Prueba de medias por DGC del daño de picudo (*Apion godmani*) en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Texel Voluble (GB)	8.67	3	0.85	A
ICTA Altense Volubles	8.00	3	0.85	A
Valle Nuevo (testigo)	6.00	3	0.85	B
ICTA Texel Voluble (GO)	5.67	3	0.85	B
ICTA Hunapú Voluble	5.67	3	0.85	B
GUATE - 1026	5.67	3	0.85	B
ICTA Martín	5.33	3	0.85	B
ICTA Quiché	4.33	3	0.85	B
ICTA Uatlán	4.00	3	0.85	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3.67	3	0.85	B

Error: 2.1481 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En la prueba de medias por el criterio DGC se determinó que se forman dos grupos estadísticos, en el primer grupo están los genotipos ICTA Texel Voluble (Grano Brillante) e ICTA Altense voluble siendo los más susceptibles al picudo, presentando un mismo comportamiento asignándose al grupo “A”. En el grupo “B” se encuentra el resto de genotipos que mostraron menor porcentaje de daño por la plaga del picudo de la vaina.

En la figura 12 se ilustra el comportamiento en cuanto al daño ocasionado por la plaga del picudo en los diez genotipos de frijol, y así mismo la asignación de grupo a cada genotipo, evidenciando de una forma detallada los materiales que fueron susceptibles a la plaga y los que tuvieron resistencia.

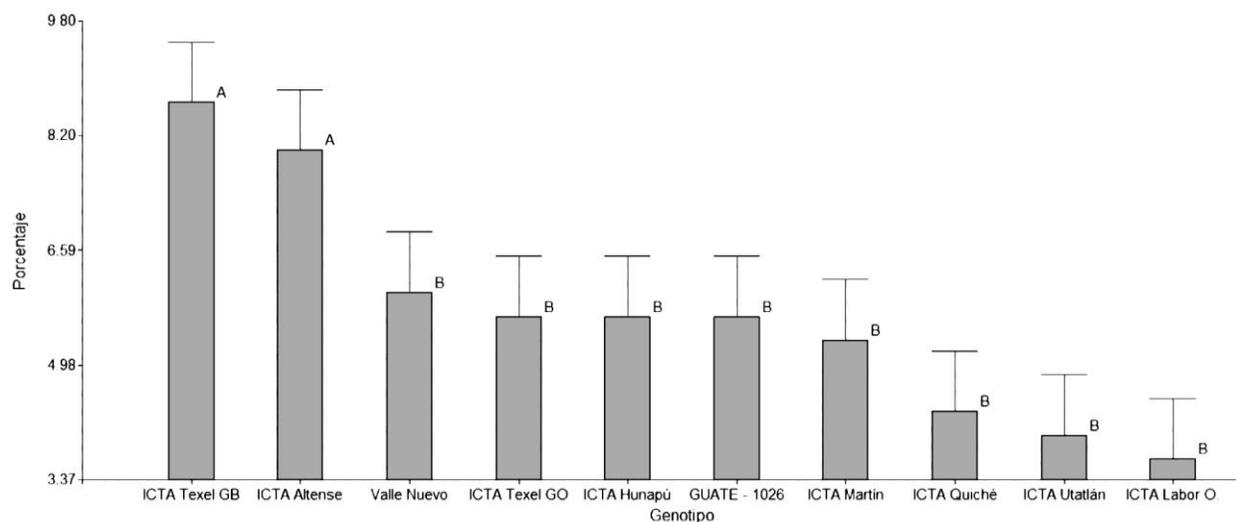


Figura 12. Prueba de medias de la variable daño por plaga de picudo (*Apion godmani*), municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.1.7. Valor agronómico

Cuadro 23. Valor agronómico en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	3	3	4	10	3.33
2	ICTA Hunapú Voluble	3	4	5	12	4.00
3	ICTA Altense Voluble	2	2	3	7	2.33
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	1	2	2	5	1.67
5	ICTA Quiché	2	3	3	8	2.67
6	ICTA Utatlán	2	3	2	7	2.33
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	4	1	2	7	2.33
8	GUATE - 1026	4	5	2	11	3.67
9	ICTA Martín	3	3	2	8	2.67
10	Valle Nuevo (Testigo)	4	4	2	10	3.33
Total:		28	30	27	85	28.33

Fuente: Información de campo 2016.

En el cuadro 23 se observan los resultados del valor agronómico basado en la escala del CIAT de 1 a 9, de los diez genotipos de frijol voluble evaluados, ocho mostraron un excelente vigor reproductivo, sanidad y arquitectura de la vaina, los genotipos siendo los siguientes: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Texel grano opaco, ICTA Uatlán, ICTA Altense Voluble, ICTA Martín, ICTA Quiché, Valle Nuevo (testigo) e ICTA Texel grano brillante. Únicamente tres de estos genotipos, estuvieron clasificados como precoces, obteniendo buenos resultados en cuanto a rendimiento de maíz, los genotipos son: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Uatlán e ICTA Quiché. Dos de los genotipos de frijol, estuvieron establecidos en la escala del CIAT del 4-6, catalogados en un rango intermedio en cuanto a vigor reproductivo, sanidad y arquitectura de la vaina, sin embargo, no afectó el rendimiento de frijol.

4.1.8. Porcentaje de acame en maíz

Cuadro 24. Porcentaje de acame en maíz, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	7.14	10.71	7.14	24.99	8.33
2	ICTA Hunapú Voluble	17.86	17.86	7.14	42.86	14.29
3	ICTA Altense Voluble	3.57	7.14	10.71	21.42	7.14
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	0.00	0.00	3.57	3.57	1.19
5	ICTA Quiché	7.14	7.14	14.29	28.57	9.52
6	ICTA Uatlán	0.00	14.29	3.57	17.86	5.95
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	10.71	10.71	17.86	39.28	13.09
8	GUATE - 1026	14.29	10.71	7.14	32.14	10.71
9	ICTA Martín	14.29	21.43	25.00	60.72	20.24
10	Valle Nuevo (Testigo)	14.29	10.71	14.29	39.29	13.10
	Total:	89.29	110.70	110.71	310.70	103.57

Fuente: Información de campo 2016.

El mayor porcentaje de acame de maíz fue producido por el genotipo ICTA Martín con un 20.24% de plantas acamadas, habiendo afectó el rendimiento del cultivo de maíz, a pesar que esta variedad tiene buen rendimiento, no es recomendable sembrarla en asocio en maíz, debido a la agresividad que manifiesta; lo que sí es recomendable es sembrarlo en otro sistema por ejemplo espaldera. Así mismo se presentan dos genotipos con un menor porcentaje de acame en maíz, siendo estas ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Uatlán con 1.19 y 5.95% respectivamente, recomendadas para cultivarlas en asocio.

Cuadro 25. Análisis de Varianza (ANDEVA) de porcentaje de acame en cultivo de maíz, municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	740.45	82.27	4.10	0.0052**
Bloque	2	30.57	15.29	0.76	0.4810 (NS)
Error	18	360.89	20.05		
Total	29	1131.91			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 43.23%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Al analizar los resultados con el ANDEVA, se observa que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, no así entre los bloques o repeticiones. En donde se acepta la segunda hipótesis alternativa para esta localidad.

Cuadro 26. Prueba de medias por el criterio de DGC del porcentaje de acame en maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Martín	20.24	3	2.59	A
ICTA Hunapú Voluble	14.29	3	2.59	B
Valle Nuevo (testigo)	13.10	3	2.59	B
ICTA Texel Voluble (GO)	13.09	3	2.59	B
GUATE - 1026	10.71	3	2.59	B
ICTA Quiché	9.52	3	2.59	B
ICTA Texel Voluble (GB)	8.33	3	2.59	B
ICTA Altense Voluble	7.14	3	2.59	B
ICTA Umatlán	5.95	3	2.59	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	1.19	3	2.59	C

Error: 20.0494 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 26 se muestra la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05. El porcentaje de acame para la localidad de Concepción, nos indica que se formaron tres grupos estadísticos, el primer grupo lo forma el genotipo ICTA Martín con una media de 20.24%, el segundo grupo lo forman la mayoría de cultivares presentaron este problema dañando a las plantas de maíz, ubicándolos en el grupo B. Por último, se encuentra el tercer grupo C con la variedad ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ocasionando 1.19% de acame, convirtiéndose en una variedad recomendable para el asocio con el cultivo de maíz. es decir, sin que la planta de maíz sufra algún tipo de acame de raíz o de tallo.

En la figura 13 se visualiza por medio de una gráfica de barras el porcentaje de acame en maíz que provocaron los diez genotipos de frijol, estableciendo el grupo perteneciente a cada genotipo, mostrando de una forma visual las variedades que provocaron mayor acame al cultivo de maíz, situándose en el grupo A, y también aquellas que son aceptables para su asocio, asignado en el grupo C.

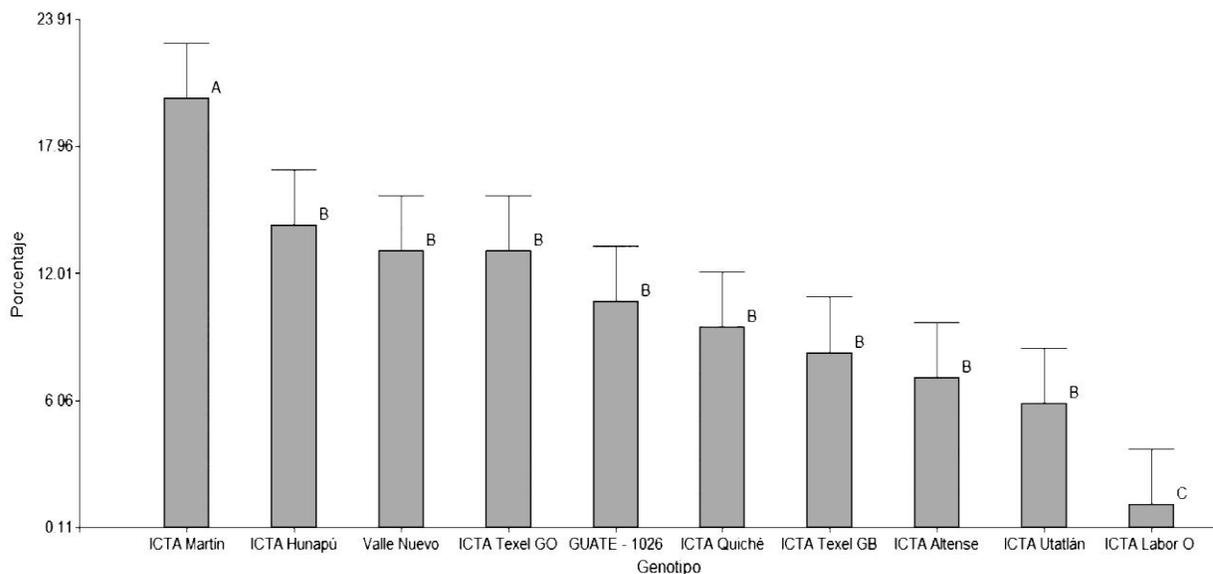


Figura 13. Prueba de medias por DGC del porcentaje de acame de maíz, municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.1.9. Días a cosecha

Cuadro 27. Días a cosecha en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
2	ICTA Hunapú Voluble	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
3	ICTA Altense Voluble	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	166.00	166.00	166.00	498.00	166.00
5	ICTA Quiché	183.00	185.00	183.00	551.00	183.67
6	ICTA Utatlán	166.00	166.00	166.00	498.00	166.00
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
8	GUATE - 1026	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
9	ICTA Martín	185.00	203.00	185.00	573.00	191.00
10	Valle Nuevo (Testigo)	203.00	203.00	203.00	609.00	203.00
	Total:	1918.00	1918.00	1918.00	5774.00	1924.67

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Los genotipos más precoces son: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán, teniendo un promedio de 166 días a la cosecha. Con precocidad intermedia fue catalogado un material ICTA Quiché, con un promedio de 183 días. Mientras que la mayoría de los otros genotipos fueron tardíos, con un promedio de 203 días, desde el momento de su floración hasta su cosecha. En el cuadro 28 se muestra el análisis de varianza con el fin de identificar la precocidad de los genotipos y así mismo la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 28. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a cosecha de diez genotipos de frijol, municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	6438.80	715.42	67.07	0.0001**
Bloque	2	26.67	13.33	1.25	0.3102 (NS)
Error	18	192.00	10.67		
Total	29	6657.47			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 1.70%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 28 se puede observar el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos, es de 0.0001, lo que nos indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, llegando a la conclusión que sí existen diferencias altamente significativas, se puede deducir con esta información que uno de los diez genotipos evaluados es mejor en cuanto a su precocidad expresado en días a cosecha.

Para determinar cuál de las variedades de frijol es la mejor en cuanto a la menor cantidad de días a cosecha, se realizó una prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia.

Cuadro 29. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable días a cosecha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Valle Nuevo	203.00	3	1.89	A	
ICTA Texel Voluble (GO)	203.00	3	1.89	A	
ICTA Texel Voluble (GB)	203.00	3	1.89	A	
GUATE - 1026	203.00	3	1.89	A	
ICTA Altense Voluble	203.00	3	1.89	A	
ICTA Hunapú Voluble	203.00	3	1.89	A	
ICTA Martín	191.00	3	1.89	B	
ICTA Quiché	183.67	3	1.89	C	
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	166.00	3	1.89		D
ICTA Uatlán	166.00	3	1.89		D

Error: 10.6667 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 29 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se formaron cuatro grupos estadísticos, en donde los genotipos que mejores resultados ofrecieron estadísticamente, referente a días a cosecha en menor tiempo, son ICTA Uatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} situándose en el grupo “D” con 166 días de producción. En el grupo “C” se encuentra un solo genotipo que presentó una precocidad intermedia, cosechándose a los 183 días, este genotipo esta denominado como ICTA Quiché, los tres genotipos anteriores son recomendados para cultivarlos con asocio en maíz. Los materiales de los grupos A y B fueron genotipos más tardíos, por lo que afectan directamente a la producción del cultivo de maíz.

4.1.10. Rendimiento de frijol en kg.ha

El cultivo de frijol evidenció diferentes rendimientos expresados en kg.ha para cada uno de los genotipos evaluados, en esta localidad de Concepción Chiquirichapa los materiales tuvieron un comportamiento similar, excepto en la variedades ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Utatlán e ICTA Quiché.

Cuadro 30. Rendimiento de diez genotipos de frijol voluble expresados en kg.ha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	860.76	835.52	679.61	2375.89	791.96
2	ICTA Hunapú Voluble	774.06	851.90	730.38	2356.34	785.45
3	ICTA Altense Voluble	698.32	685.32	737.12	2120.76	706.92
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	778.95	760.66	728.41	2268.02	756.01
5	ICTA Quiché	751.29	774.06	726.87	2252.22	750.74
6	ICTA Utatlán	694.90	730.88	706.56	2132.34	710.78
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	834.44	860.21	703.25	2397.90	799.30
8	GUATE - 1026	679.11	670.47	751.29	2100.87	700.29
9	ICTA Martín	809.27	814.93	848.40	2472.60	824.20
10	Valle Nuevo (Testigo)	669.98	732.15	823.40	2225.53	741.84
	Total:	7551.08	7716.10	7435.29	22702.47	7567.49

Fuente: Información de campo 2016.

Para determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, referente al Rendimiento en grano de frijol en Kg.ha, se realizó un análisis de varianza, el cual se muestra en el cuadro 31.

Cuadro 31. Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de los diez genotipos de frijol en kg.ha, municipio de Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	49433.33	5492.59	1.70	0.1623(NS)
Bloque	2	4917.87	2008.93	0.62	0.5487(NS)
Error	18	58267.47	3237.08		
Total	29	111718.67			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 7.52%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 31 se puede observar el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para la fuente de variación de tratamiento es de 0.1623, lo que nos indica que este valor es mayor al 0.05 de significancia, con el cual se realizó la prueba, determinando con esto que no existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos estudiados, con esta información se llega a la conclusión que de las diez variedades en estudio todas tienen un buen rendimiento, expresado en kg/ha, con estos resultados se rechaza la primera hipótesis alternativa para esta localidad, en donde indica que al menos uno de los genotipos presentaría diferencias significativas.

Debido a que los diez genotipos de frijol se comportaron de manera similar, no fue necesario realizar un prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, al no presentar significancia, los genotipos pertenecen a un mismo grupo denominado.

4.1.11. Rendimiento del cultivo de maíz en kg.ha.

Cuadro 32. Rendimiento del cultivo de maíz expresado en kg.ha en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	5400.20	4714.96	4714.96	14830.12	4943.37
2	ICTA Hunapú Voluble	5238.84	5238.84	5177.38	15655.06	5218.35
3	ICTA Altense Voluble	5937.36	6286.61	5064.22	17288.19	5762.73
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	6286.61	5937.36	6286.61	18510.58	6170.19
5	ICTA Quiché	6111.99	6286.61	6461.24	18859.84	6286.61
6	ICTA Uatlán	5937.36	5766.57	6810.50	18514.43	6171.48
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	5588.10	5937.36	5762.73	17288.19	5762.73
8	GUATE - 1026	5762.73	5937.36	5064.22	16764.31	5588.10
9	ICTA Martín	5064.22	4540.33	4714.96	14319.51	4773.17
10	Valle Nuevo (Testigo)	5588.10	5413.47	5588.10	16589.67	5529.89
	Total:	56915.51	56059.47	55644.92	168619.90	56206.63

Fuente: Información de campo 2016.

La variedad de maíz establecida en esta localidad fue “compuesto blanco”, la cual se sembró juntamente con los diez genotipos de frijol con el propósito de servirle como tutor y soporte a la plantación de frijol. Por lo tanto, se evaluó el rendimiento de maíz de una misma variedad en asocio con diferentes genotipos de frijol voluble.

Para determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos de frijol voluble en asocio con maíz variedad compuesto blanco, referente al rendimiento en grano del cultivo de maíz en kg.ha, se realizó un análisis de varianza que se muestra en el cuadro 33.

Cuadro 33. Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de maíz en kg.ha variedad compuesto blanco, en asocio con diez genotipos de frijol, Concepción Chiquirichapa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	7312061.43	812451.27	5.98	0.0006 **
Bloque	2	83968.50	41984.25	0.31	0.7379 (NS)
Error	18	2444426.51	135801.47		
Total	29	9840456.44			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 6.56%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 33 se observa el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos que en este caso son los genotipos de frijol en asocio con maíz, es de 0.0006, lo que nos indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, con el cual se realizó la prueba, llegando a la conclusión que sí existen diferencias altamente significativas entre tratamientos no así para los bloques, se puede determinar con esta información que uno de los diez genotipos de frijol evaluados en asocio, perjudicó el rendimiento del cultivo de maíz, evidenciando acame de raíz y de tallo. Para determinar cuál de los genotipos de frijol es el que menos perjudicó el rendimiento del cultivo de maíz, se realizó una comparación múltiple de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia.

Cuadro 34. Prueba de medias por el criterio DGC, del rendimiento de maíz en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Quiché	6286.61	3	212.76	A
ICTA Uatlán	6171.48	3	212.76	A
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	6170.19	3	212.76	A
ICTA Texel Voluble (GO)	5762.73	3	212.76	A
ICTA Altense Voluble	5762.73	3	212.76	A
GUATE - 1026	5588.10	3	212.76	A
Valle Nuevo (testigo)	5529.89	3	212.76	A
ICTA Hunapú Voluble	5218.35	3	212.76	B
ICTA Texel Voluble (GB)	4943.37	3	212.76	B
ICTA Martín	4773.17	3	212.76	B

Error: 10.6667 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 34 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan dos grupos estadísticos, en donde los genotipos siguientes: ICTA Quiché, ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Texel Voluble (Grano opaco), ICTA Altense Voluble, GUATE-1026 y Valle Nuevo (testigo), pertenecientes al grupo “A”, siendo estos los que menor daño le causan a la producción de maíz.

Los tres genotipos de frijol que causan una disminución en los rendimientos de maíz son los siguientes genotipos: ICTA Hunapú Voluble, ICTA Texel Voluble (Grano brillante) e ICTA Martín, pertenecientes al grupo “B”.

4.1.12. Análisis de Correlación de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa

Cuadro 35. Análisis de correlación de Pearson en la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Rend. de Frijol kg.ha	Rend. de Frijol kg.ha	30	1.00	<0.0001
Rend. de Frijol kg.ha	Rend. De Maíz kg.ha	30	-0.38	0.0401
Rend. De Maíz kg.ha	Rend. de Frijol kg.ha	30	-0.38	0.0401
Rend. De Maíz kg.ha	Rend. de Maíz kg.ha	30	1.00	<0.0001

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

A través de este análisis se determinó una alta correlación entre las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, $r = -0.38$ lo que nos indica que, a mayor rendimiento de frijol, menor rendimiento de maíz, siendo denominada como correlación inversa o negativa. En la figura 14 se muestra la distribución de los valores en la comparación de las variables rendimiento de maíz y rendimiento de frijol, el cual presentó un patrón lineal “negativo medio” que será utilizado para realizar el análisis de regresión.

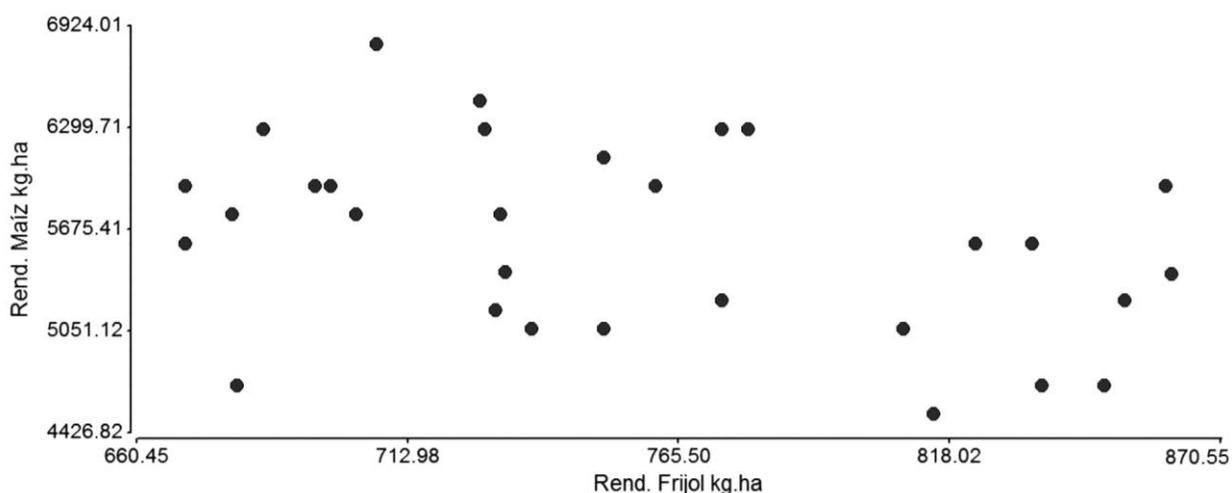


Figura 14. Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, Concepción Chiquirichapa.

Fuente: Elaboración propia del autor mediante el software InfoStat 2016.

4.1.13. Análisis de regresión de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa

Cuadro 36. Análisis de regresión lineal luego de la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de Concepción Chiquirichapa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AJC	BIC
Rend. Maíz kg.ha	30	0.14	0.11	344570.71	467.56	471.77

Cuadro 37. Estadísticos asociados para determinar la línea de regresión lineal después de analizar las variables de rendimiento de frijol y maíz, Concepción Chiquirichapa.

Coficiente	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	8297.36	1247.11	5742.78	1081.95	6.65	<0.0001		
Rend. Frijol kg.ha	-3.54	1.64	-6.90	-0.17	-2.15	0.0401	5.51	1.00

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Con este análisis entre las variables rendimiento de maíz y rendimiento de frijol, se produjo como resultado una línea de regresión lineal negativa, lo que significa que, al aumentar el rendimiento de frijol, se produjo un menor rendimiento del maíz. Esta línea de regresión fue útil para predecir el posible rendimiento del cultivo de maíz con respecto al daño ocasionado por la agresividad del cultivo de frijol. Por lo que se puede afirmar que existe una regresión y correlación directa entre el rendimiento de frijol y maíz, lo cual permite dar certeza de los resultados.

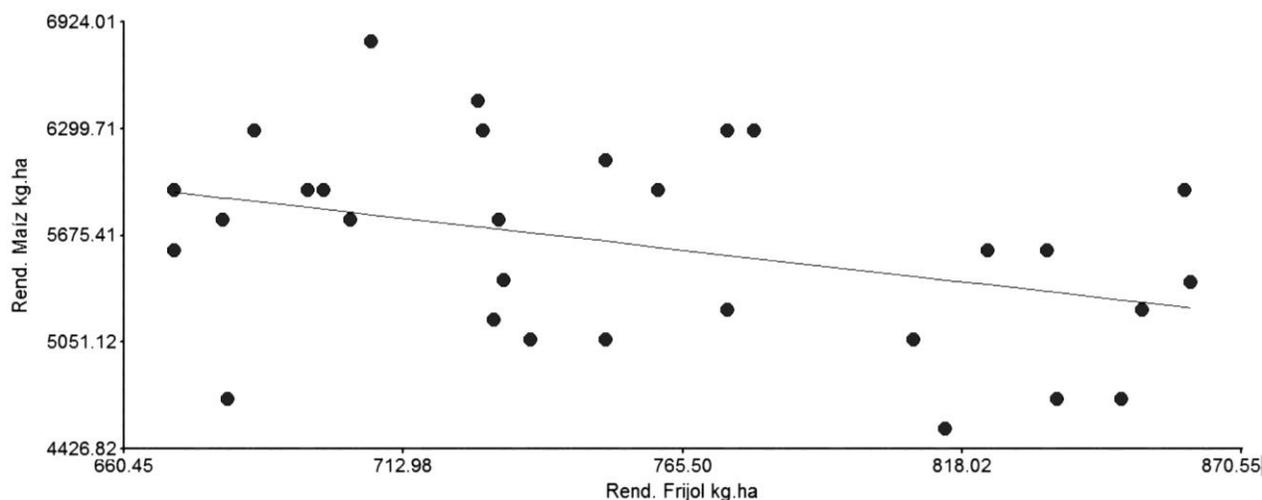


Figura 15. Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.
Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.2. Resultados en la localidad Aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco

4.2.1. Variable componentes del rendimiento

En el cuadro 38 se detallan los resultados obtenidos del ensayo establecido en esta localidad, referente al número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de cien granos expresado en gramos, altura de la planta expresado en metros y el porcentaje de agresividad de los diez genotipos de frijol voluble.

Cuadro 38. Datos de campo (medias) obtenidos en el ensayo de finca de diez genotipos promisorios de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Genotipo	Vainas por Planta	Granos Por Vaina	Peso de 100 granos (g)	Altura (m)
ICTA Texel Grano B.	69	8	37.47	2.10
ICTA Hunapú Voluble	67	9	34.43	2.20
ICTA Altense Voluble	69	8	33.77	2.00
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	71	8	35.47	1.90
ICTA Quiché	70	7	36.03	2.20
ICTA Utatlán	75	8	30.33	1.80
ICTA Texel Grano O.	66	8	33.23	2.10
GUATE – 1026	73	7	30.53	2.00
ICTA Martín	88	8	31.17	2.10
Valle Nuevo (Testigo)	76	7	34.27	2.10

Fuente: Información en campo 2016.

En lo que concierne a los datos de “Vainas por planta”, en esta localidad el genotipo que sobresalió del resto fue ICTA Martín, obteniendo un promedio de 88 vainas por planta, mientras en segundo plano se encuentran los genotipos Valle Nuevo (testigo), ICTA Uatlán, GUATE-1026, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Quiché, los cuales oscilaron entre 70 a 76 vainas por planta (promedio) y por último como tercer plano, se encuentran cuatro genotipos que obtuvieron menor cantidad de vainas por planta, de las cuales variaron entre 66 a 69 vainas, siendo estas las variedades siguientes: ICTA Hunapú Voluble, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante e ICTA Altense Voluble.

En los datos obtenidos en el conteo de granos por vaina, se obtuvieron tres grupos distribuidos de la siguiente manera: en el primer grupo se encuentra únicamente el genotipo ICTA Hunapú Voluble, con un promedio de 9 vainas por planta, el segundo grupo está conformado por seis genotipos, siendo éstos ICTA Texel grano brillante, ICTA Uatlán, ICTA Texel grano opaco, ICTA Martín, ICTA Altense Voluble e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, cada genotipo presentó 8 granos por vaina en promedio; y por último el tercer grupo, con una cantidad menor de genotipos, se encuentran GUATE-1026, ICTA Quiché y el testigo Valle Nuevo, con 7 vainas por planta.

Para el peso de las cien semillas de frijol, sobresalieron dos genotipos ICTA Texel grano brillante e ICTA Quiché obteniendo un mayor peso en gramos con valores de 36.03 y 37.47 gramos respectivamente. Los genotipos que presentaron un menor peso son los siguiente: ICTA Uatlán y GUATE-1026 con un peso de 30.53 gramos. Y los genotipos que se concentraron en el rango de 31 a 35 gramos, fueron los siguientes: ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Altense Voluble, Valle Nuevo (testigo), ICTA Hunapú Voluble e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}.

Respecto a la altura de la planta, se identificaron dos genotipos que sobresalieron del resto, obteniendo una altura apropiada e ideales para la aplicación del insecticida, para la cosecha y para cultivarlo con asocio en maíz, estos genotipos son: ICTA Uatlán con una altura de 1.80 metros e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} con una altura de 1.90 metros, ambos materiales recomendables para su producción. Seguidamente se ubica un segundo grupo de genotipos con alturas de 2.00 metros, entre estos se mencionan: GUATE-1026 e ICTA Altense Voluble. En el tercer grupo se encuentran dos genotipos con 2.10 metros, siendo estos: Valle Nuevo (testigo), ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco e ICTA Texel grano brillante; y por último en el cuarto grupo se encuentran dos genotipos, siendo estos: ICTA Quiché e ICTA Hunapú Voluble con alturas de 2.20 metros de altura.

4.2.2. Porcentaje de germinación

Cuadro 39. Porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (Grano B.)	75.00	92.86	53.57	221.43	73.81
2	ICTA Hunapú Voluble	67.86	100.00	67.86	235.72	78.57
3	ICTA Altense Voluble	92.86	85.71	71.43	250.00	83.33
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	92.86	78.57	100.00	271.43	90.48
5	ICTA Quiché	92.86	75.00	96.43	264.29	88.10
6	ICTA Uatatlán	85.71	100.00	71.43	257.14	85.71
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	92.86	92.86	96.43	282.15	94.05
8	GUATE - 1026	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
9	ICTA Martín	96.43	64.29	85.71	246.43	82.14
10	Valle Nuevo (Testigo)	100.00	100.00	92.86	292.86	97.62
	Total:	896.44	889.29	835.72	2621.45	873.82

Fuente: Información de campo 2016.

En el cuadro 39 se presentan los resultados referentes al porcentaje de germinación para cada uno de los genotipos de frijol voluble, en las medias se determinó que el genotipo GUATE-1026 logró alcanzar el 100% de germinación, catalogándolo como una excelente semilla para la siembra en el municipio de San Juan Ostuncalco; seguidamente se clasificaron tres genotipos con una germinación mayor al 90%, los genotipos son los siguientes: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Texel grano opaco y Valle Nuevo (testigo), quedando establecidos como semilla de alta calidad. Tres genotipos estuvieron determinados en un rango de 80 al 89%, de los cuales son ICTA Martín, ICTA Altense Voluble, ICTA Uatatlán e ICTA Quiché. Por último, se determinó un solo genotipo con un porcentaje de germinación de 73.86%, denominado ICTA Texel grano brillante.

Cuadro 40. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de germinación en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	1869.87	207.76	1.27	0.3180 (NS)
Bloque	2	230.60	115.30	0.70	0.5078 (NS)
Error	18	2948.73	163.82		
Total	29	5049.20			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 14.64%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 40 se demostró que no que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se puede observar en el análisis de varianza, el p-valor para la fuente de variación de tratamientos es de 0.3180 el cual es mayor al 0.05. Debido a que no existe diferencia significativa entre tratamientos se descartó una prueba múltiple de medias, llegando a la conclusión que los diez genotipos de frijol provenían de semilla de buena calidad.

Cuadro 41. Días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en la aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	123	123	123	369	123.00
2	ICTA Hunapú Voluble	138	138	138	414	138.00
3	ICTA Altense Voluble	138	138	138	414	138.00
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	102	102	102	306	102.00
5	ICTA Quiché	138	138	138	414	138.00
6	ICTA Utatlán	102	102	102	306	102.00
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	123	123	123	369	123.00
8	GUATE - 1026	145	145	145	435	145.00
9	ICTA Martín	138	145	138	421	140.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	145	145	145	435	145.00
	Total:	1292	1299	1292	3883	1294.33

Fuente: Información de campo 2016.

4.2.3. Días a floración

En la variable días a floración para esta localidad, los genotipos ICTA Utatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} fueron los más precoces con 102 días, dos de los genotipos evaluados alcanzaron los 123 días, los cuales son ICTA Texel Grano Brillante e ICTA Texel Grano Opaco. Con 138 días quedaron establecidos los genotipos: ICTA Quiché, ICTA Altense Voluble e ICTA Hunapú Voluble, y los más tardíos fueron los materiales ICTA Martín con 140 días, Valle Nuevo (Testigo) y GUATE - 1026 con 145 días.

Cuadro 42. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SM)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	7234.70	803.86	492.16	0.0001 (**)
Bloque	2	3.27	1.63	1.00	0.3874 (NS)
Error	18	29.40	1.63		
Total	29	7267.37			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 2.40%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Analizando el cuadro 42 se puede comprobar que el p-valor para la fuente de variación de tratamiento, equivale a 0.0001, evidenciando una diferencia altamente significativa entre tratamientos, no así para los bloques, por ello que fue necesario realizar la prueba de medias mediante el criterio de DGC al 0.05%, con el objetivo de determinar cuáles fueron los tratamientos superiores estadísticamente.

Cuadro 43. Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de la variable días a floración en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Valle Nuevo (Testigo)	145	3	0.7	A
GUATE - 1026	145	3	0.7	A
ICTA Martín	140	3	0.7	B
ICTA Quiché	138	3	0.7	B
ICTA Hunapú Voluble	138	3	0.7	B
ICTA Altense Voluble	138	3	0.7	B
ICTA Texel Grano Opaco	123	3	0.7	C
ICTA Texel Grano Brillante	123	3	0.7	C
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	102	3	0.7	D
ICTA Uatlán	102	3	0.7	D

Error: 1.6333 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Al interpretar los resultados del cuadro 43, habiendo utilizado la prueba de medias DGC se puede observar que se formaron cuatro grupos estadísticos, clasificados como A, B, C y D; dentro del grupo “A” se encuentran los genotipos Valle Nuevo (Testigo) y GUATE – 1026, siendo los más tardíos en ántesis en comparación a los demás tratamientos, cabe resaltar que entre los cultivares del grupo “B” se encuentran concentrados la mayoría de los genotipos evaluados, son iguales, en el grupo “C” se encuentran los genotipos ICTA Texel Voluble grano opaco e ICTA Texel Voluble grano brillante, por último se encuentran los genotipos ICTA Uatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ubicados en el grupo “D”, debido a la precocidad de ambos materiales, se identifican como los más precoces. En la figura 16 se detallan los genotipos pertenecientes a cada uno de los grupos asignados, mediante una gráfica de barras.

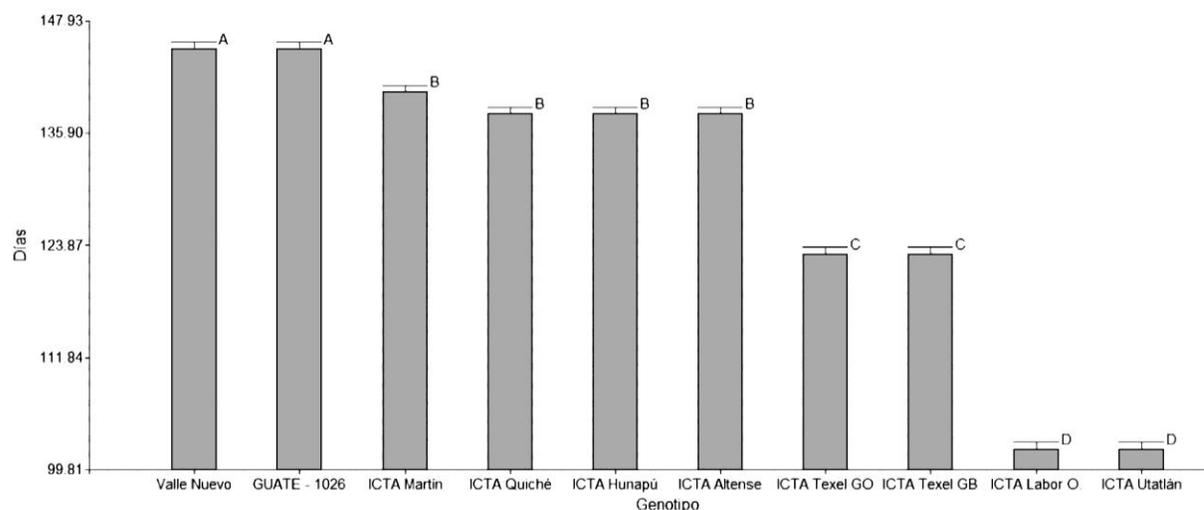


Figura 16. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable días a floración, San Juan Ostuncalco.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.2.4. Días a madurez fisiológica

Cuadro 44. Días a madurez fisiológica en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (Grano B.)	167	160	160	487	162.33
2	ICTA Hunapú Voluble	160	160	160	480	160.00
3	ICTA Altense Voluble	160	160	160	480	160.00
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	149	149	149	447	149.00
5	ICTA Quiché	158	158	158	474	158.00
6	ICTA Uatlán	149	149	149	447	149.00
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	160	167	160	487	162.33
8	GUATE - 1026	167	167	167	501	167.00
9	ICTA Martín	163	163	167	493	164.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	167	167	167	501	167.00
	Total:	1600	1600	1597	4797	1599.00

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable, los genotipos más precoces fueron ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán con 149 días, tres de los materiales evaluados evidenciaron un comportamiento con 160 días hasta su madurez, mientras que los genotipos más tardíos fueron GUATE-1026 y Valle Nuevo (Testigo) con 167 días respectivamente.

Cuadro 45. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable de días a madurez fisiológica de los diez genotipos de frijol voluble con asocio en maíz, en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	1120.70	124.52	29.73	0.0001 **
Bloque	2	0.60	0.32	0.07	0.9312 (NS)
Error	18	75.40	4.19		
Total	29	1196.70			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 1.28%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 45 se comprueba que la probabilidad para tratamientos equivale a 0.0001, presentando alta significancia entre los diez genotipos, es por ello que es necesario determinarlo mediante la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05, con la finalidad de establecer los materiales superiores estadísticamente.

Cuadro 46. Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de la variable de días a madurez fisiológica en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Valle Nuevo (testigo)	167.00	3	1.18	A
GUATE - 1026	167.00	3	1.18	A
ICTA Martín	164.33	3	1.18	B
ICTA Texel Grano Opaco	162.33	3	1.18	B
ICTA Texel Grano Brillante	162.33	3	1.18	B
ICTA Altense Voluble	160.00	3	1.18	B
ICTA Hunapú Voluble	160.00	3	1.18	B
ICTA Quiché	158.00	3	1.18	B
ICTA Utatlán	149.00	3	1.18	C
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	149.00	3	1.18	C

Error: 4.1889 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Al analizar el cuadro 46 mediante la prueba de medias por el criterio de DGC, los genotipos GUATE-1026, Valle Nuevo (Testigo) fueron los materiales que obtuvieron la mayor diferencia estadística en cuanto a días a madurez, estableciéndose en el grupo “A”, siendo éstos los materiales más tardíos; los tratamientos que presentaron menor cantidad de días para la madurez, fueron ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán, asignados al grupo “C”, ambos genotipos son recomendables en ámbitos fisiológicos, por la precocidad que demuestran sin afectar la producción del cultivo de maíz. Para una mejor visualización de los resultados obtenidos en la comparación de medias, en la figura 17 se puede observar el comportamiento de cada uno de los genotipos.

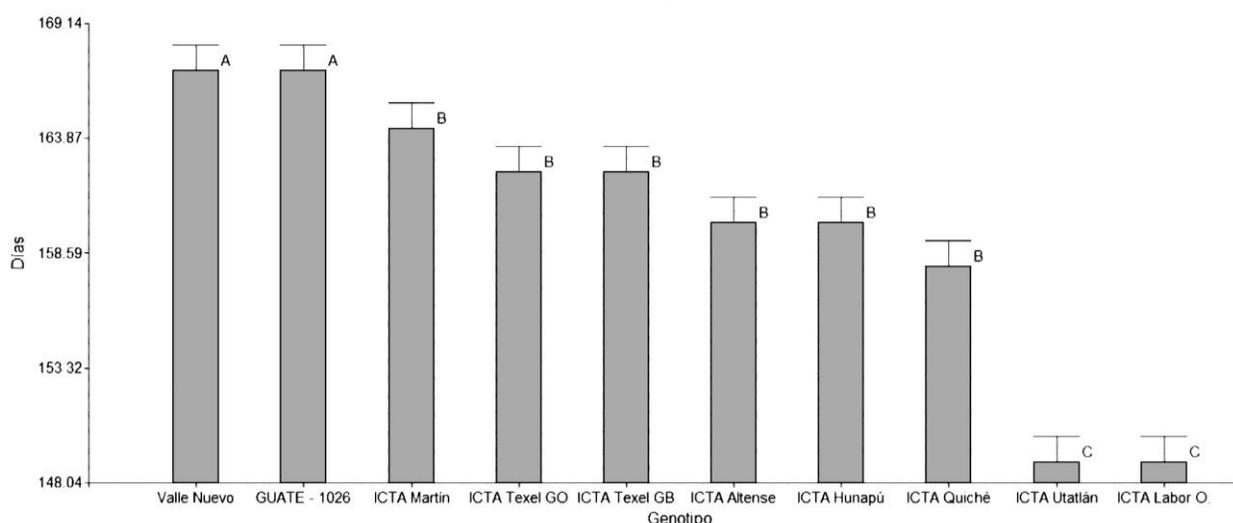


Figura 17. Comparación de medias de los días a madurez, San Juan Ostuncalco.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.2.5. Reacción a enfermedades

Roya (*Uromyces phaseoli*)

Cuadro 47. Reacción a enfermedades “Roya” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	3	5	3	11	3.67
2	ICTA Hunapú Voluble	3	3	5	11	3.67
3	ICTA Altense Voluble	3	3	3	9	3.00
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	1	1	3	5	1.67
5	ICTA Quiché	3	1	3	7	2.33
6	ICTA Uatatlán	1	1	3	5	1.67
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	5	5	3	13	4.33
8	GUATE - 1026	3	5	5	13	4.33
9	ICTA Martín	5	3	5	13	4.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	5	5	3	13	4.33
	Total:	32	32	36	100	33.33

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable fueron seis los genotipos que mostraron resistencia a la roya, estableciéndose con una escala del CIAT del 1-3, mientras que el resto de los genotipos tuvieron un daño intermedio con una escala del 4-6. En el cuadro 45, se estableció el análisis de varianza para poder determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 48. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “roya” en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	32.67	3.63	2.85	0.0280 *
Bloque	2	1.07	0.53	0.42	0.6642 (NS)
Error	18	22.93	1.27		
Total	29	53.67			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 33.86%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Analizando el cuadro 48 se puede comprobar que el p-valor para tratamientos equivale a 0.0280, presentando significancia entre los tratamientos, por ello fue necesario determinarlo mediante la prueba de medias bajo el criterio de DGC al 0.05, con la finalidad de identificar los materiales superiores. Al existir diferencia significativa entre tratamientos, se acepta la hipótesis alternativa que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta.

Cuadro 49. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable de reacción a enfermedades “roya”, en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Valle Nuevo (testigo)	4.33	3	0.65	A
ICTA Martín	4.33	3	0.65	A
ICTA Texel Grano Opaco	4.33	3	0.65	A
GUATE - 1026	4.33	3	0.65	A
ICTA Texel Grano Brillante	3.67	3	0.65	A
ICTA Hunapú Voluble	3.67	3	0.65	A
ICTA Altense Voluble	3.00	3	0.65	A
ICTA Quiché	2.33	3	0.65	B
ICTA Uatlán	1.67	3	0.65	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	1.67	3	0.65	B

Error: 1.2741 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 49 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan dos tipos de comportamientos, en donde los tratamientos que mejores resultados presentaron estadísticamente resistentes a la roya son: ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Quiché, donde se mantuvieron en una a escala del 1 al 3 en la escala del CIAT, estos genotipos pertenecen al grupo “B”. El otro comportamiento estuvo establecido por el grupo “A” con los genotipos Valle Nuevo (Testigo), ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante, GUATE-1026, ICTA Hunapú Voluble e ICTA Altense Voluble, presentando un daño intermedio en escala del 4-6 del CIAT, obteniendo un daño intermedio por la presencia de la enfermedad.

Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Cuadro 50. Reacción a enfermedades “Antracnosis” en escala del CIAT del 1 al 9, en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en la aldea Monrovia del municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	5	3	3	11	3.67
2	ICTA Hunapú Voluble	1	3	1	5	1.67
3	ICTA Altense Voluble	5	5	7	17	5.67
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3	5	3	11	3.67
5	ICTA Quiché	1	3	3	7	2.33
6	ICTA Utatlán	1	3	3	7	2.33
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	5	3	3	11	3.67
8	GUATE - 1026	3	3	3	9	3.00
9	ICTA Martín	3	1	3	7	2.33
10	Valle Nuevo (Testigo)	3	5	7	15	5.00
	Total:	30	34	36	100	33.33

Fuente: Información de campo 2016.

En esta variable, cinco genotipos de frijol fueron resistentes a la antracnosis, estableciéndose en la escala del 1-3 del CIAT, mientras que el resto presentaron daños intermedios en escala del 4-6, sin embargo, no afectó en el rendimiento. En el cuadro 51 se detalla el análisis de varianza con la finalidad de determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 51. Análisis de Varianza (ANDEVA) de la variable reacción a enfermedades “antracnosis” en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	43.33	4.81	3.16	0.0182 *
Bloque	2	1.87	0.93	0.61	0.5534 (NS)
Error	18	27.47	1.53		
Total	29	72.67			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 37.06%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 51 se puede observar, el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos es de 0.0182, lo que indica que este valor es menor al 0.05 de significancia habiendo realizó la prueba de medias, determinando que sí existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos estudiados, también se puede deducir con esta información que al menos uno de los diez genotipos en estudio es resistente en cuanto a enfermedades, con lo cual se rechaza la hipótesis nula que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta.

Para determinar cuáles de los diez genotipos de frijol fueron resistentes a la antracnosis, fue necesario realizar una prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de “DGC” al 0.05 de significancia.

Cuadro 52. Prueba de medias por el criterio de DGC de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”, municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Altense Voluble	5.67	3	0.71	A
Valle Nuevo (testigo)	5.00	3	0.71	A
ICTA Texel Grano Brillante	3.67	3	0.71	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	3.67	3	0.71	B
ICTA Texel Grano Opaco	3.67	3	0.71	B
GUATE - 1026	3.00	3	0.71	B
ICTA Uatlán	2.33	3	0.71	B
ICTA Martín	2.33	3	0.71	B
ICTA Quiché	2.33	3	0.71	B
ICTA Hunapú Voluble	1.67	3	0.71	B

Error: 1.5259 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 52 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan dos tipos de comportamientos, en donde los tratamientos que mejores resultados ofrecieron estadísticamente, en lo que se refiere a resistencia a la antracnosis, son: ICTA Hunapú Voluble, ICTA Quiché, ICTA Martín, ICTA Uatlán, GUATE-1026, ICTA Texel grano opaco, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Texel grano brillante, la cual oscilaron en una a escala del 1 al 3 en CIAT, estos genotipos pertenecen al grupo “B”. El otro comportamiento estuvo establecido por el grupo “A” con los genotipos Valle Nuevo (Testigo) e ICTA Altense Voluble, presentando un daño intermedio por la presencia de la enfermedad. Cabe mencionar que los diez genotipos están en un rango óptimo en la escala del CIAT para su producción.

4.2.6. Porcentaje de daño por plaga de picudo (*Apion godmani*)

Cuadro 53. Porcentaje de daño por plaga de picudo (*Apion godmani*) en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	8.97	1.70	5.83	16.50	5.50
2	ICTA Hunapú Voluble	4.48	7.33	6.84	18.65	6.22
3	ICTA Altense Voluble	4.42	4.68	6.57	15.67	5.22
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	6.00	8.33	4.67	19.00	6.33
5	ICTA Quiché	4.37	4.90	3.45	12.72	4.24
6	ICTA Uatlán	7.55	5.19	3.59	16.33	5.44
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	3.95	8.12	7.24	19.31	6.44
8	GUATE - 1026	5.29	3.86	4.85	14.00	4.67
9	ICTA Martín	5.60	6.75	3.98	16.33	5.44
10	Valle Nuevo (Testigo)	4.29	3.42	5.88	13.59	4.53
	Total:	54.92	54.28	52.90	162.10	54.03

Fuente: Información de campo 2016.

En la variable porcentaje de daño por el picudo, los diez genotipos mostraron un bajo porcentaje de la plaga del picudo, obteniendo un daño mínimo de 4% a 6%, mencionando que fueron favorecidos al aplicar el producto químico Deltametrina. Cabe resaltar que la aplicación en esta localidad fue esparcida de forma uniforme para toda la planta debido a que no superaron los 2.20 metros de altura, por lo que ayudó a la aplicación efectiva del producto químico y así mismo contrarrestar la plaga. En el cuadro 53 se muestra el análisis de varianza para comprobar si existe diferencia significativa o no, entre los tratamientos.

Cuadro 54. Análisis de Varianza (ANDEVA) del porcentaje de daño por la plaga del picudo (*Apion godmani*), municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	17.87	1.99	0.52	0.8447 (NS)
Bloque	2	0.00	0.00	0.00	>0.9999 (NS)
Error	18	69.33	3.85		
Total	29	87.20			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 36.34%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 54 se puede observar, el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos es de 0.8447, lo que nos indica que este valor es mayor al 0.05 de significancia con el que se realizó la prueba, determinando con esto que no existen diferencias significativas entre cada uno de los genotipos estudiados.

4.2.7. Valor agronómico

Cuadro 55. Valor agronómico en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	3	3	3	9	3.00
2	ICTA Hunapú Voluble	3	2	3	8	2.67
3	ICTA Altense Voluble	3	3	4	10	3.33
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	2	2	2	6	2.00
5	ICTA Quiché	4	4	1	9	3.00
6	ICTA Utatlán	2	3	2	7	2.33
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	4	5	3	12	4.00
8	GUATE - 1026	3	2	4	9	3.00
9	ICTA Martín	3	4	4	11	3.67
10	Valle Nuevo (Testigo)	2	3	4	9	3.00
	Total:	29	31	30	90	30.00

Fuente: Información de campo 2016.

En el cuadro 55 se presentan los resultados del valor agronómico basado en la escala del CIAT de 1 a 9, de los diez genotipos de frijol voluble, nueve genotipos mostraron un excelente vigor reproductivo, sanidad y arquitectura de la vaina, los genotipos son los siguientes: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Utatlán, ICTA Altense voluble, ICTA Martín, ICTA Quiché, Valle Nuevo (testigo) e ICTA Texel grano brillante, quedando establecidos en una escala de 1-3. Tres de estos genotipos mostraron una precocidad ideal para el asocio con el maíz, los cuales son los siguientes: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Quiché, ICTA Utatlán, GUATE – 1026 e ICTA Hunapú Voluble. El único genotipo que estuvo clasificado en una escala de 4-6 es: ICTA Texel voluble grano opaco, catalogado en un rango intermedio en cuanto sanidad, vigor reproductivo y arquitectura de la vaina.

4.2.8. Porcentaje de acame en maíz

Cuadro 56. Porcentaje de acame del cultivo de maíz en asocio con diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	10.71	10.71	14.29	35.71	11.90
2	ICTA Hunapú Voluble	3.57	10.71	7.14	21.42	7.14
3	ICTA Altense Voluble	3.57	7.14	7.14	17.85	5.95
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	7.14	3.57	7.14	17.85	5.95
5	ICTA Quiché	7.14	7.14	7.14	21.42	7.14
6	ICTA Uatlán	7.14	7.14	3.57	17.85	5.95
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	10.71	14.29	10.71	35.71	11.90
8	GUATE - 1026	10.71	10.71	7.14	28.56	9.52
9	ICTA Martín	10.71	25.00	17.86	53.57	17.86
10	Valle Nuevo (Testigo)	7.14	10.71	7.14	24.99	8.33
	Total:	78.54	107.12	89.27	274.93	91.64

Fuente: Información de campo 2016.

El porcentaje de acame de maíz con mayor valor, fue producido por el genotipo de frijol ICTA Martín con un 17.84% de plantas acamadas, por lo cual fue afectado el rendimiento de maíz, a pesar que esta variedad tiene buen rendimiento, no es recomendable sembrarla en asocio por la agresividad que manifiesta; lo que sí es recomendable es sembrarlo en otro sistema que se puede validar en espaldera. Así mismo se presentan tres genotipos que produjeron un menor porcentaje de acame a la plantación de maíz, siendo estas ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Uatlán e ICTA Altense Voluble con 6% de acame. En el cuadro 57 se muestra el análisis de varianza para comprobar si existieron o no diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 57. Análisis de Varianza (ANDEVA) de porcentaje de acame en cultivo de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	391.73	43.53	5.39	0.0012 **
Bloque	2	41.69	20.84	2.58	0.1036 (NS)
Error	18	145.48	8.08		
Total	29	578.89			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 31.02%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

El análisis de varianza demuestra que existe diferencia altamente significativa entre cultivares, por lo que se recomienda se realice la prueba de medias. En el cuadro 58 se presenta la prueba de medias con el criterio de DGC al 0.05, con la finalidad de determinar los genotipos con mayor y menor rango entre las medias.

Cuadro 58. Prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, del porcentaje de acame en maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Martín	17.9	3	1.64	A
ICTA Texel Voluble Grano Brillante	11.9	3	1.64	B
ICTA Texel Voluble Grano Opaco	11.9	3	1.64	B
GUATE - 1026	9.52	3	1.64	B
Valle Nuevo (testigo)	8.33	3	1.64	B
ICTA Hunapú Voluble	7.14	3	1.64	B
ICTA Quiché	7.14	3	1.64	B
ICTA Altense Voluble	5.95	3	1.64	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	5.95	3	1.64	B
ICTA Uatlán	5.95	3	1.64	B

Error: 20.0494 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el porcentaje de acame para esta localidad, la mayoría de cultivares no perjudicaron a la plantación de maíz, estos genotipos estuvieron asignados en el grupo “B”, de los cuales son: ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Altense Voluble, ICTA Quiché, ICTA Hunapú Voluble, Valle Nuevo (testigo), GUATE-1026, ICTA Texel grano opaco e ICTA Texel grano brillante, genotipos recomendables para el asocio con maíz. El único genotipo de frijol que provocó un mayor daño al cultivo de maíz fue ICTA Martín, afectando no sólo por su agresividad sino también por la presencia de vientos fuertes y granizo, este genotipo se ubica en el grupo “A”, este genotipo no es recomendable cultivarlo en asocio con maíz específicamente para esta localidad. En la figura 18 se visualiza por medio de una gráfica de barras el porcentaje de acame en maíz que provocaron los diez genotipos de frijol, asignados a sus respectivos grupos.

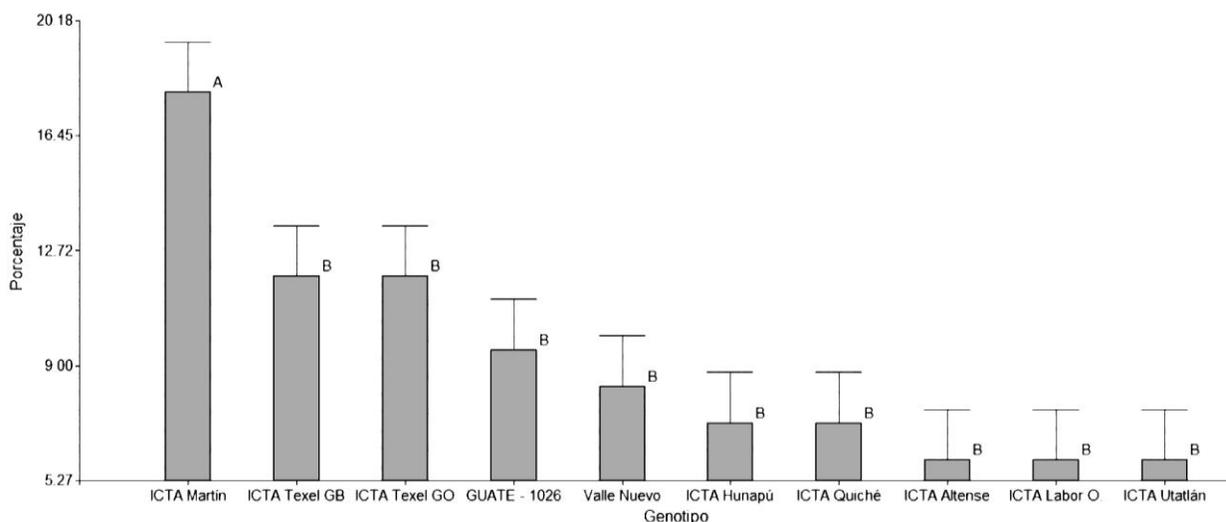


Figura 18. Porcentaje de acame de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.
Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.2.9. Días a cosecha

Cuadro 59. Días a cosecha en la evaluación de diez genotipos de frijol voluble en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	196	204	204	604	201.33
2	ICTA Hunapú Voluble	204	204	204	612	204.00
3	ICTA Altense Voluble	204	204	196	604	201.33
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	167	167	167	501	167.00
5	ICTA Quiché	187	187	187	561	187.00
6	ICTA Utatlán	167	167	167	501	167.00
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	204	204	204	612	204.00
8	GUATE - 1026	204	204	204	612	204.00
9	ICTA Martín	198	204	198	600	200.00
10	Valle Nuevo (Testigo)	204	204	204	612	204.00
	Total:	1935	1949	1935	5819	1939.67

Fuente: Información de campo 2016.

La mayoría de los genotipos fueron tardíos, con un promedio de 204 días, mientras que dos de los materiales evaluados demostraron una precocidad muy notoria desde el momento de su floración hasta su cosecha, teniendo un promedio de 167 días, los materiales son: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán. Como precocidad intermedia fue catalogado el genotipo ICTA Quiché, evidenciando un promedio de 187 días. En el cuadro 60 se muestra el análisis de

varianza con la finalidad de identificar la precocidad de los genotipos y así mismo la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 60. Análisis de Varianza (ANDEVA) de días a cosecha de diez genotipos de frijol, municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	6151.63	683.51	127.80	0.0001 **
Bloque	2	13.07	6.53	1.22	0.3181
Error	18	96.27	5.35		
Total	29	6260.97			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 1.19%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 60 se puede observar el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos es de 0.0001, lo que nos indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, habiendo realizado la prueba de medias llegando a la conclusión que sí existen diferencias altamente significativas entre tratamientos no así para los bloques, se puede inferir con esta información que uno de los diez genotipos evaluados es mejor en cuanto a su precocidad expresado en días a cosecha. Para establecer cuál de los genotipos de frijol (tratamientos) es la mejor en cuanto a la menor cantidad de días a cosecha, se realizó una prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia.

Cuadro 61. Prueba múltiple de medias por el criterio de DGC de días a cosecha en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Texel Grano Opaco	204.00	3	1.3	A
Valle Nuevo (testigo)	204.00	3	1.3	A
ICTA Hunapú Voluble	204.00	3	1.3	A
GUATE - 1026	204.00	3	1.3	A
ICTA Altense Voluble	201.33	3	1.3	A
ICTA Texel Grano Brillante	201.33	3	1.3	A
ICTA Martín	200.00	3	1.3	A
ICTA Quiché	187.00	3	1.3	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	167.00	3	1.3	C
ICTA Uatlán	167.00	3	1.3	C

Error: 5.3481 gl:18 **Fuente:** Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 61 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan tres tipos de comportamientos, en donde los genotipos que mejores resultados ofrecieron estadísticamente, referente a días a

cosecha en menor tiempo, son ICTA Uatatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} situándose en el grupo “C” con 166 días de producción. En el grupo “B” se encuentra un solo genotipo que presentó una precocidad intermedia, cosechándose a los 187 días, este genotipo esta denominado como ICTA Quiché. Los materiales de los grupos “B” y “C” son altamente recomendables para cultivarlo con asocio en maíz, debido a la precocidad que manifiestan, no se ve afectada la producción de maíz al momento de la cosecha. Y los genotipos tardíos se concentran en el grupo “A”, siendo estos: ICTA Martín, ICTA Texel grano brillante, ICTA Altense Voluble, GUATE-1026, ICTA Hunapú Voluble, Valle Nuevo (testigo) e ICTA Texel grano opaco.

4.2.10. Rendimiento de frijol en kg.ha

El cultivo de frijol presentó diferentes rendimientos expresados en Kg.ha para cada uno de los genotipos en estudio, en esta localidad de San Juan Ostuncalco los resultados se comportaron uniformemente, permitiendo colectar los granos en varios cortes. Los resultados del rendimiento del cultivo de frijol se presentan en el cuadro 59:

Cuadro 62. Rendimiento de diez genotipos de frijol voluble expresados en kg.ha en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	687.29	759.84	819.80	2266.93	755.64
2	ICTA Hunapú Voluble	746.65	765.96	736.21	2248.82	749.61
3	ICTA Altense Voluble	691.07	695.93	701.23	2088.23	696.08
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	654.94	712.38	771.12	2138.44	712.81
5	ICTA Quiché	655.56	664.44	744.17	2064.17	688.06
6	ICTA Uatatlán	607.47	673.79	683.57	1964.83	654.94
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	772.60	736.14	810.34	2319.08	773.03
8	GUATE - 1026	726.67	691.07	762.62	2180.36	726.79
9	ICTA Martín	766.10	751.37	825.44	2342.91	780.97
10	Valle Nuevo (Testigo)	694.30	719.72	674.57	2088.59	696.20
	Total:	7002.65	7170.64	7529.07	21702.36	7234.12

Fuente: Información de campo 2016.

En el cuadro 62 se aprecia que ICTA Martín fue el genotipo con mayor rendimiento, a pesar de su agresividad y del daño que provoca al cultivo de maíz, esta variedad obtiene una excelente producción, pero, sin embargo, no es recomendable cultivarla porque reduce el rendimiento del cultivo de maíz.

Con la finalidad de determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, respecto al Rendimiento en grano de frijol en kg.ha, se realizó un análisis de varianza que se muestra en el cuadro 63.

Cuadro 63. Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de los diez genotipos de frijol en kg.ha, en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	45147.39	5016.38	4.70	0.0026 **
Bloque	2	14460.36	7230.18	6.78	0.0064 **
Error	18	19205.19	1066.96		
Total	29	78812.94			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 4.52%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 63 se puede observar el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor para la fuente de variación de tratamiento es de 0.0026, lo que nos indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, con el cual se realizó la prueba, determinando con esto que existen diferencias altamente significativas entre cada uno de los tratamientos estudiados, con esta información se llega a la conclusión que al menos una de las diez variedades en estudio, obtuvo un mejor rendimiento en comparación del resto, con lo cual se rechaza la hipótesis nula que indica el mismo efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta. Debido a que existe alta significancia entre los tratamientos se procedió a realizar una prueba de medias bajo el criterio de DGC al 0.05 de significancia, con el objetivo de determinar cuál o cuáles de los tratamientos fueron superiores.

Cuadro 64. Prueba múltiple de medias por el criterio de DGC del rendimiento de frijol en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
ICTA Martín	780.97	3	18.86	A
ICTA Texel Voluble Grano Opaco	773.03	3	18.86	A
ICTA Texel Voluble Grano Brillante	755.64	3	18.86	A
ICTA Hunapú Voluble	749.61	3	18.86	A
GUATE – 1026	726.79	3	18.86	B
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	712.81	3	18.86	B
Valle Nuevo (testigo)	696.20	3	18.86	B
ICTA Altense Voluble	696.08	3	18.86	B
ICTA Quiché	688.06	3	18.86	B
ICTA Uatatlán	654.94	3	18.86	B

Error: 1066.9552 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En los resultados del cuadro 64 se comprobó estadísticamente que existen dos tipos de comportamientos diferentes en cuanto a rendimiento del cultivo de frijol en kg.ha. Los genotipos que evidenciaron un mayor rendimiento fueron: ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante e ICTA Hunapú Voluble, situándose en el grupo “A”. El resto de los tratamientos o genotipos, se establecieron en el grupo “B”, estableciéndose un mismo comportamiento, siendo estos los siguientes: ICTA Utatlán, ICTA Quiché, ICTA Altense Voluble, Valle Nuevo (testigo), ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} y GUATE – 1026; a pesar de no obtener un rendimiento muy alto a comparación del grupo “A”, estos genotipos son recomendables para el asocio con el cultivo de maíz.

En la figura 19 se puede observar la gráfica de los dos tipos de comportamientos existentes en los diez genotipos de frijol voluble, en lo que concierne a rendimiento.

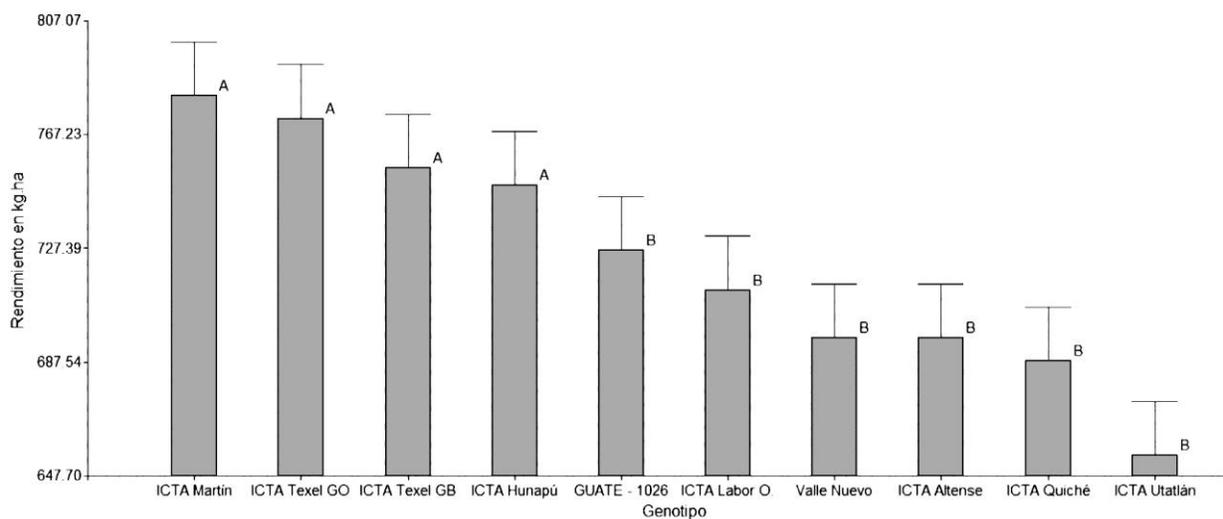


Figura 19. Prueba de medias del rendimiento de frijol en kg.ha, municipio de San Juan Ostuncalco.
Fuente: InfoStat 2016.

4.2.11. Rendimiento en el cultivo de maíz en Kg.ha.

Cuadro 65. Rendimiento del cultivo de maíz expresado en kg.ha en el municipio de San Juan Ostuncalco.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL	MEDIA
		I	II	III		
1	ICTA Texel Voluble (GB)	4200.16	5064.22	4540.33	13804.71	4601.57
2	ICTA Hunapú Voluble	5413.47	6111.99	5323.54	16849.00	5616.33
3	ICTA Altense Voluble	5588.10	6461.24	6431.24	18480.58	6160.19
4	ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	6461.24	6111.99	6985.13	19558.36	6519.45
5	ICTA Quiché	5937.36	6461.24	6111.99	18510.59	6170.20
6	ICTA Utatlán	6286.61	6200.35	5937.36	18424.32	6141.44
7	ICTA Texel (Grano Opaco)	5413.47	5413.47	4889.59	15716.53	5238.84
8	GUATE - 1026	6461.24	6635.87	6635.87	19732.98	6577.66
9	ICTA Martín	4714.96	4191.08	4191.08	13097.12	4365.71
10	Valle Nuevo (Testigo)	5588.10	5937.36	5937.36	17462.82	5820.94
	Total:	56064.71	58588.81	56983.49	171637.01	57212.34

Fuente: Información de campo 2016.

La variedad de maíz establecida en esta localidad fue criolla, la cual se sembró juntamente con los diez genotipos de frijol, con la finalidad de servirle como tutor a la plantación de frijol. Por lo tanto, se evaluará el rendimiento de maíz de una misma variedad, pero en asocio con diferente genotipo de frijol voluble. Para determinar el comportamiento y la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos de frijol voluble con asocio en maíz criollo, referente al rendimiento en grano del cultivo de maíz en kg.ha, se realizó un análisis de varianza que se muestra en el cuadro 66.

Cuadro 66. Análisis de Varianza (ANDEVA) del rendimiento de maíz en kg.ha variedad criolla, en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	15885187.98	1765020.89	15.91	<0.0001 **
Bloque	2	325096.58	162548.29	1.47	0.2573 (NS)
Error	18	1996990.97	110943.94		
Total	29	18207275.53			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 5.82%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 66 se puede observar el resumen del análisis de varianza, en donde el p-valor (probabilidad) para tratamientos que en este caso son los genotipos de frijol en asocio con maíz, es de 0.0001, lo que nos indica que este valor es menor al 0.05 de significancia, con el cual se realizó la prueba, llegando a la conclusión que sí existen diferencias altamente significativas, con esta información se concluye que al menos uno de los diez genotipos de frijol evaluados con asocio en maíz variedad criollo, perjudicó el rendimiento del cultivo de maíz, debido a la agresividad produciendo acame.

Para establecer cuál de las variedades de frijol (tratamientos) es la que produjo mayor rendimiento al cultivo de maíz, se realizó una prueba o comparación múltiple de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia.

Cuadro 67. Prueba de medias por el criterio de DGC, del rendimiento de maíz en asocio con diez genotipos de frijol en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
GUATE - 1026	6577.66	3	192.31	A
ICTA Labor Ovalle ^{Bolonillo}	6519.45	3	192.31	A
ICTA Quiché	6170.20	3	192.31	A
ICTA Altense Voluble	6170.19	3	192.31	A
ICTA Utatlán	6141.44	3	192.31	A
Valle Nuevo (testigo)	5820.94	3	192.31	B
ICTA Hunapú Voluble	5616.33	3	192.31	B
ICTA Texel Voluble GO	5238.84	3	192.31	B
ICTA Texel Voluble GB	4601.57	3	192.31	C
ICTA Martín	4365.71	3	192.31	C

Error: 110943.9427 gl:18

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 67 correspondiente al análisis de comparación de medias por el criterio de DGC al 0.05 de significancia, se puede observar que se presentan tres tipos de comportamientos, en donde los genotipos de frijol ideales para el asocio con maíz son los siguientes: GUATE – 1026, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Quiché, ICTA Altense voluble e ICTA Utatlán, pertenecientes al grupo “A”. Mientras que dos de los genotipos evaluados no son recomendables para cultivarlos con asocio en maíz, específicamente en esta localidad, esto es debido a la agresividad y la cantidad vainas formadas en la plantación de frijol, perjudicando de forma directa al cultivo de maíz, estos genotipos son: ICTA Martín e ICTA Texel grano brillante, pertenecientes al grupo “C”.

4.2.12. Correlación de las variables rendimiento de frijol y maíz, en el municipio de San Juan Ostuncalco

Cuadro 68. Análisis de correlación de Pearson en la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Rend. de Frijol kg.ha	Rend. de Frijol kg.ha	30	1.00	<0.0001
Rend. de Frijol kg.ha	Rend. De Maíz kg.ha	30	-0.49	0.0061
Rend. De Maíz kg.ha	Rend. de Frijol kg.ha	30	-0.49	0.0061
Rend. De Maíz kg.ha	Rend. de Maíz kg.ha	30	1.00	<0.0001

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 68 se determinó una correlación entre las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz con un valor de $r = -0.49$ lo que nos muestra que, a mayor rendimiento de frijol, menor rendimiento de maíz, siendo denominada como correlación inversa o negativa. En la figura 20 se muestra la distribución de los valores en la comparación de las variables rendimiento de maíz y rendimiento de frijol, el cual presentó un patrón lineal “negativo medio”. que será utilizado para realizar el análisis de regresión.

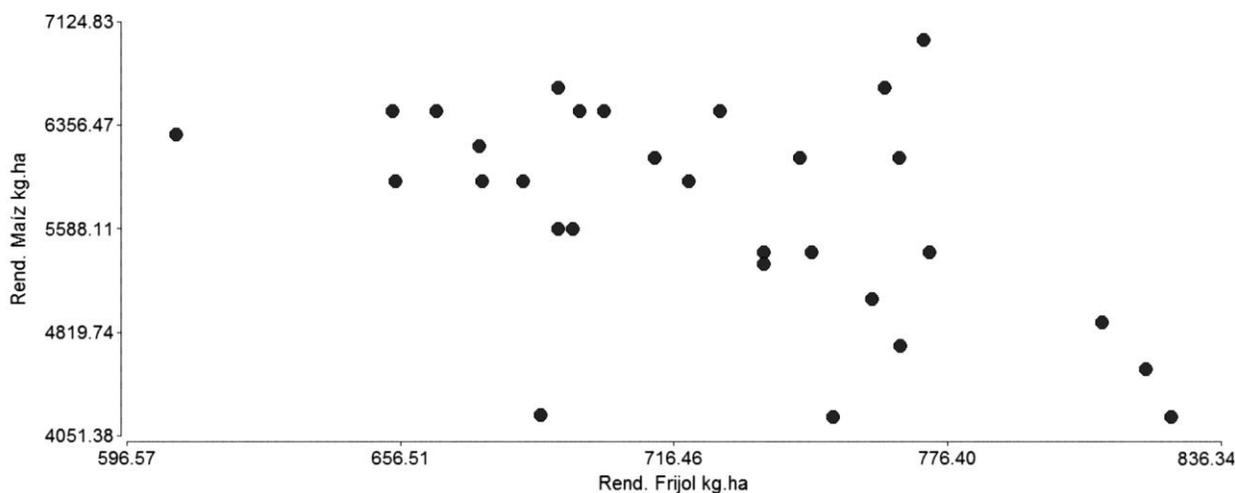


Figura 20. Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, San Juan Ostuncalco.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.2.13. Regresión de las variables rendimiento de frijol y maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco

Cuadro 69. Análisis de regresión lineal luego de la comparación de las variables de rendimiento de frijol y rendimiento de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AJC	BIC
Rend. Maíz kg.ha	30	0.24	0.21	560465.49	482.43	486.63

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Cuadro 70. Estadísticos asociados para determinar la línea de regresión lineal después de analizar las variables de rendimiento de frijol y maíz, San Juan Ostuncalco.

Coefficiente	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	11098.08	1817.18	7375.76	14820.41	6.11	<0.0001		
Rend. Frijol kg.ha	-7.43	2.51	-12.56	-2.30	-2.97	0.0061	9.53	1.00

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Con este análisis de regresión lineal entre las variables rendimiento de maíz y rendimiento de frijol, para esta localidad se produjo como resultado una línea de regresión lineal negativa, es decir, al aumentar el rendimiento de maíz, disminuirá el rendimiento de frijol.

La línea de regresión que se muestra en la figura 21, fue útil para pronosticar el posible rendimiento del cultivo de maíz con respecto al daño ocasionado por la agresividad del cultivo de frijol. Por lo que se puede afirmar que existe una regresión y correlación directa entre el rendimiento de frijol y maíz, lo cual permite dar certeza de los resultados obtenidos.

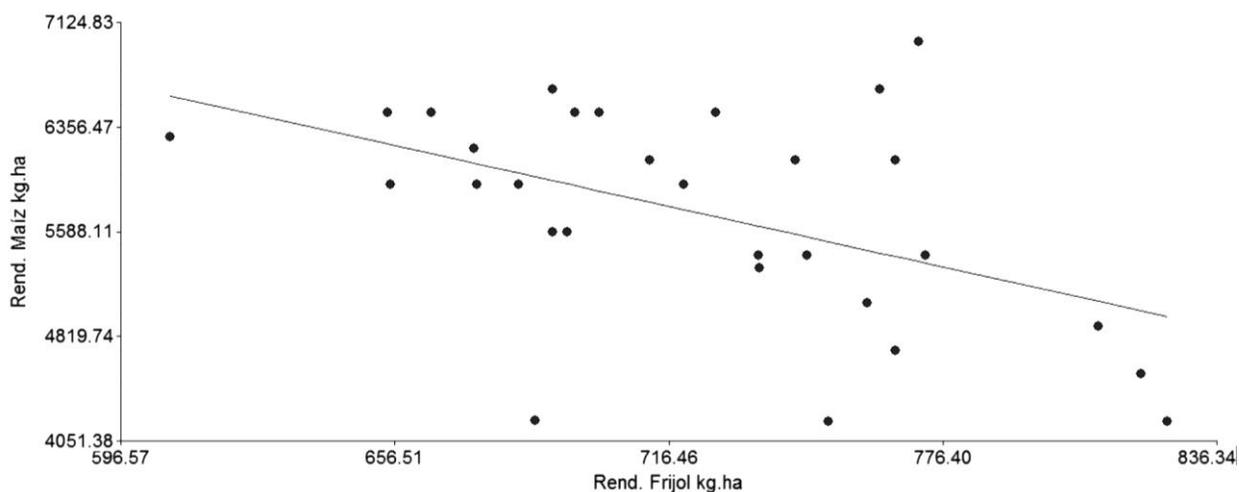


Figura 21. Dispersión de los valores, en la comparación de correlación entre el rendimiento de frijol y rendimiento de maíz, en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

4.3. Análisis combinado de las diferentes variables, en las localidades de Concepción Chiquirichapa y San Juan Ostuncalco, Depto. de Quetzaltenango.

Para tener una mayor certeza sobre los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas, fue necesario realizar un análisis entre los dos municipios combinados, los resultados se detallan a continuación:

4.3.1. Análisis combinado de la variable porcentaje de germinación

Cuadro 71. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable porcentaje de germinación.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	1771.02	196.78	1.21	0.3135 (NS)
Bloque	2	323.63	161.82	0.99	0.3783 (NS)
Localidad	1	212.82	212.82	1.31	0.2590 (NS)
Error	47	7662.72	163.04		
Total	59	9970.18			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 14.30%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 71 se puede deducir que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, al obtener un valor de significancia de 0.2590, se puede concluir que el porcentaje de germinación para los diez genotipos de frijol fue similar para ambas localidades. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.3.2. Análisis combinado de la variable días a floración

Cuadro 72. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable días a floración.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	11270.35	1252.26	124.59	<0.0001 **
Bloque	2	12.63	6.32	0.63	0.5378 (NS)
Localidad	1	3572.82	3572.82	355.48	<0.0001 **
Error	47	472.38	10.05		
Total	59	15328.18			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 2.60%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 72 se puede observar que existe diferencia altamente significativa en la fuente de variación de la localidad, obteniendo un valor de significancia de <0.0001 , con este resultado se llega a la conclusión que una localidad fue más tardía en cuanto a los días a floración para los diez genotipos de frijol voluble. A continuación, se muestra la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05.

Cuadro 73. Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable días a floración.

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Juan Ostuncalco	129.43	30	0.58	A
Concepción Chiquirichapa	114.00	30	0.58	B

Error: 10.0507 gl:47

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Según la prueba de medias, en el municipio de Concepción Chiquirichapa se obtuvo un promedio de 114 días a floración, mientras que en el municipio de San Juan Ostuncalco se obtuvo 129 días, es decir, 15 días más tardío, no obstante, esto no perjudicó los rendimientos del cultivo de frijol.

4.3.3. Análisis combinado de la variable días a madurez fisiológica

Cuadro 74. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable días a madurez fisiológica.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	4271.68	474.63	21.50	<0.0001 **
Bloque	2	2.03	1.02	0.05	0.9550 (NS)
Localidad	1	4.82	4.82	0.22	0.6426 (NS)
Error	47	1037.65	22.08		
Total	59	5316.18			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 2.94%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 74 se observa que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, al obtener un valor de significancia de 0.6426, esto significa que los promedios de días a madurez fueron muy similares en ambas localidades, mostrando resultados de 159.90 días promedio para la localidad de San Juan Ostuncalco y 159.33 días para Concepción Chiquirichapa. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.3.4. Análisis combinado de la variable reacción a enfermedades

Cuadro 75. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “Roya”.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	58.67	6.52	4.51	0.0003 **
Bloque	2	2.80	1.40	0.97	0.3867 (NS)
Localidad	1	6.67	6.67	4.62	0.0368 *
Error	47	67.87	1.44		
Total	59	136.00			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 40.06%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 75 se puede observar que existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, obteniendo un valor de significancia de 0.0368, con este resultado se llega a la conclusión que una localidad presentó mayor resistencia a la enfermedad de la roya. A continuación, se muestra la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05.

Cuadro 76. Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “roya”.

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Juan Ostuncalco	3.33	30	0.22	A
Concepción Chiquirichapa	2.67	30	0.22	B

Error: 1.4440 gl:47

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Según la prueba de medias, se puede constatar que en el municipio de Concepción Chiquirichapa se obtuvo un promedio de 2.67, quedando establecido en una escala de 1-3 del CIAT, presentando un daño de bajo nivel. Mientras que en el municipio de San Juan Ostuncalco se obtuvo una escala promedio de 3.33, establecida en la escala del CIAT del 3-6, evidenciando un tipo de daño intermedio, de igual manera no perjudicó al cultivo de frijol.

Cuadro 77. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	46.40	3.86	3.86	0.0010 **
Bloque	2	0.93	0.35	0.35	0.7070 (NS)
Localidad	1	9.60	7.18	7.18	0.0101*
Error	47	62.80			
Total	59	119.73			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 39.41%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 77 se determinó que existe una diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, con un valor de significancia de 0.0101, con este resultado se llega a la conclusión que una localidad presentó mayor resistencia a la enfermedad de antracnosis. A continuación, se muestra la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05.

Cuadro 78. Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable reacción a enfermedades “antracnosis”.

Localidad	Medias	n	E.E.	
San Juan Ostuncalco	3.33	30	0.21	A
Concepción Chiquirichapa	2.53	30	0.21	B

Error: 1.3362 gl:47

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Según la prueba de medias en el cuadro 78 se puede comprobar que en el municipio de Concepción Chiquirichapa se obtuvo un promedio de 2.53, quedando establecido en una escala de 1-3 del CIAT, presentando un daño de nivel bajo. Mientras que en el municipio de San Juan Ostuncalco se obtuvo una escala promedio de 3.33, establecida en la escala del CIAT del 3-6, evidenciando un tipo de daño intermedio, no perjudicando el rendimiento del cultivo de frijol.

4.3.5. Análisis combinado de la variable del porcentaje de daño de picudo (*Apion godmani*)

Cuadro 79. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del porcentaje de daño de picudo.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	43.02	4.78	1.38	0.2231 (NS)
Bloque	2	10.00	5.00	1.45	0.2457 (NS)
Localidad	1	1.35	1.35	0.39	0.5351 (NS)
Error	47	162.48	3.46		
Total	59	216.85			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 33.50%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 79 se puede observar que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, obteniendo un valor de significancia de 0.5351, se puede concluir que ambas localidades fueron resistentes al daño que provoca la plaga del picudo, por lo que es recomendable realizar las tres aplicaciones de insecticida Deltametrina con una dosis de 12.5 cc. por bomba. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.3.6. Análisis combinado de la variable de porcentaje de acame en maíz

Cuadro 80. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del porcentaje de acame en maíz.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	966.24	107.36	7.42	<0.0001 **
Bloque	2	64.18	32.09	2.22	0.1202 (NS)
Localidad	1	21.32	21.32	1.47	0.2309 (NS)
Error	47	680.38	14.48		
Total	59	1732.12			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 38.98%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 80 se observa que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, al obtener un valor de significancia de 0.2309, esto significa que los promedios del porcentaje de acame en plantas de maíz, fueron muy similares en ambas localidades, presentando

resultados de 9.16% para la localidad de San Juan Ostuncalco y 10.36% para Concepción Chiquirichapa. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.3.7. Análisis combinado de la variable de días a cosecha

Cuadro 81. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del porcentaje de acame en maíz.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	12468.68	1385.41	158.35	<0.0001 **
Bloque	2	38.53	19.27	2.20	0.1219 (NS)
Localidad	1	33.75	33.75	3.86	0.0555 (NS)
Error	47	411.22	8.75		
Total	59	12952.18			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 1.53%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 81 se observa que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, al obtener un valor de significancia de 0.0555, esto significa que los promedios de días a cosecha fueron muy similares en ambas localidades, presentando resultados de 193.97 días para la localidad de San Juan Ostuncalco y 192.47 días para Concepción Chiquirichapa. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.3.8. Análisis combinado de la variable de rendimiento de frijol en kg.ha

Cuadro 82. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del rendimiento en frijol kg.ha.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	85708.73	9523.19	4.47	0.0003 **
Bloque	2	4763.92	2381.96	1.12	0.3352 (NS)
Localidad	1	16588.09	16588.09	7.79	0.0076 **
Error	47	100058.95	2128.91		
Total	59	207119.70			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 6.23%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 82 se puede comprobar que existe una diferencia altamente significativa en la fuente de variación de la localidad, con un valor de significancia de 0.0076, con este resultado se llega a la conclusión que una localidad presentó mayor rendimiento en el cultivo de frijol. A continuación, se muestra la prueba de medias por el criterio de DGC al 0.05.

Cuadro 83. Prueba de medias por criterio de DGC, del análisis combinado de la variable rendimiento de frijol en kg.ha.

Localidad	Medias	n	E.E.	
Concepción Chiquirichapa	756.67	30	8.42	A
San Juan Ostuncalco	723.41	30	8.42	B

Error: 2128.9139 gl:47

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

Según la prueba de medias en el cuadro 83, se presentaron dos comportamientos, se observa que en el municipio de Concepción Chiquirichapa se obtuvo un mayor rendimiento de frijol, con una media de 756.67 kg.ha. Mientras que en el municipio de San Juan Ostuncalco se obtuvo un rendimiento de 723 kg.ha. en promedio.

4.3.9. Análisis combinado de la variable de rendimiento de maíz en kg.ha

Cuadro 84. Análisis de Varianza (ANDEVA) del análisis combinado de la variable del rendimiento de maíz en kg.ha.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (GL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F Calculada	p-valor (significancia)
Tratamiento	9	20228850.91	2247650.10	13.71	<0.0001 **
Bloque	2	114092.81	57046.40	0.35	0.7079 (NS)
Localidad	1	154747.99	154747.99	0.94	0.3362 (NS)
Error	47	7704788.26	163931.67		
Total	59	28202479.96			

<0.01 (**) Alta significancia, <0.05 (*) Significancia, >0.05 (NS) No significancia

CV = 7.14%

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En el cuadro 84 se observa que no existe diferencia significativa en la fuente de variación de la localidad, al obtener un valor de significancia de 0.3362, esto significa que los promedios en cuanto a rendimiento de maíz fueron muy similares en ambas localidades, presentando resultados de 5722.23 kg.ha para la localidad de San Juan Ostuncalco y 5620.66 kg.ha en el municipio de Concepción Chiquirichapa. Al no presentar significancia, se descarta la elaboración de una prueba de medias por el criterio de DGC, debido a que solamente existe un tipo de comportamiento.

4.4. Resultados de análisis de componentes principales

4.4.1. Análisis de componentes principales, municipio de Concepción Chiquirichapa

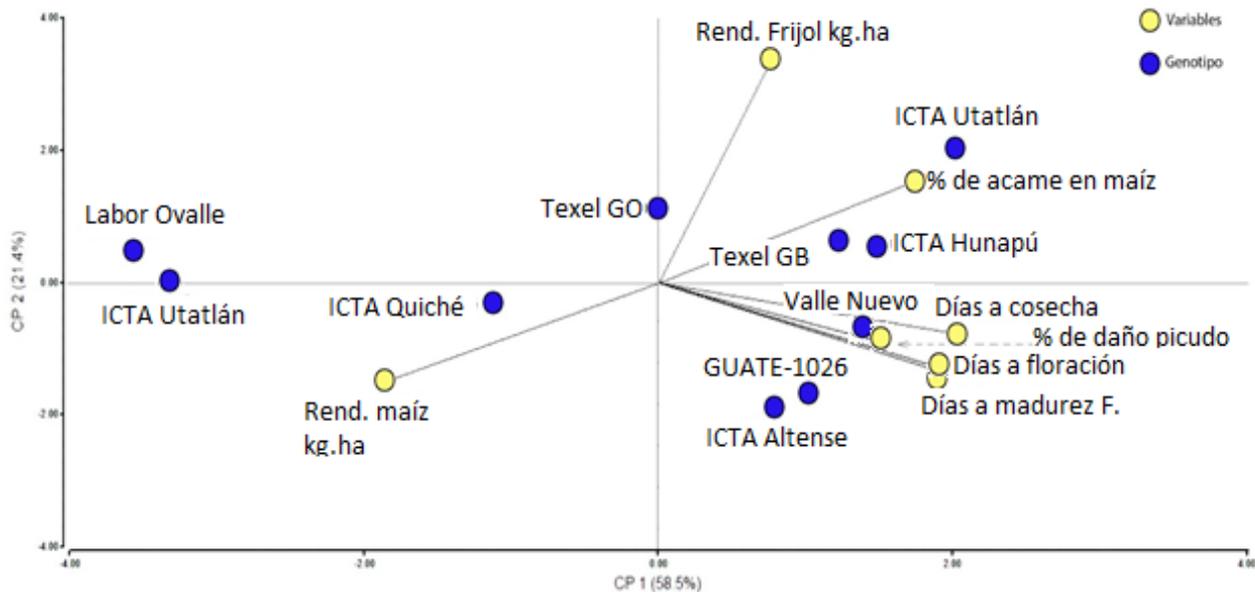


Figura 22. Análisis de componentes principales Biplot, en el municipio de Concepción Chiquirichapa. **Fuente:** Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En la figura 22 se puede observar las relaciones más cercanas entre las variables y los genotipos evaluados, quedando estructuradas de la siguiente manera: en el cuadrante I se establecen las variables rendimiento de frijol y porcentaje de acame en maíz, las cuales están cercanas a los genotipos ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante e ICTA Hunapú, lo que significa que fueron los materiales con mejor rendimiento en frijol pero también los que más porcentaje de acame produjeron al cultivo de maíz, convirtiéndose en variables no recomendadas para cultivarlas en asocio. En el cuadrante II, se encuentran los genotipos ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Utatlán, teniendo una relación cercana a la única variable que se establece en el cuadrante III, Rendimiento de maíz, del mismo modo que el genotipo ICTA Quiché; en la figura se puede apreciar que estos tres genotipos están muy distantes al resto de variables, esto es debido a la precocidad que manifiestan, aunque cabe resaltar que a pesar de no obtener un mayor rendimiento de frijol, son materiales que aseguran la producción de maíz. Y, por último, en el cuadrante IV se encuentran las variables Días a cosecha, porcentaje de daño por picado, días a floración y días a madurez fisiológica; de las cuales estuvieron asociadas a los genotipos siguientes: Valle Nuevo, GUATE – 1026 e ICTA Altense Voluble, interpretándose como los genotipos más tardíos y los más susceptibles a la plaga del picado (*Apion godmani*).

4.4.2. Análisis de componentes principales, municipio de San Juan Ostuncalco

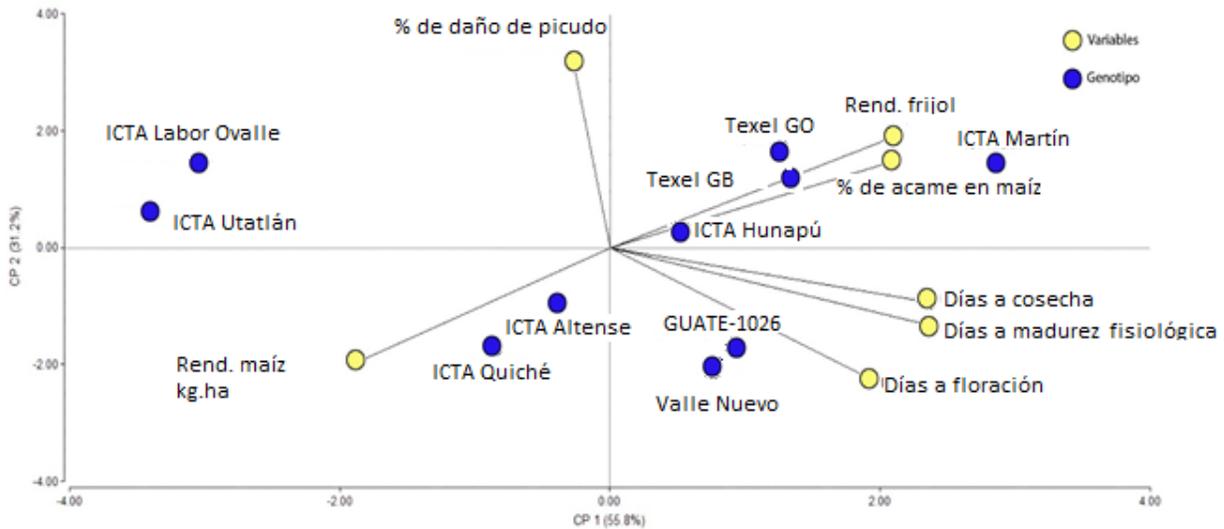


Figura 23. Análisis de componentes principales Biplot, en el municipio de San Juan Ostuncalco.

Fuente: Elaboración propia, mediante el software InfoStat 2016.

En la figura 23 se puede comprobar que los genotipos ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante e ICTA Texel grano opaco, fueron los que mayor porcentaje de acame produjeron al cultivo de maíz, pero que a su vez obtuvieron un mayor rendimiento en el cultivo de frijol. Los genotipos GUATE – 1026 y Valle Nuevo (testigo) fueron los más tardíos en cuanto a días a floración, días a madurez fisiológica y días a cosecha. Las variedades ICTA Quiché e ICTA Altense voluble fueron los que mejores resultados presentaron en rendimientos de maíz. Y, los genotipos ICTA Utatlán e ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, fueron los más aislados de todas las variables, es decir que mostraron precocidad, resistencia a la plaga del picudo y menor porcentaje de acame al cultivo de maíz, siendo estos dos últimos genotipos recomendables para esta localidad.

Referente a las variables de los rendimientos de frijol y maíz, se puede observar que están situados de extremo a extremo, eso significa que existe un tipo de interacción negativa, es decir, que, a mayor rendimiento de frijol, existirá menor rendimiento de maíz y viceversa, a mayor rendimiento de maíz, menor rendimiento de frijol.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En cuanto al daño al cultivo de maíz provocado por la agresividad de frijol, se comprobó que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, el genotipo más agresivo fue ICTA Martín, provocando acame en un 20.24% a las plantas de maíz, el genotipo menos agresivo fue ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} con 1.19%. En el municipio de San Juan Ostuncalco se obtuvieron resultados similares, existiendo diferencia altamente significativa, el genotipo que provocó mayor daño, nuevamente fue ICTA Martín con un 17.90% y la variedad menos perjudicial al cultivo de maíz fue ICTA Uatlán, ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Altense voluble con 5.95%, por lo tanto, se aprueba la segunda hipótesis alternativa para ambas localidades.
- En cuanto al rendimiento del cultivo de frijol, en el municipio de Concepción Chiquirichapa, los genotipos con mayores rendimientos fueron ICTA Martín con 824.2 kg.ha, ICTA Texel grano opaco 799.3 kg.ha e ICTA Texel grano brillante 791.96 kg.ha, sin embargo, no existieron diferencias estadísticamente significativas, por lo que se aprueba la primera hipótesis nula. En cuanto a rendimiento de maíz, se pudo comprobar que los genotipos de frijol ICTA Martín, ICTA Texel grano brillante e ICTA Hunapú voluble, fueron los que afectaron la producción. Mediante el análisis de “regresión y correlación”, se determinó que la correlación es inversa y la regresión es negativa, lo que significa que a mayor rendimiento de frijol existirá un menor rendimiento de maíz y viceversa.

Para el municipio de San Juan Ostuncalco, se obtuvieron diferencias altamente significativas, siendo ICTA Martín 780.97 kg.ha, ICTA Texel grano opaco 773.03 kg.ha, ICTA Texel grano brillante 755.64 kg.ha e ICTA Hunapú Voluble 749.61 kg.ha, los genotipos de frijol con mayor rendimiento, por tanto, se aprueba la primera hipótesis alternativa. Sin embargo, en esta localidad también existe correlación y regresión negativa en cuanto a rendimiento de frijol y maíz.

- En cuanto a enfermedades, fueron dos las que se manifestaron en el municipio de Concepción Chiquirichapa, existiendo diferencias significativas para la Roya, provocando un daño intermedio según la escala del CIAT, para los genotipos: Valle Nuevo, ICTA Texel grano brillante e ICTA Texel grano opaco, no afectó en su rendimiento; el resto de genotipos fueron tolerantes a esta enfermedad. Se presentó Antracnosis, existiendo también diferencias significativas entre los tratamientos, siendo: GUATE – 1026 y Valle

Nuevo (testigo) los genotipos con un daño intermedio, el resto de variedades fueron tolerantes a la enfermedad. Para ambas enfermedades, se aprueba la tercera hipótesis alternativa. Para el municipio de San Juan Ostuncalco, también fueron dos las enfermedades que se manifestaron, roya y antracnosis. Para la enfermedad de roya, existieron diferencias significativas, los genotipos que mostraron resistencia fueron: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Utatlán e ICTA Quiché, el resto de genotipos tuvieron un daño intermedio; en lo que concierne a la enfermedad de antracnosis, también existieron diferencias significativas, los genotipos que presentaron un daño intermedio fueron: ICTA Altense Voluble y Valle Nuevo (testigo), el resto de los genotipos fueron resistentes a la enfermedad, según la escala del CIAT. En esta localidad se aprueba la tercera hipótesis alternativa.

- En el análisis combinado, no existieron diferencias significativas entre localidades, esto fue debido a que el daño ocasionado fue muy similar, produciendo un 9.16% de daño (promedio) en el municipio de San Juan Ostuncalco y un 10.36% para el municipio de Concepción Chiquirichapa.

5.2. Recomendaciones

- Los resultados obtenidos en los ensayos de finca de frijol voluble establecidos en las dos localidades, los genotipos que presentaron las mejores características de acuerdo a las variables evaluadas: rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad y bajo nivel de daño hacia el cultivo de maíz, fueron: ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo}, ICTA Uatlán, ICTA Quiché e ICTA Altense voluble, por lo que se recomienda que las últimas dos variedades pasen a validación a través de parcelas de prueba, por medio del programa de frijol del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola -ICTA- y así conocer la opinión de los agricultores. En el caso de los genotipos ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Uatlán fueron variedades que se liberaron en el año en curso, para ambas localidades.
- En cuanto a rendimiento, se puede observar que los genotipos con mayor producción fueron ICTA Martín, ICTA Texel grano opaco, ICTA Texel grano brillante e ICTA Hunapú voluble, resaltando que estos materiales no son los apropiados para cultivarlos en asocio, pero si son ideales para ser producidos bajo otro sistema, por ejemplo en función del tipo espaldera, es por ello que, se recomienda a los fitomejoradores del programa de frijol del ICTA, que a través de cruzamientos, sea disminuida la agresividad de estos cuatro genotipos mediante la reducción de la altura de la planta y días a cosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldana, F. ICTA. 2015. Recomendaciones técnicas (Correo electrónico). ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT) Olinstepeque, Quetzaltenango, GT.
2. Alvim, R, Y Alvim, P de T. efecto de densidad de plantación no aprovechamiento de energía luminosa (*Phaseolus vulgaris* L) en cultura exclusivas e consorciados Turrialba 19 (3); 389-393. 1969
3. CABI (Commonwealth Agriculture Bureau International, UK). 1998. Crop protection compendium. UK. 1 CD.
4. CIAT (centro Internacional de Agricultura Tropical, CO) 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). (En Línea) Cali, Colombia. Consultado el 20 de noviembre 2015. Disponible en <http://books.google.com.gt/books?id=AtOLF2NhJogC&pg=PA2&lpg=PmmmA2&dq=MORFOLOGIA+DEL+FRIJOL+CIAT&source=bl&ots=f9nPvhxzY&sig=bLr08QqCv0cZGhoaXsuaYvzMsZA>
5. CIAT, CO. 1987. Sistemas estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart Van Schoonhoven y Marcial A. Pastor Corrales comp. Colombia. 417 p
6. DE LA CRUZ, J. 1976. Zonas de vida de Guatemala. Guatemala. 41 p.
7. Escoto Gudiel, ND. 2004. El cultivo del frijol (en línea). Honduras, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Consultado 14 abr 2005. Disponible www.sag.gob.hn/dicta/paginas/guia_frijol.htm
8. Fuentes, O.A. Efecto de 15 leguminosas en un experimento de siembra intercalada con maíz. In reunión Centro americana sobre el mejoramiento del maíz, 1a, Turrialba, Costa Rica Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. pp 348-403.)
9. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, NI). 2008. Mapeo de cadenas agroalimentarias de maíz blanco y frijol en Centroamérica edición actualizada al año 2008/IICA, Proyecto Red SICTA, Cooperación Suiza en América Central. Managua, NI. Consultado en 18 de noviembre 2015. Disponible en http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/actual_Mapeo_MaizFrijol.pdf

10. IICA, CR. 1989. Compendio de agronomía tropical. Costa Rica. tomo 2, p. 2-20. (Investigación y Desarrollo 12).
11. INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, GT). 2012. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Segunda edición. (En Línea). Guatemala, GT. Consultado en 16 de noviembre, 2015. Disponible en [http://www.incap.int/.../80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de](http://www.incap.int/.../80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-Centroamerica) Centroamérica.
12. Lépiz, R; López, J; Sánchez, J; Santacruz, F; Nuño, R; Rodríguez, E. 2010. Características morfológicas de formas cultivadas, silvestres e intermedias de frijol común de hábito trepador. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(1), 21-28.
13. LOMA, I.L. DE LA. Cultivos entre líneas de maíz; razón de ser y modo más eficaz de realizarlo. *Tierra (México)* 5 (5): 273-275,325. 1950
14. Méndez, M. 2014. Evaluación de siete genotipos de frijol bolonillo negro (*Phaseolus dumosus*) bajo el sistema en asocio con maíz (*Zea mays*) en el municipio de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango. Tesis Ingeniero Agrónomo, Guatemala, 2014. USAC-CUNOC.
15. Ospina, H. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris*. L.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 49 p.
16. Poey, DF. 1970. Los componentes del rendimiento y su aplicación en la investigación de cultivares. Guatemala, Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas. Boletín Técnico no. 3, 17 p.
17. Prat, RC; Nabhan, GP. 1988. Evolution and diversity of *Phaseolus acutifolius* genetic resources in genetic of *Phaseolus* beans. Ed. ed by Gepts. US, Internacional Breeding Genetic Resources Institute. s.p.
18. Villanueva, D. 2010. Evaluación de seis variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condiciones de cultivo tradicional en localidades de Chimaltenango y Sololá.
19. Willey, R. W. ard. OSIRU, D. S, O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L) With particular referente to plant population. *J.of Agr. Sci.* 79: 571-529.1972

ANEXOS

Figura 24: Siembra de los diez genotipos de frijol voluble en asocio con maíz, en la aldea Monrovia, municipio de San Juan Ostuncalco.



Fuente: Aldea Monrovia, San Juan Ostuncalco, Abril de 2016.

Figura 25: Limpieza de maleza de los diez genotipos de frijol voluble, en asocio con el cultivo de maíz en el municipio de San Juan Ostuncalco.



Fuente: Aldea Monrovia, San Juan Ostuncalco. Abril de 2016.

Figura 26: Siembra de diez genotipos de frijol voluble en asocio con el cultivo de maíz, en el municipio de Concepción Chiquirichapa.



Fuente: Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa. Abril de 2016.

Figura 27: Fertilización con triple quince (15-15-15), en la investigación de diez genotipos de frijol voluble, municipio de San Juan Ostuncalco.



Fuente: Aldea Monrovia, San Juan Ostuncalco. Mayo de 2016.

Figura 28: Fase reproductiva etapa R7 del cultivo de frijol voluble en asocio con maíz, en Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa.



Fuente: Barrio San Marcos, Concepción Chiquirichapa. Agosto de 2016.

Figura 29: Secado de las vainas, genotipos precoces ICTA Labor Ovalle^{Bolonillo} e ICTA Uatlán.



Fuente: Quetzaltenango, Quetzaltenango. Septiembre de 2016.