

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



EVALUACIÓN DE MATERIALES CRIOLLOS Y MEJORADOS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*), IRRADIADOS CON RAYOS GAMMA EN LA BÚSQUEDA DE TOLERANCIA A LA SEQUÍA, SAN ANDRÉS, MUNICIPIO DE CIUDAD ARCE, LA LIBERTAD

POR:

CINDY YACOLETTY LÓPEZ RAMÍREZ
LAURA ALEJANDRA GUEVARA CAMPOS
OSCAR ANTONIO ALVARADO MARTÍNEZ

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO(A) AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

DOCENTES DIRECTORES:

ING. AGR. M.Sc. MARIO ANTONIO ORELLANA NÚÑEZ

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

ING. AGR. AURA JAZMÍN MORALES DE BORJA

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. MARIO ANTONIO BERMÚDEZ MÁRQUEZ

RESUMEN

Se investigaron 4 genotipos de frijol irradiados en su segunda generación (M2) y sus testigos en el período de marzo a junio de 2013 en la Estación San Andrés 1 del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), ubicado en el municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad; con el propósito de seleccionar plantas con características cualitativas y cuantitativas relacionadas con la tolerancia a sequía. Para ello, se suspendió el riego a partir de la floración hasta la cosecha. El factor de estudio fueron los genotipos irradiados y sus testigos, quedando estos de la siguiente manera: Rojo de Seda testigo (RS), Rojo de Seda irradiado (RSM), Vaina Blanca testigo (VB), Vaina Blanca irradiado (VBM), Ferromás testigo (FE), Ferromás irradiado (FEM), Chaparrastique testigo (CH) y Chaparrastique irradiado (CHM); se sembraron bajo un diseño de bloques completos al azar, midiéndose en ellos las variables cualitativas más importantes como el color de hipocótilo, color de la flor, color de vaina madura, color y forma de la semilla; y entre las cuantitativas días a emergencia, porcentaje de plantas fuera de tipo, días a floración, días a madurez fisiológica, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas, días a cosecha y rendimiento.

Para el análisis de los resultados, se aplicaron métodos descriptivos multivariados, como el análisis de correspondencia simple y métodos inferenciales, como el Diseño de Bloques Completos al Azar, con una prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), apoyándose del programa estadístico IBM® SPSS® Statistic versión 21, con una probabilidad $P < 0.05$. Presentaron mayor diferencia los materiales irradiados con respecto a sus testigos, para las variables cualitativas: color de cotiledón y epicotilo (Rojo de Seda y Ferromás), color de cáliz y cuello del estandarte (Rojo de Seda), color de vaina madura y forma de la semilla para (Vaina Blanca y Ferromás), color primario de la semilla (Ferromás y Chaparrastique); mientras que para las variables cuantitativas, los genotipos irradiados que presentaron los mejores efectos fueron Rojo de Seda y Chaparrastique; para el porcentaje de plantas fuera de tipo, días a floración, días a maduración, peso de 100 semillas y rendimiento por unidad de área Vaina Blanca y número de semillas por vaina Chaparrastique.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO: por permitirnos obtener un triunfo más y brindarnos salud y sabiduría, también por iluminar nuestro camino a lo largo de la carrera y emprender con valor y dignidad nuestro futuro como profesionales.

A NUESTRA FAMILIA: por brindarnos su amor incondicional siendo el mayor apoyo moral, personal y económico en nuestra carrera.

A NUESTROS DOCENTES DIRECTORES: al Ing. Agr. Mario Antonio Orellana Núñez, Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra e Ing. Aura Jazmín Morales de Borja por el aporte académico y científico que nos brindaron para realizar nuestro proyecto de investigación de tesis.

AL COMITÉ OBSERVADOR: Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio, Ing. Agr. Manuel Hernández Juárez, Ing. Agr. Raúl Iraheta Villatoro e Ing. Agr. Mario Antonio Bermúdez por apoyarnos en el desarrollo del proyecto de investigación.

A NUESTROS AMIGOS Y COMPAÑEROS: con quienes hemos compartido buenos y malos momentos, además de brindarnos su apoyo durante la realización de nuestro trabajo de graduación.

A NUESTRA ALMA MATER: por ser la mejor institución para la formación profesional y que nos ha permitido crecer en ella a lo largo de nuestra carrera, con la ayuda de todos los docentes que año con año nos formaron para que hoy día seamos profesionales de bien y servicio a nuestra sociedad.

Cindy López
Alejandra Guevara
Oscar Alvarado

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: por haberme guiado en todo el camino, tanto a nivel personal como profesional y por darme la fortaleza y la sabiduría necesaria para tomar decisiones y enfrentar los retos de cada día.

A MIS PADRES: Héctor Orlando López Inestroza y Gloria Marina Ramírez de López por apoyarme siempre, brindarme su amor incondicional, su comprensión, paciencia y sabios consejos. Gracias, los amo mucho.

A MI ABUELA: Marina Alas Marroquín: por acompañarme en todo momento y brindarme su apoyo, comprensión y por ser al igual que mis padres uno de los mejores ejemplos a seguir.

A MIS HERMANOS: Susana del Carmen y Anthony Jean Carlos por apoyarme y brindarme su amor y comprensión.

A MI NOVIO: Miguel Ángel Hernández Monge por acompañarme en los momentos de alegrías y tristezas a lo largo de mi carrera brindándome su apoyo, amor y comprensión.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Teresa Rivas, Leticia Villalta, Yeni Ramos, Armando Carballo, David Barrera, Noé Linares, Doris Campos, Ivonne Romero, Linda López, Doris Rivera, Dina de Amaya, Lorena Martínez, René Montano y Adán Núñez por brindarme su amistad y su apoyo en cada momento.

A LOS DOCENTES: Dr. Reynaldo López, Ing. Mario Pérez, Ing. Balmore Martínez, Ing. Aura de Borja e Ing. Mario Orellana por ser las personas que me ayudaron en muchos aspectos durante mi formación académica, por su amistad y confianza.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Alejandra Guevara y Oscar Alvarado por la paciencia, esmero y porque juntos logramos formar un excelente equipo de trabajo y fortalecer los lazos de amistad.

Cindy Yacoletty López Ramírez

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: por haberme brindado la vida y permitirme levantarme cada día para dar lo mejor, darme la fortaleza y voluntad para cumplir mis metas, también a mi madrecita Virgencita de la Medalla Milagrosa por sus infinitas intercesiones y bendiciones.

A MIS PADRES: Berta Morena Campos de Guevara y José Pedro Guevara Contreras Segura por darme el amor, cariño y apoyo toda mi vida; en especial a mi Mami por su constante e incansable labor de madre y por haberme dado el mejor ejemplo de superación y humildad.

A MIS ABUELOS (Q.E.P.D.): Papá Mariano, Mamá Tila, Abuela Pacha y Túlo, que me mostraron que con amor, fuerza, deseos y coraje todos los sueños se pueden cumplir y por darme el mejor ejemplo de respeto, superación, humildad y alegría.

A MIS HERMANOS Y SOBRINA: Pedro José y Darío Ernesto, por siempre apoyarme e incentivarme a seguir dando lo mejor de mí y por su amor incondicional, a mi amada sobrina Alejandra María por su alegría y amor.

A MIS TIOS Y PRIMOS: Tía Nena, Papá Toño, Tía Tete y Tía Sandra por su apoyo e incentivo, mis primos Julio César, Mariana Eduviges, Carlos Raúl, Mariano Alberto y Larissa María por su amor y cariño.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Alexis Zelaya, Sofía Aquino, Sandra Contreras, Miguel Barrera, Diana López, Dieguito López, Ri9

ardo Hernández, Carlos Chávez, Doris Campos, Ivonne Romero, Linda López, Doris Rivera, Dina de Amaya, Lorena Martínez, René Montano, Adán Núñez, Teresa Rivas, Leticia Villalta, Yeni Ramos, Armando Carballo, David Barrera.

A LOS DOCENTES: Dr. Reynaldo López, Ing. Mario Pérez, Ing. Balmore Martínez, Ing. Aura de Borja e Ing. Mario Orellana por mostrarme el mejor camino para mi desarrollo académico, el profesionalismo, los consejos y su amistad a lo largo de estos años.

A MIS COMPAÑEROS TESISISTAS: Cindy López y Oscar Alvarado por los logros obtenidos y alcanzados a lo largo de la carrera, por la amistad, el trabajo en equipo y compañerismo.

Laura Alejandra Guevara Campos

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: que me ha dado toda la sabiduría y entendimiento para llegar hasta esta etapa de mi vida y al cual le pido cada día que me cuide y me proteja de todo peligro y todo mal.

A MI MADRE: María Gloribel Martínez, por su apoyo incondicional ya que ha sido mi gran motivación para salir adelante con mi educación.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS: que me ayudaron durante toda mi formación académica, moral como económica y que en este momento están cuando más los necesito compartiendo mis alegrías y tristezas.

A MIS COMPAÑERAS DE TESIS: Cindy Yacoletty López Ramírez y Laura Alejandra Guevara Campos, a quienes quiero y aprecio mucho por su comprensión y paciencia ya que sin ellas no hubiera sido posible alcanzar este objetivo.

A LOS DOCENTES: que han formado parte durante todo el proceso de mi educación a quienes les doy gracias por los valores inculcados y los conocimientos que he adquirido a través de todos estos años. MUCHAS GRACIAS.

Oscar Antonio Alvarado Martínez.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica.....	2
2.1 Origen y distribución.....	2
2.1.1 Filogenia del genero <i>Phaseolus</i>	2
2.1.2 Materiales criollos y mejorados de frijol.....	3
2.2 Importancia del cultivo de frijol.....	3
2.2.1 Importancia económica.....	3
2.2.1.1 Principales países productores de frijol a nivel mundial.....	4
2.2.1.2 Producción a nivel regional.....	4
2.2.1.3 Rendimientos a nivel mundial.....	4
2.2.1.4 Rendimiento en El Salvador.....	4
2.2.1.5 Usos y demanda de frijol en El Salvador.....	4
2.2.1.6 Importaciones.....	5
2.2.1.7 Exportaciones.....	5
2.2.1.8 Consumo Per-cápita.....	5

2.2.2 Importancia Nutricional.....	5
2.3 El cultivo del Frijol.....	6
2.3.1 Descripción Morfológica y Biología Floral.....	6
2.3.1.1 Raíz.....	6
2.3.1.2 Tallo.....	7
2.3.1.3 Hojas.....	7
2.3.1.4 Biología floral del frijol.....	8
2.3.1.5 Fruto y Semillas.	9
2.3.2 Ciclo Fenológico.....	9
2.3.2.1 Fase vegetativa.....	9
2.3.2.2 Fase reproductiva.....	9
2.3.2.3 Hábitos de crecimiento.....	10
2.3.3 Épocas de siembra en El Salvador.....	10
2.3.4 Requerimientos ambientales del frijol.....	10
2.4 Genética del frijol.....	11
2.4.1 Número de cromosomas del frijol.....	11
2.4.2 Mapa genético del frijol.....	11
2.5 Mejoramiento genético del frijol.....	12
2.5.1 Cultivos <i>in vitro</i>	12
2.5.2 Transformación genética.....	13
2.5.3 Mejoramiento genético mediante la inducción a mutación.....	13
2.6 Mutaciones genéticas.....	13
2.6.1 Mutaciones y cambios fenotípicos.....	14

2.6.2 Mutaciones Naturales.....	14
2.6.3 Mutación inducida.....	15
2.6.3.1 Agentes inductores.....	15
2.6.3.1.1 Mutágenos químicos.....	16
2.6.3.1.2 Mutágenos físicos.....	16
2.7 Cambio Climático.....	18
2.7.1 Efectos del cambio climático.....	18
2.7.2 Sequía.....	19
2.7.2.1 Efecto de la tensión hídrica sobre el rendimiento y sus componentes morfológicos.....	19
2.7.2.2 Efecto de las temperaturas.....	20
2.7.2.3 Mecanismos para soportar la sequía.....	20
2.7.3 El clima en Centro América.....	21
2.7.4 Pérdidas en la producción de frijol en Centro América por factores climáticos...	21
2.7.4.1 Perdidas en la producción de frijol en El Salvador por factores climáticos.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Descripción del lugar de estudio.....	22
3.2 Método de campo.....	22
3.2.1 Genotipos en investigación.....	22
3.2.2 Origen de la semilla utilizada en la investigación.....	23
3.2.3 Selección de semillas.....	23
3.2.4 Prueba de germinación.....	23
3.2.5 Preparación del área experimental.....	24

3.2.6 Siembra.....	24
3.2.7 Riego.....	24
3.2.8 Fertilización.....	25
3.2.9 Manejo de maleza.....	25
3.2.10 Manejo de plagas y enfermedades.....	25
3.2.11 Cosecha y secado.....	26
3.2.12 Almacenamiento de la semilla.....	26
3.3 Metodología estadística.....	26
3.3.1 Diseño experimental.....	26
3.3.2 Tamaño de la muestra.....	26
3.3.3 Tratamientos.....	26
3.3.4 Análisis de datos.....	27
3.3.5 Variables evaluadas.....	27
3.3.5.1 Variable independiente.....	27
3.3.5.1.1 Plántula.....	27
3.3.5.1.2 Floración.....	28
3.3.5.1.3 Maduración.....	30
3.3.5.1.4 Cosecha.....	31
3.3.5.2 Rendimiento.....	32
3.3.5.3 Número de plantas que sobreviven por unidad de área durante la sequía.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Caracteres fenológicos en Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	33
4.1.1 Fase de emergencia.....	33

4.1.2 Fase de floración.....	33
4.1.3 Fase de maduración.....	34
4.1.4 Fase de cosecha.....	35
4.2 Caracteres cualitativos en Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	35
4.2.1 Fase de plántula.....	35
4.2.2.2 Fase de floración.....	36
4.2.3 Fase de madurez.....	41
4.2.4 Fase de cosecha.....	42
4.3 Caracteres cuantitativos en Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	47
4.3.1 Fase de plántula.....	47
4.3.2 Fase de floración.....	51
4.3.3 Fase de cosecha.....	54
5. CONCLUSIONES.....	61
6. RECOMENDACIONES.....	61
7. Bibliografías.....	62
8. Anexos.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de Germinación en los genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	24
Figura 2. Riego de forma manual y por surco en fase de plántula de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	24
Figura 3. Genotipos irradiados y testigos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) utilizados para la siembra. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	27
Figura 4. Toma de datos en fase de plántula para las variables emergencia, altura, color de hipocótilo y cotiledones frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis2013.....	28
Figura 5. Toma de datos en fase de floración para las variables días a antesis, número de nudos, color de tallo, longitud, ancho y color de hoja, altura de la planta color de las partes de la flor y tipo de ramificación de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	30
Figura 6. Toma de datos en la fase de maduración para las variables días a madurez fisiológica, distribución de las vainas en la planta, duración de la madurez y color de vaina madura de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	31
Figura 7. Toma de datos en la fase de cosecha para las variables longitud y ancho de vaina, color, perfil, ápice, número de granos por vaina en la planta frijol y color de semilla (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	32
Figura 8. Días a floración y días a antesis en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	34
Figura 9. Coloraciones presentadas en el hipocótilo y cotiledones en cuatro genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	36
Figura 10. Color predominante de las alas en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	36

- Figura 11. Color predominante del limbo del estandarte en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 37
- Figura 12. Color del limbo de estandarte en cuatro genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 37
- Figura 13. Coloración del cuello del estandarte de la flor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 38
- Figura 14. Coloración del cáliz de la flor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 38
- Figura 15 Hábito predominante de crecimiento del tallo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 40
- Figura 16. Tipo predominante de ramificación en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 41
- Figura 17. Perfil predominante de la vaina en un genotipo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 43
- Figura 18. Ápice de la vaina en 3 genotipos de frijol mejorado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 43
- Figura 19. Color primario de la semilla de los genotipos de frijol mejorado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 44
- Figura 20. Presencia de color alrededor del hilo en dos genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 45
- Figura 21. Forma de la semilla de 7 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013..... 46
- Figura 22. Longitud y ancho de hoja en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013..... 49

Figura 23. Plantas fuera de tipo de cuatro genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en fase de plántula. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	50
Figura 24 y 25. Medias de alturas para los 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	52
Figura 26. Número de Nudos en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	53
Figura 27. Longitud y ancho de hojas en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	54
Figura 28. Promedio para la variable Ancho de Vainas en centímetros de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en Fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	55
Figura 29. Promedio para la variable Número de Vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en Fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	56
Figura 30. Promedio para la variable Peso de 100 Semillas en gramos de los genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en Fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	57
Figura 31. Número de plantas que sobreviven por unidad de área de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en Fase de Cosecha. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Insecticidas y fungicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. CCAA-UES. Tesis 2013.....	25
Cuadro 2. Número de plantas fuera de tipo en 4 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción de las principales variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cultivados en el país. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	72
Anexo 2. Análisis bromatológico de harina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	73
Anexo 3. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	73
Anexo 4. Requerimientos hídricos del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	74
Anexo 5. Mapa de ubicación de Estación Experimental 1 de CENTA. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	74
Anexo 6. Distribución de los tratamientos en campo. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	75
Anexo 7. Análisis de suelo de parcela. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	76
Anexo 8. Panfleto de LiquidFeed® aminoácidos y MultiFeed® Leguminosas aplicados en fertilización foliar. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	77
Anexo 9. Resultados del análisis fitopatológico realizados por el Laboratorio de Parasitología vegetal de CENTA. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	78
Anexo 10. Forma para realizar el análisis de multivarianza en programa SPSS 21. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	79
Anexo 11. Cuadro de colores recopilado por Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en base a la Tabla Munsell, utilizado para la caracterización de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	80
Anexo 12. Estructura de la plántula de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81

Anexo 13. Componentes de la hoja de frijol y la determinación de su longitud y anchura. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81
Anexo 14. Esquema de los cuatro tipos de crecimiento de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81
Anexo 15. Formas predominante del perfil de la vaina. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81
Anexo 16. Formas predominantes del ápice de la vaina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81
Anexo 17. Formas que presenta la semilla de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	81
Anexo 18. Fenología de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) irradiados y sus respectivos testigos en la búsqueda de tolerancia a la sequía. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	82
Anexo 19. Cuadro resumen de la fenología de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) expresado en días después de la siembra. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	83
Anexo 20. Análisis de varianza para la variable Días a Floración en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	83
Anexo 21. Análisis de varianza para la variable Días a Antesis en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	83
Anexo 22. Prueba de Comparaciones múltiple para la variable Días a Antesis de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	84
Anexo 23. Análisis de varianza para la variable días a madurez fisiológica de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	84
Anexo 24. Análisis de varianza para la variable días a cosecha de 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	84

Anexo 25. Resumen de los resultados de variables cualitativas de los 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	85
Anexo 26. Color predominante del hipocotilo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	86
Anexo 27. Color predominante de los cotiledones en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	86
Anexo 28. Color predominante de las alas en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	86
Anexo 29. Color predominante del limbo del estandarte en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	86
Anexo 30. Color predominante del cuello del estandarte en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	87
Anexo 31. Color predominante del cáliz en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	87
Anexo 32. Hábito predominante de crecimiento del tallo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	87
Anexo 33. Color predominante del tallo principal en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	87
Anexo 34. Tipo predominante de ramificación en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	87
Anexo 35. Color predominante de la hoja en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	88
Anexo 36. Color predominante de las vainas en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	88

Anexo 37. Distribución predominante de las vainas en las plantas en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	88
Anexo 38. Color predominante de la vaina seca en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013...88	88
Anexo 39. Perfil predominante de la vaina en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	88
Anexo 40. Tipo predominante del ápice de la vaina en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	89
Anexo 41. Color primario de la semilla en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	89
Anexo 42. Patrón de distribución del color primario de la semilla en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	89
Anexo 43. Color secundario de la semilla en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	89
Anexo 44. Presencia de color alrededor del hilo de la semilla en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	89
Anexo 45. Forma predominante de la semilla en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	90
Anexo 46. Cuadro resumen de características cuantitativas de los 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	90
Anexo 47. Análisis de varianza para la variable longitud del hipocótilo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	91
Anexo 48. Longitud promedio del hipocótilo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	91

Anexo 49. Análisis de varianza para la variable longitud del epicótilo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	91
Anexo 50. Longitud promedio del epicótilo en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	92
Anexo 51. Análisis de varianza para la variable longitud de Hojas Primarias en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	92
Anexo 52. Análisis de varianza para la variable Ancho de Hojas Primarias en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	92
Anexo 53. Análisis de varianza para la variable Acame en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	93
Anexo 54. Prueba de comparaciones múltiple para la variable Acame en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	93
Anexo 55. Análisis de varianza para la variable Número de Nudos en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	93
Anexo 56. Análisis de varianza para la variable Longitud de Hoja en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	94
Anexo 57. Análisis de varianza para la variable Ancho de Hoja en 8 genotipos de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.....	94
Anexo 58. Análisis de varianza para la variable Longitud de Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	94

Anexo 59. Prueba de comparaciones múltiples para la variable Longitud de Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	94
Anexo 60. Análisis de varianza para la variable Ancho de Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	95
Anexo 61. Prueba de comparaciones múltiples para la variable Ancho de Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	95
Anexo 62. Análisis de varianza para la variable Número de Vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	95
Anexo 63. Prueba de comparaciones múltiples para la variable Número de Vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	95
Anexo 64. Análisis de varianza para la variable Número de semillas por Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	96
Anexo 65. Prueba de comparaciones múltiples para la variable Número de semillas por Vainas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	96
Anexo 66. Análisis de varianza para la variable Peso de 100 semillas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	96
Anexo 67. Prueba de comparaciones múltiples para la variable peso de 100 semillas de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	96
Anexo 68. Análisis de varianza para la variable Rendimiento de 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	97

Anexo 69. Análisis de varianza para la variable número de plantas que sobrevivieron por unidad de área en 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	97
Anexo 70. Prueba de comparaciones múltiples para la variable número de plantas que sobrevivieron por unidad de área en 8 genotipos de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.....	97
Anexo 71. Registros de Temperaturas Máximas, mínimas y medias; Humedad relativa, Precipitación diaria y luz solar por MARN.CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.....	98
Anexo 72. Glosario.....	100

INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol es de gran importancia y constituye la base de la alimentación a nivel mundial y especialmente a nivel nacional, ya que posee un alto contenido de proteína vegetal de buena calidad (22.1%), grasas (1.7%), carbohidratos (61.4%) y alto contenido de aminoácidos esenciales. Se considera un alimento de bajo costo, alto valor nutricional y que genera ingresos a los productores dedicados a este cultivo. (Rosas, citado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez 2005).

En América Latina, el 60% de los campos agrícolas sembrados con frijol común sufren de estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo (Hernández Ríos *et al.* 2003), causando bajos rendimientos y adicionalmente a esto, se suma el hecho que se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables en la mayoría de las zonas productoras, por lo cual los rendimientos no son alcanzados.

En El Salvador, los cambios climáticos han sido bastante marcados, tal es el caso del año 2012 donde se registró una canícula de hasta 27 días en la zona oriental del país (SNET y MARN 2013), que provocó bajos rendimientos en la producción, registrando pérdidas por sequías del 7% que equivalen a 98 mil quintales (CRS *et al.* 2012), de los más de 100,000 QQ que se redujeron en la producción del 2011/2012 (1,426,391 QQ) (MAG y DGEA 2013).

Para el país el cultivo del frijol es de mucha importancia, ya que forma parte de la dieta alimenticia de los salvadoreños; además genera fuentes de empleo y un sistema de subsistencia para las familias del área rural. Su índice de producción ha venido decreciendo, ya que actualmente está siendo afectado por irregularidades del ambiente. Debido a estos sucesos, en otros países se han realizado estudios de mejora genética en la búsqueda de resistencia a sequía en muchos cultivos, especialmente en maíz y trigo. A nivel nacional, las investigaciones sobre materiales de frijol tolerantes a sequía son pocas, por lo que es necesario buscar alternativas tecnológicas que le permitan al agricultor la disponibilidad de este tipo de materiales.

Para dar respuesta a esta problemática, se hizo uso del mejoramiento genético, basado en la obtención de genotipos mutados a partir de irradiaciones con Cobalto 60 en materiales criollos (Rojo de Seda y Vaina Blanca) y mejorados (Chaparrastique y Ferromás), con sus respectivos testigos para caracterizarlos morfoagronómicamente, determinando los genotipos que toleraron la sequía y describir su comportamiento fenológico.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Origen y distribución.

Las investigaciones arqueológicas indican que el frijol común (*Phaseolus vulgaris*), es originario del continente americano. Se han encontrado evidencias, con antigüedad de 5,000 a 8,000 años, en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú. Existe un acuerdo relativo que indica a México como su lugar de origen, que también se disputa el Perú, por encontrarse allí prototipos de las especies silvestres de los cinco grupos de frijoles más cultivados. Hay evidencias que señalan que en toda Mesoamérica se sembraban los cultivos de frijol, maíz y calabaza, demostrando un rango de antigüedad que va de los 300 a 10,000 años (Voysest 1983).

Se dice que al principio del siglo XVI, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Años después los portugueses lo difunden en varios países Africanos. Con respecto al valor nutritivo, el frijol es considerado como una de las principales fuentes de proteína, especialmente para aquellas poblaciones de bajos recursos y dentro de los productos básicos en la seguridad alimentaria de las áreas rurales y de bajos ingresos (FENALCE 2010).

Durante todo este tiempo ha venido desarrollándose una diversidad de tipos y calidades de frijol; se considera que en total existen alrededor de 150 especies, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como el *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus lunatus* L. (frijol blanco), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari) (SIAP y SAGARPA 2012).

La producción de frijol se reporta en 129 países de los cinco continentes, según la FAO, América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45% de la producción mundial proviene de la región americana, donde es considerado como uno de los productos básicos de la economía campesina (FENALCE 2010).

2.1.1 Filogenia del género *Phaseolus*

La filogenia está basada en clados que son ramas de agrupación de las distintas especies. Estudios morfológicos y moleculares realizados en el género *Phaseolus*, sugieren que la filogenia de este es monofilético y limitado al continente americano, especialmente a las regiones tropicales y templado-cálidas de Norteamérica, este clado quedó definido morfológicamente, por tener pelos encimados en las hojas, quilla con los pétalos apretadamente enrollados en los laterales, nudos de la inflorescencia sin nectarios extra florales y brácteas persistentes (WIKIPEDIA 2013).

2.1.2 Materiales criollos y mejorados de frijol

Dentro del grupo de frijol cultivado se encuentra el frijol criollo y mejorado, los cuales son utilizados para el consumo humano. El frijol criollo (Cuadro A1) surge de manera natural como resultado del proceso evolutivo de domesticación, de manera que también se aprecia una disminución de la diversidad genética en comparación con sus progenitores silvestres. El frijol criollo no ha sido manipulado genéticamente e históricamente ha sido sembrado por los campesinos en forma local a nivel latinoamericano, representando una amplia variedad en la morfología y color de las semillas. Por otro lado, el frijol mejorado (Cuadro A1) ha sido producto del mejoramiento genético a través de selecciones dirigidas por el hombre para obtener las características de su interés, ya sea conferir resistencia a ciertos patógenos, tales como virus, hongos y bacterias, o incrementar rendimiento y tamaño de la semilla. Las variedades mejoradas han sido generadas por programas de mejoramiento genético mediante la cruce de materiales criollos relacionados genéticamente, los cuales con el tiempo van excluyendo la base genética en la que está basado el mejoramiento, amenazando la base genética de sus antecesoras, de tal manera que la diversidad genética de estos materiales es menor (Harlan, citado por Barajas Moreno s.f.).

Dentro de las características más importantes del frijol cultivado se pueden mencionar que son plantas arbustivas, de poca altura, semillas de rápida maduración, vaina fácil de abrir, planta de vida corta, anual y de tallos frágiles, pedúnculos cortos y grandes, vainas succulentas con dehiscencia no violenta, de grandes semillas y más permeables al agua, además poseen una gran variedad de colores y adaptaciones fisiológicas, aunque estas últimas son debidas a la selección hecha por el hombre (Barajas Moreno s.f.).

2.2 Importancia del cultivo de frijol

2.2.1 Importancia económica

Actualmente, el papel de esta leguminosa como cultivo sigue siendo fundamental para la economía campesina, como una fuente de ocupación e ingreso, así como una garantía de seguridad alimentaria (Hernández Ríos *et al.* 2003).

Según Díaz Gálvez (2001), el frijol es cultivado por agricultores de escala en regiones de América Latina, África y Asia, donde predominan países en proceso de desarrollo en los que se genera aproximadamente el 77% de la producción mundial. Sin embargo, para países desarrollados de Europa y América del Norte, el frijol común es un cultivo de alta tecnología que genera un rubro de exportación de aproximadamente el 23% de la producción mundial.

2.2.1.1 Principales países productores de frijol a nivel mundial

Los principales países productores de frijol en el mundo en el periodo del 2000 – 2010 son: Brasil con 16%, seguido de la India con 15.9%, Myanmar con 10.5%, China con 8.9%, México con 5.8% ocupando el quinto lugar y en sexto lugar los Estados Unidos con 5.6% (SE 2012).

2.2.1.2 Producción a nivel regional

La producción de frijol en El Salvador a nivel regional ocupa el tercer lugar, con producciones entre los 1.4 y 1.8 millones de quintales, en el periodo 2009-2011. En 2012, se lograron cosechar 2.3 millones de quintales. En 2009, el principal productor de frijol fue Nicaragua, con 4.7 millones de quintales, seguido de Guatemala, con 4.2 millones. En 2010 y 2011 Guatemala lideró con 4.3 y 4.4 millones, respectivamente, y Nicaragua reportó 3.1 y 2.9 millones (MAG 2012).

2.2.1.3 Rendimiento a nivel mundial

El rendimiento promedio del frijol a nivel mundial durante el periodo 2000-2009 se situó en 1.27 toneladas por hectárea. De los principales países productores del mundo, sólo Estados Unidos y China obtuvieron un rendimiento superior de 1.86 y 1.53 toneladas por hectárea. Mientras que los países latinoamericanos de mayor producción, como Brasil su rendimiento fue de 0.8 toneladas por hectárea y México con 0.7 toneladas por hectárea (SE 2012).

2.2.1.4 Rendimiento en El Salvador

El rendimiento a nivel nacional en el ciclo 2011-2012 se obtuvo una producción de 1,426,361 QQ en una superficie de 97,624.8 Ha, de la cual se obtuvieron rendimientos en la zona occidental de 13.71 QQ/Ha, 12.43 QQ/Ha para la zona central, en la zona paracentral se obtuvieron 15.71 QQ/Ha y la zona oriental alcanzó los 21.14 QQ/Ha (MAG y DGEA 2013).

2.2.1.5 Usos y demanda de frijol en El Salvador

Los frijoles han formado parte del patrón alimentario de nuestra población durante muchos años y ha sido un alimento básico en la dieta de las personas por milenios y una fuente de proteína para un amplio sector de la población. Es un alimento muy apreciado por su elevado contenido proteico y consumido por los estratos sociales de menor ingreso económico. Es la principal fuente de proteína, hierro y fibra, principalmente en las zonas rurales, salcochado o procesado o como ingrediente en otros alimentos culinarios y tradicionales de nuestro país como: empanadas, pupusas, tamales, nachos, riguas, entre otros (MAG 2007).

Para FUNDE (2006), la estructura comercial del frijol en El Salvador es relativamente compleja. Por un lado tanto la producción como la demanda interna experimentaron un crecimiento anual bastante similar. Para el año 2012 la demanda aparente fue de 1,826,361.00 QQ que es igual a la producción nacional más las importaciones.

2.2.1.6 Importaciones.

Para el año 2012, El Salvador importó un promedio de 400,000 quintales de frijol rojo para suplir la demanda interna. La demanda total de frijol se compone del consumo interno y la demanda para la exportación a los mercados nostálgicos especialmente Estados Unidos que es una demanda creciente. Este frijol fue importado de China, Nicaragua, Honduras y Guatemala (MAG y DGEA 2013).

2.2.1.7 Exportaciones.

La tendencia a las exportaciones es algunas veces debido a la constante alza en los precios del frijol. En los volúmenes exportados es imposible diferenciar cual es de producción local y cual es importado; es decir, parte del frijol importado es reexportado hacia Estados Unidos. Las exportaciones se dan de forma nostálgica en tres tipos: frijol a granel, molido enlatado y frijol molido en bolsa, logrando ingresos de más de 5 millones de dólares (IICA 2009).

2.2.1.8 Consumo Per-cápita.

Los rubros agropecuarios de mayor importancia en términos del valor de su producción siguen siendo los granos básicos, con 21.3%, dentro de estos se encuentra el maíz y en segundo lugar el frijol. El consumo promedio regional de frijol es de 23.4 kilogramos anuales por habitante. Los mayores patrones de consumo son para El Salvador 28.4 kg por habitante y Honduras con 25.7 kilogramos, seguido de Guatemala y Nicaragua que son los que expresan menor consumo (FAO 2012).

2.2.2 Importancia nutricional

Después de la soya y el maní, el frijol es el más importante en cuanto a su contenido proteico. El frijol es una leguminosa que constituye una fuente de proteínas e hidratos de carbono natural; además es abundante en vitamina B como: niacina, ácido fólico y Tiamina; también proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio, calcio y contiene un alto contenido de fibra. El cultivo del frijol presenta características propias y definidas en el marco de la soberanía alimentaria, en virtud de que representa un alimento principal para la población rural y urbana (Cuadro A2) (Sangerman Jarquin 2010).

Además la variabilidad de este grano tan importante con forma característica muy semejante a la de un riñón y que posee tamaño variante desde pequeños hasta significativamente grandes (MAG y CENTA s.f.), permite satisfacer la preferencia por el frijol que cambia de acuerdo a la región (Delgado Salinas 2012).

2.3 El cultivo del Frijol

Es una planta anual, herbácea y termófila, es decir no soporta heladas; se cultiva esencialmente para obtener la semilla, las cuales tienen un alto grado de proteínas con más del 22% (MAG y CENTA1996).

2.3.1 Descripción Morfológica y Biología Floral.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) pertenece a la familia de las *Papilionaceas*, la más numerosa de las leguminosas y a una de las tribus de mayor valor económico como la *Faseoleas*; es una hierba trepadora, con hojas trifoliadas y legumbre dehiscente en dos valvas, su género es el *Phaseolus* y su especie es el *vulgaris*.

Es una planta con germinación epigea (cotiledones arriba del suelo), bractéolas anchas, más cortas o ligeramente más largas que el cáliz, hojas cotiledonares con pecíolo bien desarrollado, semillas lisas, más de 6 por vaina (León 2000).

2.3.1.1 Raíz.

En las primeras etapas de desarrollo el sistema radicular está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. Pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz.

Phaseolus vulgaris presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical, con un diámetro aproximado de 2 a 5 milímetros y son colonizados por la bacteria del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (MAG y CENTA 2008).

En general el sistema radical es superficial ya que el mayor volumen de la raíz se encuentra en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo (Debouck e Hidalgo 1984).

2.3.1.2 Tallo.

El tallo joven es herbáceo y semi leñoso al final del ciclo; es una sucesión de nudos y entrenudos donde se insertan las hojas y los diversos complejos axilares, el tallo o eje principal es de mayor diámetro que las ramas laterales, de color verde rosa o morado, glabro o pubescente, determinado si termina en inflorescencia ó indeterminado si su yema apical es vegetativa. Se inicia en la inserción de las raíces y el primer nudo corresponde al de los cotiledones, esta primera parte del tallo se denomina hipocótilo, en el segundo nudo se presenta el primer par de hojas verdaderas, las cuales son simples y opuestas y reciben el nombre de epicótilo, en el tercer nudo emerge la primer hoja compuesta las cuales son trifoliadas y alternas (COVECA 2011).

El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas. Puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, según el hábito de crecimiento de la variedad; pero en general, el tallo tiende a ser vertical ya sea que el frijol crezca solo o con algún soporte (Brauer 1980).

Las plantas que presentan hábito de crecimiento determinado su altura puede variar entre 30 y 50 centímetros, sin embargo hay casos de plantas enanas (15-25 centímetros). Las de hábito de crecimiento indeterminado siguen creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo bien lento y las de crecimiento prostrado indeterminado pueden alcanzar alturas superiores de 80 centímetros (Debouck e Hidalgo 1984).

2.3.1.3 Hojas.

Son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, son de poca duración, proveen sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y vellosoidad, esta variación está relacionada con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad (MAG y CENTA 2008).

Los colores varían de verde claro a verde oscuro (según la variedad), también se han observado colores anormales como el variegado (1:3,000 plantas normales). Con frecuencia suelen haber plantas albinas pero como no pueden sintetizar sus propios alimentos mueren en las primeras fases del crecimiento (Brauer 1980).

2.3.1.4 Biología floral del frijol.

La morfología floral del frijol favorece el mecanismo de autopolinización; en efecto, las anteras están al mismo nivel que el estigma y, además, ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Al ocurrir la dehiscencia de las anteras (antesis), habitualmente con las flores aún cerradas, el polen cae directamente sobre el estigma; una vez ocurrida la polinización se produce una rápida apertura de las flores. El androceo está formado por nueve estambres soldados en la base y por un estambre libre llamado vexilar, que se encuentra al frente del estandarte. El gineceo súpero incluye el ovario comprimido, el estilo curvado y el estigma interno (Camilo 2009).

Poco antes de iniciarse la floración, la planta presenta botones florales prominentes; en el caso de los cultivares determinados, las primeras flores en abrir son las correspondientes a los botones ubicados en la parte terminal del tallo principal y de las ramas; posteriormente, la floración se extiende sucesivamente hacia los nudos inferiores de los tallos. En el caso de los cultivares indeterminados, la floración comienza en los nudos reproductivos inferiores del tallo principal y de las ramas, para posteriormente extenderse sucesivamente hacia los nudos superiores (Camilo 2009).

La flor del frijol, que es una típica flor papilionácea, presenta un pedicelo con pelos; y un cáliz que en su base tiene dos bractéolas verdes y ovoides que persisten hasta poco después de la floración. En la corola se pueden distinguir las siguientes partes: el estandarte o pétalo posterior, que es glabro y simétrico, las alas, que corresponden a los dos pétalos laterales y la quilla, que está formada por los dos pétalos anteriores, los cuales se encuentran totalmente unidos. La quilla, que es asimétrica, se presenta en forma de espiral muy cerrada, envolviendo completamente al gineceo y al androceo (Camilo 2009). El color de la flor puede ser morado, blanco y de tonalidades intermedias entre estos, mientras que en *P. coccineus* la tonalidad de sus flores pueden ser rojas o carmesí (Brauer 1980).

La estructura floral impide la polinización cruzada en el frijol, lo cual hace que se le considere como planta autógama. Una vez que los granos de polen se encuentran en el estigma, germinan desarrollando tubos polínicos, algunos de los cuales penetran a través del estigma, estilo y ovario hasta alcanzar los óvulos. Solo un tubo polínico pasa a través del micrópilo y entra en el saco embrionario ocho o nueve horas después de la polinización. En el saco embrionario un núcleo espermático del tubo polínico se fusiona con la célula huevo formando el cigoto, que da origen al embrión, y el otro se fusiona con los dos núcleos polares para dar origen al endospermo; en esta forma se lleva la doble fecundación. Después de la fecundación el endospermo empieza a desarrollarse, pero

cuando es todavía una estructura de pocas células, es destruido por el embrión y queda eliminada en las semillas maduras. A medida que el embrión crece, las paredes del ovario se desarrollan hasta formar el fruto o vaina (Brauer 1980).

2.3.1.5 Fruto y Semillas.

El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos alas (CIAT 2008). La longitud, el ancho y el espesor de la vaina son caracteres de herencia cuantitativa, por lo que es difícil conocer el número de genes que los determinan. El color de las vainas puede ser verde, amarillo, blanco y plateado. Sobre dichos colores pueden presentarse puntos o estrías de color rojo o morado (Brauer 1980)

Las semillas pueden ser redondas, esféricas o arriñonadas, de acuerdo con la variedad del frijol y se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura placentar, están constituidas por dos cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas. Los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos y proteínas y constituyen la parte aprovechable de la semilla. El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior del grano (CIAT 2008).

2.3.2 Ciclo Fenológico

Se refiere a la sucesión de las diferentes etapas de la planta o de uno de sus órganos, durante su desarrollo o ciclo biológico. La sucesión y duración de las diferentes etapas están determinadas genéticamente en cada variedad y se ven afectadas en cierto grado por las condiciones del medio, siendo los factores del clima como temperatura, humedad, duración e intensidad de la luz, los más importantes (COVECA 2011).

Durante el desarrollo fenológico del frijol se desarrollan dos fases, la vegetativa y reproductiva (Figura A3) (MAG y CENTA 1996).

2.3.2.1 Fase vegetativa

Se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones para la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales, en esta etapa se desarrolla la estructura vegetativa que permite la actividad reproductiva de la planta. Las etapas que la conforman son: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada (MAG y CENTA 1996).

2.3.2.2 Fase reproductiva

En esta fase la planta desarrolla los órganos reproductivos y por consiguiente los frutos, llamados vaina en el frijol, es importante destacar que en las variedades con crecimientos

indeterminados, durante la fase reproductiva las plantas continúan generando nuevos nudos, ramas y hojas, que comprende las siguientes etapas: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración (MAG y CENTA 1996).

2.3.2.3 Hábitos de crecimiento

El hábito de crecimiento está determinado por el genotipo e influenciado por los factores ambientales. Los hábitos de crecimiento se pueden agrupar en los siguientes tipos: arbustivo determinado, arbustivo indeterminado (con guía corta o con guía más o menos larga), postrado indeterminado (con guía trepadora o con guía no trepadora), trepador indeterminado (con carga a lo largo de la planta o con carga en los nudos superiores) (CIAT 1993).

2.3.3 Épocas de siembra en El Salvador

El cultivo del frijol se siembra en tres épocas: la de invierno (del 15 de mayo al 15 de junio, cuando las lluvias están bien establecidas), Postrera (del 15 de agosto al 15 de septiembre), esta época está condicionada a la madurez fisiológica del maíz, cuando se siembra en relevo con este cultivo y Apante (la que se efectúa bajo riego o humedad residual y se recomienda hacerla entre el 15 de noviembre y el 15 de diciembre) (MAG y CENTA 1996).

2.3.4 Requerimientos ambientales del frijol

Los factores que más influyen en el desarrollo del cultivo son la temperatura y la luz, tanto los valores promedios como las variaciones diarias y estacionales, teniendo una influencia importante en la duración de las etapas de desarrollo y en el rendimiento del cultivo, debido a que el cultivo de frijol se desarrolla en temperaturas promedio de 15 y 27°C. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración, tomando en cuenta que las temperaturas extremas de 5°C a 40°C pueden ser soportadas por periodos cortos y por tiempos prolongados causan daños irreversibles. También la luz juega un papel muy importante en la fotosíntesis de la planta ya que el frijol es una especie de días cortos y los días largos tienden a causar demora en la floración y la madurez. Cada hora más de luz por día puede retardar la maduración de dos a seis días (Vargas 2013).

El frijol no es tan exigente en suelos, pero debe tener buen drenaje a una elevación entre 400 – 1,200 m.s.n.m. (MAG y CENTA s.f.), se desarrolla en la mayoría de suelos, pero los mejores son los francos: franco arenosos, franco arcillosos, franco limosos. No se recomiendan los excesivamente arcillosos o arenosos carentes de nutrientes.

Generalmente los suelos arcillosos tienen problemas de compactación y drenaje que no permiten un buen desarrollo radicular (Pérez Cabrera y Reyes Castillo 2002).

Los requerimientos de agua varían entre 300 a 400 mm, según la duración del ciclo vegetativo y las características del clima. Las plantas de frijol consumen la mayor cantidad de agua en las etapas de floración y llenado de vainas (Figura A4). En estas etapas la planta de frijol, es más sensible al déficit de agua, afectando seriamente los rendimientos. Por otra parte, el exceso de humedad hace escasear el nitrógeno disminuyendo el desarrollo de la planta, además, se favorece el ataque de gran número de patógenos que causan enfermedades (Hernández Fonseca 2009).

La humedad tiene una acción negativa sobre los rendimientos de frijol (en forma de lluvia, neblina o humedad atmosférica), favoreciendo la proliferación de insectos y enfermedades. Sin embargo, durante la floración, la falta de cierto grado de humedad en el ambiente a los 30 – 40 cm sobre el suelo, afecta la polinización y por consiguiente la disminución del rendimiento. En consecuencia, es un cultivo que no resiste heladas, sequías, ni lluvias prolongadas (Pérez Cabrera y Reyes Castillo 2002).

2.4 Genética del frijol.

El frijol común presenta un alto nivel de diversidad genética, en comparación con otras especies de autofecundación (Gepst, citado por Moore y Ming 2008).

2.4.1 Número de cromosomas del frijol.

Las células somáticas de la mayoría de las especies eucarióticas tienen dos juegos de cromosomas, se trata de especies diploides, con un juego de cromosomas materno y otro paterno. El número de cromosomas se denomina número diploide y se representa como $2n$, por tanto el frijol tiene un total de 22 cromosomas ($2n$) (Brauer 1980).

Los cromosomas son de tamaño pequeño y similar en morfología. Por lo tanto, no había sido posible durante mucho tiempo reconocer todos los pares de cromosomas. A pesar de que el frijol común, como otras especies del género, desarrolla grandes cromosomas politénicos en las células suspensoras del proembrión inmaduro, estos cromosomas no son muy adecuados para los estudios citogenéticos detallados, ya que las cromátidas hermanas endorreduplicadas no forman parejas a lo largo de toda su longitud, dando a estos cromosomas un aspecto suelto (Gepts, citado por Moore y Ming 2008).

2.4.2 Mapa genético del frijol

Varios tipos de poblaciones se han utilizado para la vinculación del mapeo en los frijoles comunes. En cuanto a la estructura de la población, los primeros mapas moleculares en

frijol común se basaron en primera retrocruza y en generación F2, pero en comparación con otras especies de cultivos, la elaboración de mapas genéticos en *P. vulgaris* no ha utilizado muchos cruces interespecíficos para la construcción de mapas de ligamiento a excepción de la introgresión de algunas resistencias a las enfermedades (Gepts, citado por Moore y Ming 2008).

El tamaño del genoma del frijol es de aproximadamente 600 millones de pares de bases distribuidas en 11 cromosomas, estructura similar a la de la soya. El tratar de tener una semilla más resistente a los factores como los ataques de plagas, sequías, heladas, suelos ácidos y el cambio climático, es una de las razones por las que se planteó la posibilidad de tener el mapa genómico del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) (Serrano 2012).

El frijol común tiene alrededor de 26 mil 500 genes; esto indica cómo están organizados para entender su evolución, su diversificación y cómo mejorar la planta para aumentar la resistencia a diferentes factores bióticos y abióticos, e incluso, cómo diseñar programas dirigidos a preservar su diversidad para las generaciones futuras (Serrano 2012).

2.5 Mejoramiento genético del frijol.

En los programas de mejoramiento de Novak y Brunner, citado por Pabón Calderón (2011), afirman que es necesario contar con una amplia base genética que garantice suficiente variabilidad para tener probabilidades de seleccionar los genotipos. Este programa consiste en tres fases: generación de la variabilidad genética, selección de genotipos, y evaluación de los genotipos seleccionados con caracteres agronómicos ideales. Adicionalmente, se requiere un sistema que involucre herramientas complementarias al sistema de mejora convencional, en el que se encuentran el cultivo de tejidos *in vitro*, la inducción de mutaciones y la transformación genética.

En la actualidad la tecnología de Organismos Genéticamente Modificados (OGM) está siendo muy utilizada y se diferencia de la mutación inducida ya que en éste método no se introduce material genéticamente modificado ajeno a la planta. Lo único que hace esta herramienta es reorganizar su identidad genética para mejorar, por ejemplo su rendimiento, su sabor, su tamaño o su resistencia a plagas y patógenos. Además esta técnica no deja radiación residual en la planta (Pabón Calderón 2011).

2.5.1 Cultivos *in vitro*

El cultivo de tejidos vegetales, es un conjunto de técnicas que permiten el cultivo en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos empleando medios nutritivos artificiales (Jiménez, citado por Pérez Pérez s.f.).

La habilidad de hacer que células de plantas formen órganos y hasta plantas enteras es una importante herramienta en el mejoramiento de cualquier especie, permitiendo el acceso a técnicas como mutagénesis *in vitro*, selección *in vitro*, utilización de variantes somaclonales, rápida micropropagación y en especial la transformación genética (Gamborg y Phillips, citado por Pérez Pérez s.f.).

El cultivo de tejidos y la regeneración *in vitro* de plantas en *Phaseolus sp.*, ha tenido serias dificultades desde los primeros intentos realizados en *P. vulgaris* por Hildebrandt desde 1963 hasta 1975 y Crocomo en 1976. Desde entonces se carece de un protocolo eficiente para la embriogénesis somática y la organogénesis (Santangelo y Dillen *et al.*, citado por Pérez Pérez s.f.).

2.5.2 Transformación genética

Es la transferencia de un fragmento de ADN de un genoma donador a través de la membrana celular de la célula receptora y la incorporación del fragmento en el genoma de esta célula. Generalmente se da cuando el ADN donador y el receptor son de la misma especie, pero no siempre ocurre así. La incorporación se lleva a cabo cuando parte del ADN de la célula receptora es reemplazado por el ADN donador a través de una recombinación (Jenkins 1986).

2.5.3 Mejoramiento genético mediante la inducción a mutación

Las mutaciones son fuente de variabilidad genética en los organismos. La variabilidad causada por las mutaciones inducidas no es esencialmente diferente de la causada por las mutaciones espontáneas durante la evolución. El uso directo de las mutaciones es una herramienta muy valiosa para el mejoramiento de plantas, particularmente cuando se desea mejorar uno o dos caracteres fácilmente identificables en una variedad bien adaptada (Suaréz Crestelo 2006).

2.6 Mutaciones genéticas

Son los factores determinantes de la evolución y los cambios que provocan en la herencia para que un organismo estuviese mejor adaptado al medio ambiente o a cualquier condición desfavorable, dando por resultado su sobrevivencia o su desaparición (Brauer 1980). También se denominan mutaciones a las variaciones bruscas, discontinuas, aleatorias y heredadas. De igual forma se define como un cambio repentino en un gen en particular, y al individuo que manifiesta el cambio se le denomina mutante. La variación también puede ser causada por alteraciones cromosómicas en las que no solo intervienen genes particulares, como la haploidia, poliploidia o heteroploidia. La variación puede ser el resultado de cambios en el número o en el ordenamiento de los

genes, por duplicación, deficiencia, translocación o inversión, asimismo puede ser el resultado de cambios hereditarios en el citoplasma, como lo prueban varios citoplasmas de maíz que conducen a la esterilidad masculina (Jugheneimer 1981).

2.6.1 Mutaciones y cambios fenotípicos

No todas las mutaciones son detectadas inmediatamente; quizá la gran mayoría son recesivas y deben ser homocigóticas para que puedan expresarse, por lo que las semillas irradiadas deben ser llevadas a una segunda generación para que puedan manifestarse las mutaciones (Granados Vásquez 1966), tomando en cuenta que el efecto fenotípico es la única evidencia realmente observable de la mutación; sin embargo, un cambio fenotípico repentino que se prueba que es heredado, constituye una indicación aceptable de que ocurra una mutación en un organismo (Sinnott *et al.*1961).

2.6.2 Mutaciones Naturales

Las mutaciones naturales son las que se presentan cuando los cambios discontinuos del genotipo ocurren en animales y plantas en condiciones normales del medio ambiente en que se desarrollan los organismos (Guzmán Medrano s.f.).

Por ejemplo Strikberger, citado por Jugheneimer (1981), investigó las frecuencias de mutaciones naturales en maíz, pero este tipo de mutación generalmente no ocurre con la frecuencia suficiente para proveer la cantidad y los tipos de variación que se desearían en un programa de mejoramiento. Por lo cual, surge el uso de varios agentes mutagénicos en un esfuerzo por producir mutaciones inducidas favorables con frecuencias elevadas (Jugheneimer 1981).

También en el café arábico se conocen mutaciones, la que determina el cambio de color de los frutos, que es normalmente rojo a amarillo brillante y que no parece afectar otros caracteres. El café Maragojipe apareció solo una vez en Brasil y se diferencia de la población original por tener porte más alto y menos ramificado, hojas más grandes, pendientes y de base más ancha, flores y frutos más grandes y en menor número. El café Caturra desarrolla entrenudos más cortos de lo normal, con mayor rendimiento y precocidad. Asimismo en tomate la producción de frutos en áreas en que no existen los polinizadores naturales se debe a la aparición de mutantes con estilo corto lo que facilita la autopolinización. Del mismo modo la naranja sin semilla es producto de mutaciones, ya que en Brasil, en un naranjo dulce del cultivar selecta apareció una rama de frutos sin semilla, con ombligo y otras características diferentes. Este se propagó por yemas y se estableció el nuevo cultivar Washington Navel (León 2000).

2.6.3 Mutación inducida.

Es aquella que se presenta por la influencia de ciertas sustancias químicas o formas de energía cuya intensidad y duración son reguladas artificialmente (Orellana Núñez 2012). Los agentes de mutaciones artificiales o inducidas son llamados mutágenos y se pueden agrupar en dos categorías: mutágenos físicos y mutágenos químicos (Acquaah 2008) que son utilizados para la generación de variabilidad y son capaces de alterar o cambiar la información genética de un organismo y ello incrementa la frecuencia de mutaciones por encima del nivel natural (Konzak *et al.*, Citado por Pabón Calderón 2011).

Cuando aparecen mutaciones en una población, ya sea en forma natural o inducidas artificialmente, y lo mismo cromosómicas que génicas, es frecuente que sean recesivas. En una población de plantas autógamas basta dejar que las plantas se reproduzcan naturalmente durante varias generaciones hasta que las posibles mutaciones, ocultas por ser recesivas, hayan tenido oportunidad de recombinarse y estabilizarse en forma homocigótica para poder entonces, hacer la selección (Brauer 1980).

2.6.3.1 Agentes inductores

Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre las plantas fueron estudiadas por primera vez en 1908. Pero no fue hasta 1927 que Müller descubrió la posibilidad de emplear la radiación para aumentar la variabilidad de plantas, e inmediatamente puesta en práctica por genetistas y fitogenéticos suecos, alemanes y rusos. Los informes de la aparición de mutantes fue en 1939 y el crédito de la percepción de las potencialidades de la radiación como instrumento en el mejoramiento de plantas se debe a los rusos Delaunay y Sapehin (Elliot 1964), que tiene por objeto producir mutaciones en forma artificial y aprovechar alguna de ellas que sean de carácter importantes (CENTA 1977).

Las mutaciones genéticas han sido inducidas artificialmente con varios agentes, con radiaciones de varios tipos y algunas sustancias químicas, estos son los principales agentes que ahora disponemos para aumentar la variabilidad de las plantas en el grado deseado para selección y mejoramiento. No obstante, se ha demostrado que factores tales como la edad, la hibridez, temperatura, entre otros ocasionan algún aumento en la frecuencia de mutaciones, aunque no lo suficiente para que sea práctico (Elliot 1964). Cabe mencionar que este autor asegura que al fitotecnista le interesan solo mutaciones benéficas y, de ser necesarios puede cultivar las plantas mutantes hasta que las características deseadas puedan ser transferidas a estirpes adaptados. En forma similar, las mutaciones que en un ambiente aparecen como destructivas pueden, en otras condiciones, conferir a la planta una adaptabilidad superior. Aunque en la actualidad las posibilidades de inducir mutaciones exitosas son mayores en algunos cultivos que en

otros. Esto debe de ser considerado desde los puntos de vista del material progenitor, su nivel de reproducción, entre otros. Se ha obtenido un éxito considerable con especies diploides autógamas tales como cebada y chícharo.

2.6.3.1.1 Mutágenos químicos

Se conocen varios productos químicos que son mutagénicos, clasificándose según su modo de acción de acuerdo a Novak y Brunner, citado por Pabón Calderón (2011); entre estos están los Análogos de bases que debido a su similitud estructural como el 5-Bromo uracilo o la 2- Aminopurinas que incorporan el ADN que se replica en lugar de las bases correspondientes timina y adenina. Cuando uno de estos análogos de bases se incorpora en el ADN, la replicación puede ocurrir normalmente aunque ocasionalmente, ocurren errores de lectura que resultan en la incorporación de bases erróneas en la copia de ADN. También existen agentes que reaccionan con el ADN, para los cuales hay una serie de agentes químicos que reaccionan directamente sobre el ADN que no se está replicando ocasionando cambios químicos en las bases, lo que provoca un apareamiento incorrecto, por ejemplo el ácido nitroso (HNO_2), deamina la adenina a hipoxantina y la citosina a uracilo, debido a las distintas propiedades de apareamiento de los productos de aminación, se producen transiciones.

La Hidroxilamina (NH_2OH) reacciona con la citosina donde el grupo amino es reemplazado por un grupo hidroxilamino. Este derivado de la citosina se aparea con adenina produciéndose transiciones GC---->AT. Los agentes alquilantes son otro grupo de productos químicos que afectan al ADN que no se replica y que incluyen el etil metano sulfonato (EMS), metil metano sulfonato (MMS), dietil sulfato (DES), diepoxibutano (DEB), Nmetil-N-nitro-N-nitrosoguanidina (NTG), N-metil-N-nitroso urea y gas mostaza. Además están los agentes intercalantes como las acridinas y bromuro de etidio que son moléculas planas que se insertan entre dos pares de bases del ADN, separándolas entre sí. Durante la replicación, esta conformación anormal puede conducir a microinserciones o microdelecciones en el ADN.

2.6.3.1.2 Mutágenos físicos

Son las radiaciones ionizantes y una de las limitaciones claves de estos es su procedencia, ya que se necesita equipo e instalaciones especializados para la aplicación de los Rayos X basados en radiaciones nucleares (Acquaah 2008).

Los Rayos X es la radiación electromagnética que penetra los tejidos desde pocos milímetros a varios centímetros. Fueron los primeros en utilizarse para inducir mutaciones (Acquaah 2008). La utilización de estos ha recorrido un largo camino para convertirse en

una herramienta real no solo en el mejoramiento de cultivos sino también en la búsqueda básica en el genoma de la planta, estructura y sus funciones (Ceccarelli *et al.* 2009). Además las mutaciones inducidas por rayos X son generalmente irreversibles, es decir que no mutan de nuevo al tipo original, como lo hacen muchas mutaciones espontáneas (Sinnott *et al.* 1961).

Los Rayos gamma son un tipo de radiación electromagnética, que debido a las altas energías que poseen constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. La radiación gamma es de naturaleza similar a la luz visible o a las ondas de radio, la única diferencia es que tiene una longitud de onda muy corta y, por tanto, un nivel de energía más alto que la luz. Estas diferencias facilitan la penetración profunda de la radiación gamma dentro de ciertos materiales (Rangel Urrea s.f.).

La exposición de rayos gamma o rayos X en semillas secas es el método más conveniente para crear variabilidad genética en especies de leguminosas. Sectores irradiados de clorofila aparecen en las primeras hojas verdaderas después de la germinación en las plantas leguminosas que pueden utilizarse en el monitoreo de efectos de radiación y de mutágenos químicos (Ceccarelli *et al.* 2009). En trabajos de radiobiología, las principales fuentes de irradiación utilizadas son el Cesio 137 y el Cobalto 60. El Cesio 137 es usado en muchas investigaciones teniendo en cuenta que tiene una vida media más larga que el Cobalto 60 (Elliot 1964).

La radiación ultravioleta tiene limitada habilidad de penetración en los tejidos por lo que su uso en experimentos biológicos está restringido al tratamiento de esporas o granos de polen (Elliot 1964).

Uno de los cultivos mejorados por inducción a mutaciones es la cebada donde se trataron varios lotes de semilla con diferentes dosis de radiaciones gamma, con la idea que debería ser posible conservar la buena calidad de las variedades originales y obtener mutantes cuya espiga fuese menos frágil. Fue posible obtener mutantes que, conservando la calidad en las variedades originales, tienen una espiga más fuerte y que no se desprende con facilidad al ser cosechada (Brauer 1980). Para el éxito de estos trabajos es indudable que el sistema de selección empleado, es un factor muy importante en la eficiencia del método. También Gregory, citado por Jugheneimer (1981), indujo un notable incremento en la variación genotípica del rendimiento de cacahuates mediante el tratamiento de la semilla con rayos X, informó de efectos depresores de los rayos X sobre el rendimiento medio de los cacahuates. Otros investigadores han obtenido resultados

similares en arroz, frijoles de soya, avena y trigo. Además Singleton, citado por Jugheneimer (1981), dedico considerable tiempo y esfuerzo al estudio de la radiación gamma sobre la frecuencia de mutaciones y utilizó una fuente radioactiva de Co60 en maíz.

2.7 Cambio Climático.

Es la variación global del clima de la Tierra, debido a causas naturales y a la acción del hombre. Se producen a diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. (MAGRAMA 2013).

2.7.1 Efectos del cambio climático

El cambio climático ha provocado grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor, además del incremento de las temperaturas, deshielo, aumento en el nivel del mar, fenómenos meteorológicos extremos, pérdidas económicas, emigración, extinción de especies y enfermedades. En definitiva, no es un fenómeno sólo ambiental si no de profundas consecuencias económicas y sociales (MAGRAMA 2013); teniendo un impacto mayor en las poblaciones más pobres (Yadav *et al.* 2010).

De acuerdo a los registros del MARN (2013), en las últimas seis décadas la temperatura promedio anual en El Salvador aumentó más de 1.3°C y los escenarios climáticos apuntan a aumentos de entre 2°C y 3°C adicionales en las siguientes seis décadas, dependiendo de los esfuerzos que se realicen para mitigar el calentamiento global. El aumento de temperatura, junto con los significativos cambios que se prevén en los patrones de precipitación, tiene implicaciones serias para la disponibilidad hídrica, aumento en el nivel del mar, la agricultura, la seguridad alimentaria, la salud y otros ámbitos esenciales para el desarrollo económico y el bienestar de la población salvadoreña.

Los registros anteriores indican que el aumento de la sequía no será el resultado sólo de una menor precipitación anual, sino también de un patrón de distribución estacional diferente, con lluvias torrenciales e irregulares de escasa utilidad para el rendimiento del ecosistema, que tenderán a aumentar durante el invierno, seguidas de largos períodos secos, que tenderán a aumentar durante el verano (Reichstein *et al.*, citado por Valladares 2004). Además, la disponibilidad real de agua para las plantas disminuirá durante el siglo XXI debido al incremento de evapotranspiración como consecuencia del incremento de temperatura, añadiéndole una notable fluctuación interanual en los regímenes de temperaturas y lluvias, lo cual magnifica el efecto del estrés hídrico al ser

poco o nada predecible cuándo, con qué intensidad y bajo qué temperaturas tendrá lugar la sequía. Esta escasa predecibilidad climática hace difícil que los organismos puedan anticiparse al momento más adverso y estar fisiológica y morfológicamente bien preparados (IPCC, citado por Valladares 2004).

2.7.2 Sequía.

La sequía desde el punto de vista agronómico ocurre cuando la precipitación y humedad del suelo son insuficientes durante el crecimiento y desarrollo de la planta, afectando al sector agrícola no sólo en la productividad de los cultivos, sino también en la seguridad alimentaria y la economía nacional (Guriqbal *et al.*, citado por Yadav 2010). Para Mujica *et al.* (s.f.) la sequía es un déficit de humedad de las plantas que afectan la producción y si este es demasiado severo, puede ocurrir la muerte paulatina e irreversible de la planta si no cuenta con mecanismos de defensa o tolerancia, resistencia o evasión. Sojka *et al.*, consultados por Juárez (1989), hacen énfasis en la resistencia a la sequía como la capacidad de la planta para minimizar las pérdidas en el rendimiento ocasionadas por una escasa disponibilidad de agua en el suelo. De acuerdo a este concepto la variedad más resistente al estrés no será necesariamente la más productiva en condiciones de sequía, si no la que disminuye en menor proporción el rendimiento respecto del testigo.

Christiansen y Lewis (1987), asegura que la tolerancia a sequía está relacionado con un ambiente desfavorable por falta de humedad y a la vez se refiere a la capacidad de un genotipo que puede ser más productivo que otro, con una determinada cantidad de humedad del suelo.

2.7.2.1 Efecto de la tensión hídrica sobre el rendimiento y sus componentes morfológicos.

La reducción en el rendimiento depende del momento en que se presenta la tensión hídrica, es decir que hay una disminución y duración en la disponibilidad de agua que la planta necesita (Doss *et al.*, citado por Aguilar Sanmiguel 1986). Pero Sekhon *et al.*, citado por Yadav *et al.* (2010), mostraron que no todas las funciones de la planta se ven afectados de manera similar ya que el alargamiento de las células y la fijación de nitrógeno son más susceptibles que la fotosíntesis y la translocación, es decir que según Slatyer, citado por Aguilar Sanmiguel (1986), son tres etapas claves las que son más afectadas, la iniciación floral y el desarrollo de la inflorescencia, antesis, fertilización y llenado de grano, afectando los componentes de rendimiento (biomasa total, biomasa vegetal, número de semillas, peso de la semilla y contenido de agua). Además se ha demostrado que los rendimientos son afectados con un déficit hídrico por más de 17 días en la fase fenológica. Por lo tanto Yadav *et al.* (2010), afirma que bajo condiciones de

sequía las variedades de corta duración generalmente se desempeñan mejor que los de larga duración, que podría ser debido a su capacidad para escapar de la sequía terminal.

2.7.2.2 Efecto de las temperaturas

En estudios realizados por Omae *et al.* (2012), se reportó que las temperaturas transitorias o constantemente altas causan una gran variedad de cambios morfoanatómicos, fisiológicos y bioquímicos en las plantas, que afectan el crecimiento y desarrollo de las mismas y puede conducir a una reducción drástica en el rendimiento económico.

En El Salvador la afectación del fenómeno de la sequía puede detectarse en los Departamentos de San Miguel, La Unión y Usulután. Esto no quiere decir que sean los únicos departamentos afectados, pero sí son representativos y han sido afectados por desastres a causa de la sequía débil, moderada o fuerte (MARN 2013).

2.7.2.3 Mecanismos para soportar la sequía.

Según Mujica *et al.* (s.f.), los mecanismos de defensa para soportar el déficit de humedad se pueden clasificar como:

Mecanismos de tolerancia: le permiten mantener la capacidad de tolerar o soportar la sequía, ya sea por una menor pérdida de agua por los estomas o aumentando la capacidad de absorción de humedad tanto del suelo como del ambiente. Aunque el control estomático es un mecanismo muy eficiente para evitar la pérdida de agua, sólo puede utilizarse a corto plazo, pues, a la larga, resulta contraproducente por el efecto que tiene el cierre estomático en la disminución de la productividad, ya que los estomas deben cerrarse para no perder agua, pero ello implica que ingrese menor cantidad de CO₂ (Adaptación de las...s.f.).

Mecanismos de resistencia: le permiten resistir el déficit de humedad debido a mecanismos controlados por genes involucrados directamente en el proceso de síntesis de proteínas y almidones o por genes acondicionadores que le dan a la planta características especiales de resistencia al déficit hídrico, las cuales pueden ser transmitidas a sus descendientes (Adaptación de las... s.f.).

Mecanismos de evasión: es otro tipo de estrategia, no considerado por muchos autores como de auténtica resistencia al déficit hídrico, y que se conoce también como escape a la sequía, y permite eludir y escapar de los efectos de la sequía debido a características propias de un cultivar tales como una maduración temprana (precocidad), así como mayor exploración de agua en las profundidades por las raíces (Valladares 2004).

2.7.3 El clima en Centro América

Para el clima del año 2012, con el retiro del fenómeno de La Niña en el segundo trimestre, se dio un inicio normal de las lluvias en mayo. Sin embargo, las lluvias en junio y julio fueron muy deficitarias; en junio fueron 38% por debajo del promedio, y fue el tercer mes más seco en 42 años de registro. Luego en julio, la canícula fue especialmente pronunciada en el oriente del país, con varias zonas registrando una sequía fuerte. El Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), publicaron su “Perspectiva de Clima” para agosto-octubre 2012 y proyectaron lluvias bajo lo normal para el oriente y para la franja sur paracentral y central del país. Partes sustanciales de Honduras y Nicaragua también estaban con la expectativa de lluvias bajo lo normal (Ángel 2012).

En El Salvador, según el MARN (2013), la amenaza climática ya es muy significativa y crecerá mucho más en las próximas décadas, en cuanto a temperatura promedio, nivel del mar, variabilidad climática creciente con alteraciones radicales en los patrones de lluvia y en la frecuencia, duración, intensidad y ubicación de eventos climáticos extremos.

Según el MARN (2012), la Temperatura promedio para el año 2002 fue de 23°C a 27°C, la Precipitación fue de 1,724 mm y la Humedad Relativa en un promedio de 60% y 70%, que en comparación del año 2012 se presentaron temperaturas entre 23.6 °C y 27.4°C.

2.7.4 Pérdidas en la producción de frijol en Centro América por factores climáticos.

De acuerdo al CRS *et al.* (2012), el frijol es muy sensible al estrés por sequía y a las altas temperaturas, en especial las nocturnas, que reducen la floración y por ende la producción. Bajo los futuros escenarios climáticos previstos, la producción de frijol en América Central se podría reducir en más de un 20%, con pérdidas promedio de rendimiento del 14 y 15% para Nicaragua y Honduras respectivamente, siendo estos los principales países productores de frijol. El Salvador sufrirá una reducción del 7%, mientras que Guatemala podría incluso aumentar su producción promedio debido a la situación particular de las zonas montañosas.

2.7.4.1 Pérdidas en la producción de frijol en El Salvador por factores climáticos.

El MARN (2012), a través del SNET reporta que los departamentos más afectados con la sequía meteorológica en el año 2012 son La Unión, San Miguel y Usulután con 27 días secos (sequía severa) entre los meses de junio y julio, alcanzando apenas los 5 mm en precipitaciones, afectando en mayor parte a los pequeños productores de subsistencia y pequeños comerciantes que producen el 17% de la totalidad de las cosechas. De

acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería citado por el Diario Co Latino (2013), se reportaron pérdidas en cosechas del 5.1%, equivalente a 1.1 Millones de quintales de la producción en la zona Oriental del país, que corresponde a los tres departamentos mencionados anteriormente. Sin embargo, la zona central, paracentral y occidental no sufrieron pérdidas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del lugar de estudio

La investigación se realizó en el período de marzo a junio de 2013 en las instalaciones del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Enrique Álvarez Córdova (CENTA), ubicado en San Andrés, municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad, localizado a 450 msnm, con una temperatura promedio de 26° C y un promedio de lluvia de 1600 mm anuales (SNET, citado por Orellana Núñez 2012), con coordenadas geográficas LN 13° 48' 25.7" y LW 89° 23' 42.8" (Figura A5).

El lugar donde se estableció el ensayo fue en la Estación San Andrés 1 del CENTA, que posee un suelo de textura franco arenosa, topografía plana, buen drenaje y fertilidad moderada.

3.2 Método de campo

La investigación se orientó al mejoramiento genético del frijol en la búsqueda de tolerancia a sequía a través de mutaciones inducidas en dos materiales criollos (Rojo de Seda y Vaina Blanca) y dos mejorados (Ferromás y Chaparrastique), irradiados con Cobalto 60 y cada uno con su respectivo testigo sin irradiar.

3.2.1 Genotipos en investigación

Previó a esta investigación los materiales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se enviaron a Guatemala, los cuales fueron irradiados con rayos gamma a una intensidad de 175 Grey con Cobalto 60 por 5.25 minutos, obteniendo a partir de esto la primera generación de frijol irradiado o "M1" que se sembró para su multiplicación en las instalaciones del CENTA 1 San Andrés en el periodo de septiembre a diciembre de 2012 resultando la segunda generación o "M2". Esta semilla es la que se utilizó para realizar la investigación y obtener la tercera generación de frijol irradiado en la búsqueda de tolerancia a sequía.

La segunda generación "M2" son provenientes de cuatro genotipos: Rojo de Seda, Vaina Blanca (genotipos criollos); Chaparrastique y Ferromás (genotipos mejorados).

3.2.2 Origen de la semilla utilizada en la investigación.

La variedad Ferromás, es un frijol rojo que ha sido desarrollado por el CIAT (Colombia) y fue introducido al país en el 2006 (CIAT 2008), siendo elegido por ser rico en hierro y zinc, con hábito de crecimiento tipo IIb (Arbustivo Indeterminado, con guía más o menos larga), floración a los 38 días después de la siembra (dds), 70 días a la madurez, 80 días a cosecha, y con rendimiento de 50 QQ/Ha (Cuadro A1).

La variedad Chaparrastique fue introducida a El Salvador en el 2005, la cual fue desarrollada por la Universidad Agrícola del Zamorano en Honduras, que posee las características de ser tolerante a ciertas enfermedades, con hábito de crecimiento IIb (Arbustivo Indeterminado, con guía más o menos larga), 38 días a floración, 70 días a madurez y 80 días a cosecha, con rendimiento de 50QQ/Ha (Cuadro A1).

Las variedades criollas, Rojo de Seda y Vaina Blanca, son materiales que fueron generados a través de la selección por productores, debido a su adaptabilidad a clima, suelo y por preferencias de la población. El Rojo de Seda tiene un hábito de crecimiento tipo IIIb (Postrado Indeterminado, con guía trepadora), con 32 días a floración, 65 días a madurez, 80 días a cosecha y rendimiento de 25QQ/Ha (Cuadro A1). En cuanto a Vaina Blanca presenta hábito de crecimiento tipo IIb, 36 días a floración, 70 días a madurez, 80 días a cosecha y rendimiento de 26 QQ/Ha.

3.2.3 Selección de semillas

Esta actividad se realizó el 29 de enero de 2013, en el Laboratorio 4 de la Facultad de Ciencias Agronómicas, donde se seleccionaron las semillas más grandes y que presentaban color uniforme de la M2, tomando en cuenta que esta semilla es la obtenida en el ensayo de multiplicación de semilla "M1" en CENTA, San Andrés. De la cosecha de la M1 se obtuvo la M2 que es la que se sembró en este ensayo para cosechar la M3.

3.2.4 Prueba de germinación

Las semillas se encontraban almacenadas en una cámara fría a 6°C y antes de la siembra se realizaron pruebas de germinación para cada uno de los genotipos, observándose cada 24 horas y tomando como índice de germinación la presencia de la radícula. Esta prueba se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Figura 1).



Figura 1. Prueba de Germinación en los genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Facultad de Ciencias Agronómicas. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.2.5 Preparación del área experimental

La preparación del suelo se realizó en el mes de marzo de 2013, ocho días antes de la siembra, utilizando maquinaria agrícola, haciendo uso de un paso de arado, dos pasos de rastra y un surcado a 0.60 m.

Posteriormente se delimitó el área destinada para el experimento el cual fue de 312 m², luego se dividió el área en bloques de 24 m de largo por 3 m de ancho, separados a 1m entre bloque y tratamiento, estos fueron ubicados de Norte a Sur con 3 bloque y 8 tratamientos por cada bloque (Figura A6).

3.2.6 Siembra

La siembra se realizó el 15 de marzo de 2013 en forma manual, colocando 2 semillas por postura de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de germinación. Se realizó a un distanciamiento de 0.30 m entre postura y 0.60m entre surco; de igual forma se hizo para cada uno de los tratamientos.

3.2.7 Riego

Durante la fase vegetativa del cultivo se aplicó riego por surco y riego manual (utilizando regaderas de 3 galones aplicando alrededor de 120 galones por riego cuando se tenía problemas con el acceso al riego por surco) (Figura 2). Estos se iniciaron a los 3 dds y se suspendió a los 45 dds cuando el 50% de la población estaba en floración, manteniendo esta condición hasta la cosecha.



Figura 2. Riego de forma manual (1) y por surco (2) en fase de plántula de los 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.2.8 Fertilización.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de suelo realizados por el CENTA (Figura A7), se hicieron tres fertilizaciones directa al suelo, la primera aplicación se hizo de forma manual con una aplicación de fórmula 15-15-15 a los 8 dds con una relación de 100 kg/ha, y las últimas dos fertilizaciones se hicieron de forma diluida con bomba de mochila utilizando urea 46% con una relación de 32 Kg/ha diluidos en 1,472 lt de agua a los 20 y 35 dds.

También se aplicaron fertilizaciones foliares suplementarias de microelementos con Multifeed® Leguminosa (Figura A8) en dosis de 4 copas/bomba, realizando 5 aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo, una cada 8 días a partir de los 21 dds. Además se utilizó Liquidfeed® (Bioestimulador) (Figura A8) aplicado a los 14 y 28 dds en una dosis de 4 copas/bomba.

3.2.9 Manejo de maleza.

El control de maleza se realizó de forma manual a partir de los 11 dds y una vez por semana hasta los 60 dds.

3.2.10 Manejo de plagas y enfermedades.

De acuerdo a la presencia de plagas y enfermedades, se aplicaron productos químicos (Cuadro 1) tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron en el análisis fitopatológico realizado por CENTA (Figura A9).

Cuadro 1. Insecticidas y fungicidas utilizados para el control de plagas y enfermedades que se presentaron en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. CCAA-UES. Tesis 2013.

Plagas y enfermedades	Producto	Dosis	Edad del cultivo (dds)
Mal del talluelo (<i>Fusarium</i> sp) <i>Rhizopus</i> sp. <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Curvulariasp</i> <i>Alternaria</i> sp. <i>Sclerotium</i> sp. <i>Macrophomina</i> sp.	Carbendazim 50SC (Carbendazim) + Previcur 72SL (Propamocarb) Manzate 80WP (Mancozeb)	1.43 L/ha 2-3 L/ha 1.43 Kg/ha	15, 39 y 49 dds 15, 39 y 49 dds 7, 21, 44 dds
Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> sp.) Tortuguillas (<i>Diabrotica</i> sp.) Gusano peludo (<i>Estigmene acrea</i>) Mariquita (<i>Epilachna varivestis</i>) Chicharritas (<i>Empoasca</i> sp.) Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) Minador de la hoja (<i>Liriomyza</i> sp.) Perforador de la vaina (<i>Epinotia aporema</i>) Soldado (<i>Spodoptera</i> sp.)	Marshal 25DS (Carbosulfan) Cipermetrina 25EC (Cipermetrina) o Ninja 2.5EC (lambadacihalotrina) Actara 25WG (Thiametoxam)	1lb/100lb de semilla 200 g/Ha 357 cc/Ha 112 g/ha.	A la siembra 7 y 28 dds 14 y 37 dds 21, 44 y 60 dds

3.2.11 Cosecha y secado.

Esta actividad se realizó cuando se presentaron los índices de cosecha, por lo que se procedió a cortar las vainas de cada tratamiento cuando estas habían cambiado de color verde a tonalidades rojizas o amarillas. Se realizaron 3 cortes en un intervalo de 7 días debido a que los genotipos no maduraron uniformemente. En cuanto al secado, las vainas se colocaron al sol de 2 a 3 días y bajo sombra de 5 a 7 días para la obtención de la semilla "M3".

3.2.12 Almacenamiento de la semilla

Para el almacenamiento, se utilizó el equipo Agratronix MT-PRO™ Grain Moisture Tester (Medidor de humedad de grano) para determinar si el porcentaje de humedad en la semilla fue del 12% y evitar que esta se dañe por enfermedades. Finalmente se almacenó en un refrigerador del laboratorio de cultivo de tejidos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su conservación.

3.3 Metodología estadística

3.3.1 Diseño experimental

Para el establecimiento del experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar cuyo modelo matemático es $\hat{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$ (donde la respuesta observada en cualquier unidad experimental (\hat{Y}_{ij}) es igual a la media del experimento (μ) más el efecto de cualquier tratamiento (τ_i) más el efecto de cualquier bloque (β_j) más el efecto del error por la interacción del ambiente (ϵ_{ij})) y constituido por 3 bloques y 8 tratamientos, debido a que el terreno presentaba una gradiente de humedad. Cada tratamiento experimental lo conformaban cinco surcos de 3.0m de largo y 0.60m entre surco (Figura A6).

El área total de la parcela fue de 312m² (24 m de largo por 13 m de ancho), con una población total de 960 plantas y cada unidad experimental con 40 plantas en un área de 7.2 m² (3 m de largo y 2.4 m de ancho).

3.3.2 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra dentro de cada tratamiento fue de 6 plantas, que representan 1.08 m² de área útil en cada unidad experimental. El total de plantas muestreadas fue de 144.

3.3.3 Tratamientos

Los tratamientos estaban constituidos por 4 genotipos irradiados y 4 sin irradiar (testigos), de los cuales fueron dos criollos (Rojo de seda y Vaina blanca) y dos mejorados (Chaparrastique y Ferromás) (Figura 3).



Figura 3. Genotipos irradiados (1) y testigos (2) de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizados para la siembra. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.3.4 Análisis de datos

Para la caracterización cualitativa se utilizó el Análisis multivariado específicamente el análisis de correspondencia simple, el cual nos mide las cercanías de las observaciones con los atributos o variables medidas en un espacio de dos dimensiones, analizándose estos atributos por la cercanía existente entre ellos. Mientras que para el análisis cuantitativo se utilizó la técnica del Análisis de Varianza (ANVA), y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5%, apoyándose para ello con el programa IBM® SPSS Statistics versión 21 (Figura A10).

3.3.5 Variables evaluadas

Se midieron las características de acuerdo al Descriptor Varietal: arroz, frijol, maíz, sorgo de Muñoz *et al.* (1993) y se tomaron datos fenológicos y morfológicos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) según la etapa en que se encontraba el cultivo.

3.3.5.1 Variable independiente

En esta variable se estudió la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiada con rayos gamma en segunda generación y sus indicadores fueron evaluados de acuerdo a la fase del cultivo en la que se encontraba, los cuales se describen a continuación:

3.3.5.1.1 Plántula

Días a emergencia; se tomó el período de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que emergió el 50% de la población estimada para la unidad experimental (Figura 4).

Color predominante de los cotiledones: este se observó al momento de la máxima expansión de las hojas primarias y cuando apenas inicio la formación del primer trifolio. Se calificó con el Cuadro de colores del descriptor (Figura 4 y Figura A11).

Color predominante del hipocótilo; se observó y comparó con el Cuadro de colores la parte del tallo comprendido entre el punto de inserción de los cotiledones o nudo cotiledóneo y punto de iniciación de la raíz principal (Figura A11).

Longitud del hipocótilo; se tomó la distancia en centímetros desde el nudo cotiledóneo hasta el cuello de la raíz (Figura 4 y Figura A12).

Longitud de epicótilo; se midió la distancia en centímetros desde el nudo cotiledóneo hasta el punto de inserción de las hojas primarias (Figura A12).

Longitud de hojas primarias; se tomó la distancia en centímetros desde el punto de inserción en el peciolo hasta el ápice de la lámina foliar (Figura A13).

Ancho de hojas primarias; se midió la distancia en centímetros que hay de un borde a otro en el punto más ancho de la lámina foliar (Figura A13).

Altura de la plántula; se obtuvo sumando la longitud de hipocótilo y la longitud de epicótilo (Figura 4).



Figura 4. Toma de datos en fase de plántula para las variables emergencia (1), altura (2 y 3), color de hipocótilo (4) y cotiledones frijol (5 y 6) (*Phaseolus vulgaris* L.). CANTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.3.5.1.2 Floración

Días a floración; se contaron los días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la población habían floreado.

Días a antesis; se contó el rango comprendido entre el número de días transcurridos desde la siembra hasta la apertura del primer botón floral en cualquiera de las plantas de la población y el número de días transcurridos hasta la apertura del primer botón floral en la última planta.

Color predominante de las alas; este parámetro se calificó observando la coloración de las alas y se comparó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Color predominante del limbo del estandarte; se observó y se comparó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Color predominante del cuello del estandarte; se observó y se comparó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Color predominante del cáliz; se observó el borde superior de la cara posterior del cáliz y se determinó en base al Cuadro de colores (Figura A11).

Hábito predominante del crecimiento del tallo; se determinó observando la arquitectura de la planta de acuerdo a lo mencionado en el Descriptor Varietal: arroz, frijol, maíz, sorgo de Muñoz *et al.* (1993) y se clasificó de la siguiente manera (Figura A14):

1= arbustivo determinado.

2a= arbustivo indeterminado, con guía corta.

2b= arbustivo indeterminado, con guía más o menos larga.

3a= postrado indeterminado, con guía no trepadora.

3b= postrado indeterminado, con guía trepadora.

4a= trepador indeterminado, con carga a lo largo de la planta.

4b= trepador indeterminado, con carga en los nudos superiores.

Número de nudos; este carácter se determinó al final de la floración y se cuantificó la cantidad de nudos en el eje central (Figura 5).

Color predominante del tallo principal; se observó y comparó la parte media del tallo principal con el Cuadro de colores propuesto por el descriptor (Figura A11).

Tipo predominante de ramificación; se tomó de acuerdo a la concentración o densidad de las ramas laterales en las plantas y se clasificó como compacta o abierta.

Acame; se cuantificaron las plantas que se tendieron sobre el suelo asignándole un porcentaje en el rango comprendido de 0-100% de acuerdo al descriptor (Figura 5).

Longitud de hojas primarias; se tomó la distancia en centímetros desde el punto de inserción en el peciolo hasta el ápice de la lámina foliar (Figura A13).

Ancho de hojas primarias; se midió la distancia en centímetros que hay de un borde a otro en el punto más ancho de la lámina foliar (Figura A13).

Color predominante de la hoja; se tomó las diferentes intensidades que presento la lámina foliar (Figura A11).

Altura de la planta; se midieron en centímetros desde el punto de inserción de las raíces hasta el último meristemo apical del tallo (Figura 5).



Figura 5. Toma de datos en fase de floración para las variables días a antesis (1), número de nudos (2), color de tallo (3), longitud, ancho y color de hoja (4), altura de la planta (5) color de las partes de la flor (6 y 7) y tipo de ramificación (8) de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.3.5.1.3 Maduración

Días a la madurez fisiológica; se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que se observó un cambio de color en las vainas de la primera planta y el cambio de color en las vainas de la última planta de la población (Figura 6).

Color predominante de las vainas; las vainas utilizadas fueron las correspondientes al cuarto nudo, considerando como número uno el de los cotiledones. Se comparó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Distribución predominante de las vainas en las plantas; se tomaron de acuerdo a la forma de agrupación de las vainas en las diferentes alturas sobre el nivel del suelo, y se clasificaron como bajas, altas, distribuidas uniformemente o en la parte media de la planta (Figura 6).



Figura 6. Toma de datos en la fase de maduración para las variables días a madurez fisiológica (1), distribución de las vainas en la planta (2), duración de la madurez (3) y color de vaina madura (4) de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.3.5.1.4 Cosecha

Días a cosecha; se contó el número de días comprendidos entre el momento de la siembra hasta que la semilla alcanzó su madurez de campo.

Longitud de las vainas (cm); se midieron vainas correspondientes al cuarto nudo, desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice (Figura 7).

Ancho de las vainas (cm); se midieron de la parte más amplia de la vaina, entre las suturas dorsal y ventral; se utilizaron las mismas vainas con las que se midió la longitud (Figura 7).

Color predominante de las vainas; se tomó la coloración de las vainas cuando cambiaron gradualmente desde el verde hasta un color pajizo (secas) y se compararon con el Cuadro de colores (Figura 7 y Figura A11).

Perfil predominante de las vainas; se calificó de acuerdo a la curvatura de la vaina cuando estaba seca, clasificándola como recta, medianamente curva, curvada o recurvada (Figura A15).

Tipo predominante del ápice de la vaina; se calificó de acuerdo a la forma predominante del ápice de la vaina (Figura A16).

Número de vainas por planta; se determinó contando las vainas que tenían por lo menos una semilla viable en las plantas muestreadas.

Número de granos por vaina; se determinó utilizando las mismas vainas empleadas para determinar su longitud y grosor, y se contó el número de semillas viables que contenían.

Color primario de la semilla; se tomó la semilla más cercana al ápice de la vaina y se comparó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Patrón de distribución del color primario de la semilla; se clasificaron como uniforme o no uniforme de acuerdo a la presencia o ausencia de pigmentación en la semilla.

Color secundario de la semilla; se observó en las manchas o vetas que se formaron en la testa de la semilla sobre el color primario y se calificó con el Cuadro de colores (Figura A11).

Presencia de color alrededor del hilo; se observó la cicatriz dejada al romperse el funículo que conecta la semilla con la placenta y se clasificó como coloreado o sin colorear.

Forma predominante de la semilla; se observó longitudinalmente la semilla y se calificó como redonda, ovoide, elíptica, pequeña casi cuadrada, alargada ovoidea, alargada ovoide en un extremo e inclinada en el otro, alargada casi cuadrada, arriñonada recta en el lado del hilo y arriñonada curva en el lado opuesto al hilo (Figura A17).

Peso de 100 semillas (g); se tomaron tres muestras de cada genotipo, se calificaron como semilla pequeña (< 250 g), mediana (250 g a 400 g) o grande (>400 g) acorde al peso.

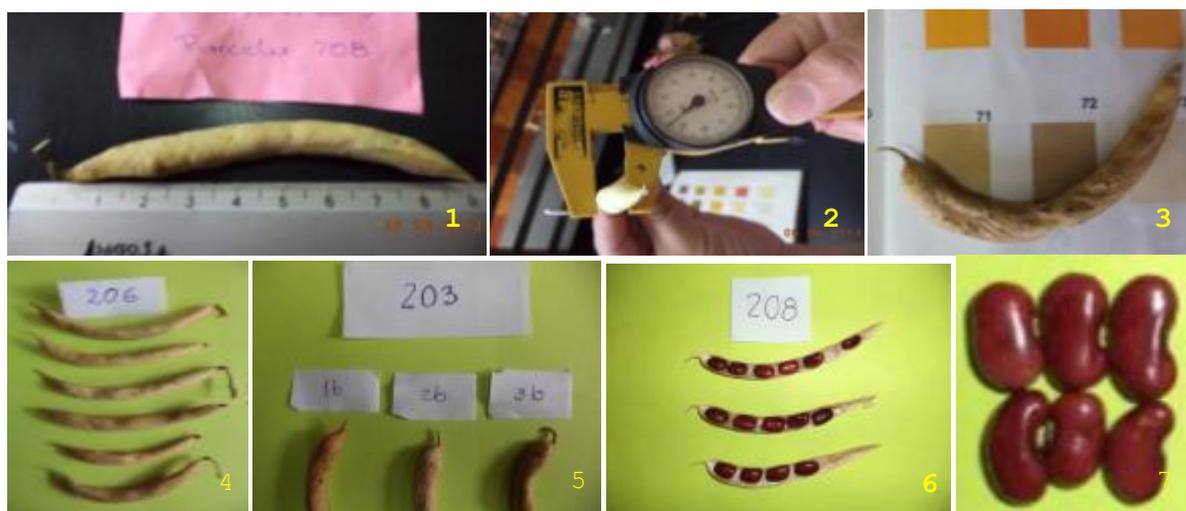


Figura 7. Toma de datos en la fase de cosecha para las variables longitud y ancho de vainas (1 y 2), color (3), perfil (4), ápice (5), número de granos por vaina en la planta frijol (6) y color de semilla del frijol (7) (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

3.3.5.2 Rendimiento

Se calculó a través del número de plantas cosechadas y el peso de la semilla obtenido de cada tratamiento.

3.3.5.3 N° de plantas que sobreviven por unidad de área durante la sequía.

Se determinó contando el número de plantas por tratamiento que sobrevivieron a la inducción del estrés hídrico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación se han separado en aquellos que corresponden a caracteres cuantitativos como cualitativos.

4.1 Caracteres fenológicos en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.1.1 Fase de emergencia

Los tratamientos en estudio presentaron diferencias sobre la variable días a emergencia entre los genotipos irradiados y los testigos, ya que existe una variación en la tendencia de las medias que oscila entre 8 días para los genotipos testigos y 11 días para los irradiados, a excepción de Chaparrastique irradiado con 9 días a emergencia (Figura A18 y Cuadro A19). Según MAG y CENTA (2011c), el frijol emerge entre 5 y 8 días. Tomando en cuenta que existen factores que influyen en la germinación de la semilla que pueden causar efectos adversos sobre dichos procesos; entre ellos están un suministro adecuado de oxígeno, humedad y una temperatura favorable (Meza Nieto 1965).

4.1.2 Fase de floración

Con relación a la variable días a floración, no hay diferencia significativa entre los genotipos irradiados y sus testigos (Cuadro A20), pero existe una variación en las medias de los tratamientos, ya que el Rojo de Seda testigo presentó 37 días a floración y su irradiado 42 días, Vaina Blanca testigo con 40 días y su irradiado 39 días, Ferromás testigo a los 39 días y su irradiado a los 40 días, Chaparrastique testigo a los 40 días y su irradiado con 41 días, es decir que los irradiados tardaron entre 1 y 5 días más en florear que su testigo, con excepción de Vaina Blanca irradiado que fue 1 día más precoz que su testigo (Cuadro A19). De acuerdo al IICA (2009), la floración de Rojo de Seda es a los 32 días, Vaina Blanca 36 días, Chaparrastique y Ferromás a los 38 días, por lo que es fácil notar que en condiciones de sequía, los genotipos fueron más tardíos en comparación a lo expresado por el IICA (2009), lo cual pudo ser influenciado por los días a emergencia. Por otra parte Sandoval Recinos (1987), en investigaciones realizadas en invernadero, observó precocidad en plantas de frijol irradiado con Co60 en segunda generación, con inicio de floración de 28 a 35 días en la variedad Quetzal, que originalmente su floración fue de 38 a 45 días, es decir indujo a mutaciones que provocaron precocidad de 10 días, tomando en cuenta que las diferencias con esta investigación pueden ser porque en invernadero las condiciones ambientales son controladas.

En cuanto a los días a antesis, el análisis reflejó diferencia significativa entre tratamientos, a un nivel de significancia de 0.05% (Cuadro A21) y la prueba de comparaciones múltiples indicó que las plantas de frijol que son afectadas por esta variable dependen del genotipo (Cuadro A22), entendiendo que esta se refiere al tiempo que tardaron los genotipos en abrir el primer botón floral de la primera y última planta, dato

que se refleja claramente en la Figura 8, siendo todos los genotipos irradiados los que tardaron menos días en abrir su primer botón floral que el testigo, con un rango que oscila desde 0.67 hasta 3 días, valores correspondientes a Vaina Blanca irradiado y Ferromás irradiado respectivamente (Figura 8, A18 y Cuadro A19), por lo que se puede considerar que las diferencias entre los genotipos irradiados y sus testigos son producto de la mutación, ya que estudios realizados por Salazar López (1984) en mutaciones inducidas con radiación gamma (Co60) en segunda generación de frijol variedad San Martín, obtuvo una precocidad significativa con un rango de 2 a 3 días, esto se debe a que la planta utiliza diversos mecanismos para tolerar la sequía, entre ellos está el escape a sequía, que es la habilidad de la planta para completar su ciclo antes que se presente el déficit hídrico en el suelo (May y Milthorpe, citado por Mujica *et al.* s.f.).

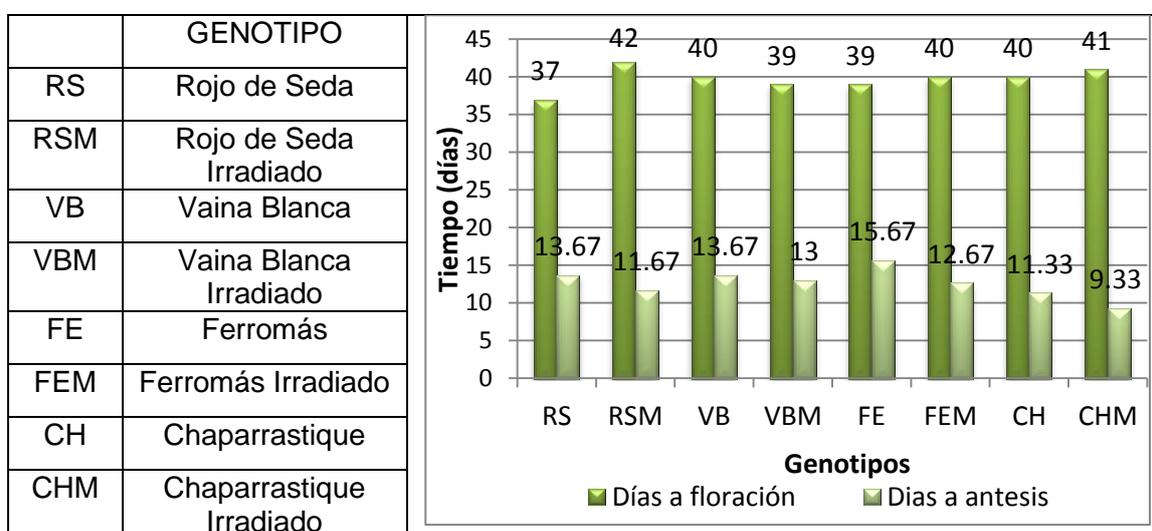


Figura 8. Días a floración y días a antesis en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

4.1.3 Fase de maduración

Para la variable días a madurez, el análisis de varianza mostro igual efecto entre los genotipos irradiados y sus testigos; no así el efecto de la pendiente que si mostro diferencia significativas para esta variable (Cuadro A23). Es importante aclarar que diferencias numéricas por muy mínimas que sean son de importancia en la caracterización de mutaciones; por lo que se puede decir que los genotipos irradiados fueron más tardíos que sus testigos, ya que Ferromás testigo maduró a los 71 dds y su irradiado a los 73 dds, Chaparrastique testigo a los 72 dds y su Irradiado a los 73 dds, con excepción de Vaina blanca testigo que maduró a los 74 dds y su Irradiado a los 72 dds, siendo este el único genotipo más precoz que su testigo con una diferencia de dos días. En cuanto a Rojo de Seda testigo maduró a los 69 dds y en cambio su Irradiado a pesar de haber floreado no fructificó, probablemente por el efecto de la irradiación con Co60, por lo que no fue posible su comparación (Figura A18 y Cuadro A19). Con respecto a la madurez de los genotipos, el IICA (2009) asegura que en condiciones

óptimas, el Rojo de Seda madura a los 65 dds, Vaina blanca, Ferromás y Chaparrastique a los 70 dds, por lo cual se considera que los genotipos evaluados en condiciones de sequía, son más tardíos que los mostrados por el IICA (2009), lo cual puede deberse a que los genotipos emergieron de 8 a 11 dds y en condiciones óptimas emergen de 3 a 5 dds MAG y CENTA (2011c), y al comparar los genotipos testigos e irradiados, los resultados coinciden con los descritos por Granados Vásquez (1966), ya que este asegura que la maduración del frijol irradiado en segunda generación o "M2", es igual o mayor que sus testigos, y que no solo son influenciados por la irradiación sino también por los días en que se tardan en emerger.

4.1.4 Fase de cosecha

Estadísticamente los genotipos irradiados y sus testigos, mostraron igual efecto sobre la variable días a cosecha (Cuadro A24); siendo numéricamente el más precoz con respecto a su testigo el genotipo Vaina Blanca irradiado con 82 dds y el más tardío fue Ferromás irradiado con 83 dds (Figura A18 y Cuadro A19), es decir que los genotipos irradiados son considerados más tardíos que sus testigos de 1 a 2 días, a excepción de Vaina Blanca irradiado que se cosechó a los 82 dds y su testigo a los 84 dds, siendo este genotipo el más precoz con respecto al testigo. El IICA (2009), expresa que en condiciones óptimas los genotipos testigos evaluados se cosechan a los 80 dds, por lo que se considera que las pequeñas variaciones fueron influenciadas por los días a emergencia y por el efecto de la irradiación en el caso de los genotipos irradiados.

4.2 Caracteres cualitativos en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Las variables que son de mayor interés social y económico para el productor son el hábito de crecimiento, tipo de ramificación, color de vaina madura (índice de cosecha) y color del grano, que son de importancia tanto para la población como para el productor (Clará¹ 2013), por lo cual estas características y otras se describen a continuación:

4.2.1 Fase de plántula

Según el análisis de correspondencia simple, no se obtuvo relación entre los genotipos y el color de cotiledón e hipocótilo (Cuadro A26 y A27), mostrándose leves variaciones en su coloración. En el caso de los genotipos Vaina Blanca irradiado, Chaparrastique irradiado y sus testigos presentaron el color amarillo pálido, en cuanto a los materiales que mostraron variación fue Rojo de Seda, ya que el Irradiado tuvo una coloración verde, mientras que el testigo presentó el color amarillo pálido; Ferromás testigo tuvo una coloración verde con pigmento rosado y su irradiado color verde (Figura 9 y Cuadro A25).

¹Clará, A. 2013. Características cualitativas del cultivo de frijol (entrevista). CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba, SV), La Libertad, SV.

En estudios realizados por Miranda Colín (1969), asegura que la alta variabilidad de colores presentados en el color del hipocotilo se debe a la heredabilidad y que puede variar entre los colores verde, rosado, rojo o morado, también que el color del hipocótilo generalmente será el mismo que el del tallo. Castillo Mendoza *et al.* (2006), aseguran que el color del hipocótilo varía en tonalidades de verde en semillas que son de colores claros (rojo, blanco, café, etc.) y que el color morado se presenta en aquellas que las semillas son negras.



Figura 9. Coloraciones presentadas en el hipocótilo y cotiledones en tres genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis

4.2.2 Fase de floración

Según el análisis de correspondencia simple, los genotipos están relacionados con el color de alas (Cuadro A28); presentándose estas relaciones de la siguiente manera: los genotipos Chaparrastique, Ferromás, Vaina Blanca Irradiados y Testigos, tienden a presentar en su mayoría el color blanco, a excepción de Rojo de Seda irradiado que mostro el color rosado y en cambio el testigo presento el color blanco (Figura 10).

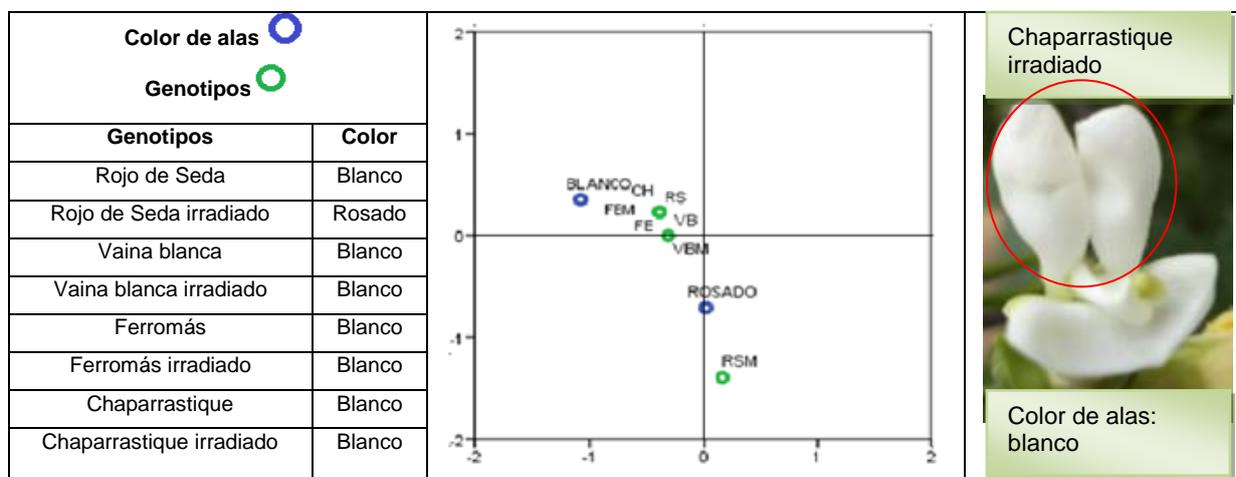


Figura 10. Color predominante de las alas en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis de correspondencia simple, los genotipos están relacionados con el color del limbo del estandarte (Cuadro A29), mostrando que Ferromás testigo e irradiado, Vaina Blanca testigo y Rojo de Seda testigo, son los que presentaron la coloración verde en esta estructura, mientras que Rojo de Seda irradiado presenta el color rosado, en cambio Vaina blanca irradiado tiene el color blanco con pigmento rosado, Chaparrastique Irradiado presentó el color blanco con pigmento verde y su testigo el color rosado (Figura 11 y 12).

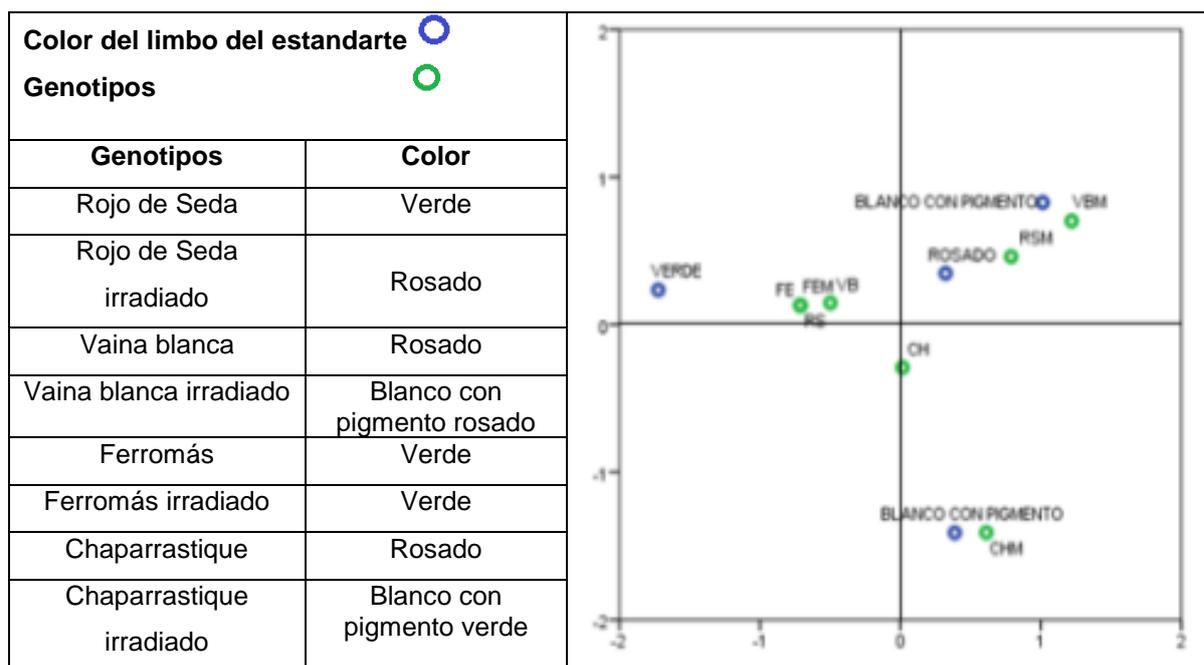


Figura 11. Color predominante del limbo del estandarte en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.



Figura 12. Color del limbo del estandarte en 4 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis de correspondencia simple, los genotipos no están relacionados con el color del cuello del estandarte (Cuadro A30), mostrando para Rojo de Seda irradiado, Chaparrastique y Ferromás testigos e irradiados el color verde, para Vaina Blanca testigo e irradiado y Rojo de Seda testigo el color verde con pigmento café rojizo (Cuadro A25 y Figura 13).

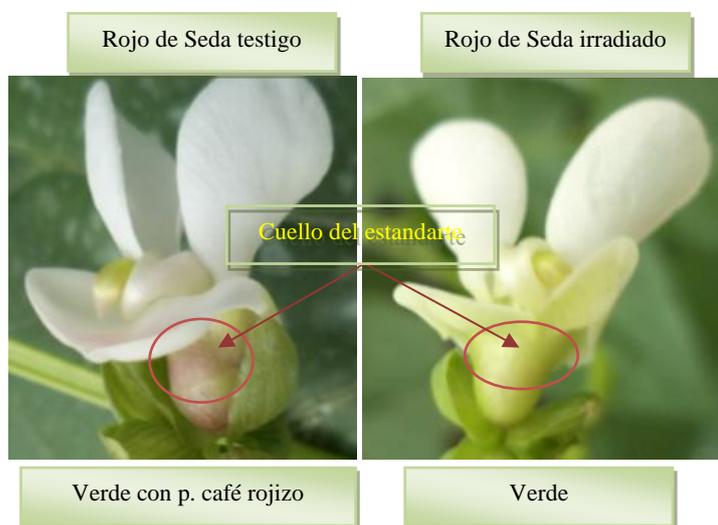


Figura 13. Coloración del cuello del estandarte de la flor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis de correspondencia simple, no se obtuvo relación entre los genotipos y el color de cáliz (Cuadro A31), mostrando variaciones en cuanto a la coloración (Cuadro A25), en el cual los genotipos Rojo de Seda irradiado, Ferromás y Chaparrastique testigos e irradiados presentan color verde y Rojo de Seda testigo, Vaina Blanca testigo e irradiado presentan coloración verde con pigmento café rojizo.

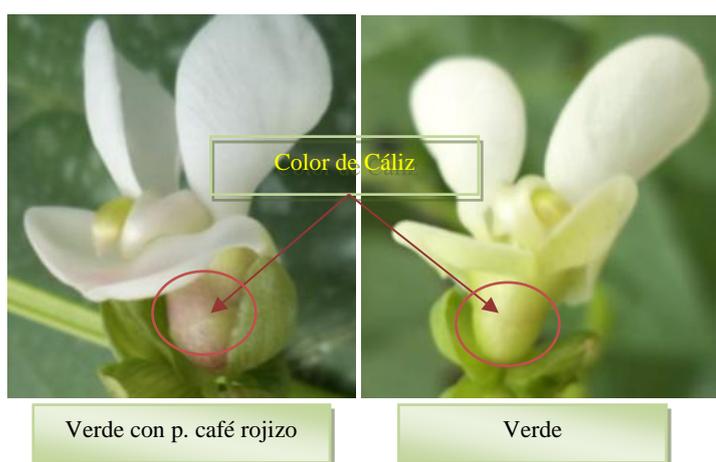


Figura 14. Coloración del cáliz de la flor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

La diferencia de colores encontrados en las estructuras de la flor, posiblemente se debe a que este carácter está gobernado por un gen con dos formas alélicas, en las que hay dominancia intermedia (Wite Huaranga Joaquín y Huanuqueño Coca 2011). Casas, citado por Miranda Colín (1969), asegura que el color de la flor depende de una serie de alelomorfos múltiples y según las relaciones fenotípicas en las generaciones segregantes, se infiere que tanto el color del tallo, como el color de la flor, pueden estar gobernados por un par de factores o por la interacción de dos pares de factores y los colores que pueden llegar a presentar las flores son morado, blanco y tonalidades intermedias entre éstos. En la investigación de la caracterización de *Phaseolus*, realizado por Freytag y Debouck (2002), aseguran que en material silvestre, el color blanco es probablemente causado por un solo gen epistático y se produce en solo unas pocas especies, tomando en cuenta que el color de las flores es muy importante en la atracción de insectos y pájaros específicos para la polinización, pero de acuerdo con Clará (2013), las flores de frijol en condiciones normales, tiene polinización cruzada únicamente del 1.5% en donde existe alta actividad de insectos, pero que a pesar de esto la producción de vainas y el rendimiento es igual, ya que el 98.5% restante es por autopolinización (plantas autógamias).

Según el análisis de correspondencia simple, existe relación entre los genotipos y el hábito de crecimiento del tallo (Cuadro A32), lo que indica que los genotipos Rojo de Seda irradiado y su testigo son de tipo postrado indeterminado, con guía trepadora (IIIB), Ferromás irradiado y su testigo son de tipo arbustivo determinado (I) y Chaparrastique testigo y su irradiado son de tipo arbustivo indeterminado, con guía más o menos larga (IIB) al igual que Vaina Blanca testigo y su irradiado. Al respecto IICA (2009), manifiesta que los genotipos Vaina Blanca, Ferromás y Chaparrastique en condiciones óptimas, presentan el hábito de crecimiento IIB, tipo arbustivo indeterminado, con guía corta y Rojo de Seda es tipo postrado indeterminado (IIIB), por lo que se considera que para este carácter, no hubo efecto de la mutación en segunda generación, aunque en el estudio realizado por Sandoval Recinos (1987), asegura que la variedad de frijol Sanilac con tratamiento de rayos X, obtuvo una modificación en el hábito de crecimiento al cambiar el hábito semi-voluble por el arbustivo, que según Debouck e Hidalgo (1984), el hábito de crecimiento es el resultado de la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final y que este carácter puede estar influenciado por el ambiente, pues no solo incluye fenómenos de crecimiento (aumento de volumen y peso de las estructuras de la planta), sino también fenómenos relativos al desarrollo (procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos como la aparición de flores o de vainas).

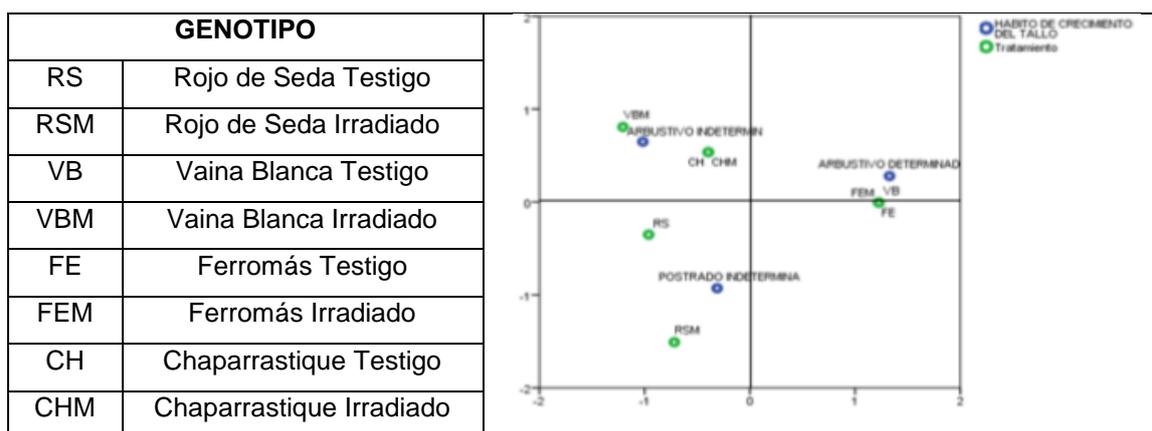


Figura 15. Hábito predominante de crecimiento del tallo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Para el color del tallo principal, el análisis de correspondencia simple mostro una relación con los genotipos (Cuadro A33), mostrando que los irradiados son iguales a sus testigos, siendo los genotipos Rojo de Seda testigo, Chaparrastique testigo y sus irradiados los que presentan coloración verde con pigmento rosado, Ferromás testigo y su irradiado mostraron color verde al igual que Vaina Blanca testigo, siendo este último el único genotipo que difirió con su irradiado, presentando color verde con pigmento rosado (Cuadro A25). Debouck e Hidalgo (1984), afirman que el color de esta variable varía según la parte del tallo en que se tome, la etapa de desarrollo de la planta, la variedad de frijol y las condiciones ambientales como sequía y luz. Normalmente existe una variación en la pigmentación de éste, entre las cuales se pueden presentar los colores verde, rosado y morado, mientras que el patrón de distribución de los colores en el tallo también pueden variar, situación que coincide con los resultados de esta investigación, tomando en cuenta que todos los genotipos irradiados son iguales a sus testigos a diferencia del Vaina Blanca irradiado, que presentó diferente color con respecto a su testigo, posiblemente por el efecto de la mutación provocado por la irradiación.

Según el análisis de correspondencia simple, existe relación entre los genotipos y el tipo de ramificación (Cuadro A34). El tipo de ramificación abierta corresponde a los genotipos Vaina Blanca testigo, Chaparrastique y Ferromás testigos e irradiados; mientras que para los genotipos Rojo de Seda testigo e irradiado y Vaina Blanca irradiado, su ramificación es de tipo compacto (Figura 16), es decir que el único genotipo que mostro ser influenciado por la irradiación es Vaina Blanca. En estudios realizados por Clará (2013), asegura que al manifestarse genotipos con ramificación compacta tienen ventajas con respecto a la incidencia de enfermedades, ya que es más difícil que sus hojas se puedan ver afectadas por el salpique de la lluvia, así como también ayuda al desarrollo óptimo de la planta.

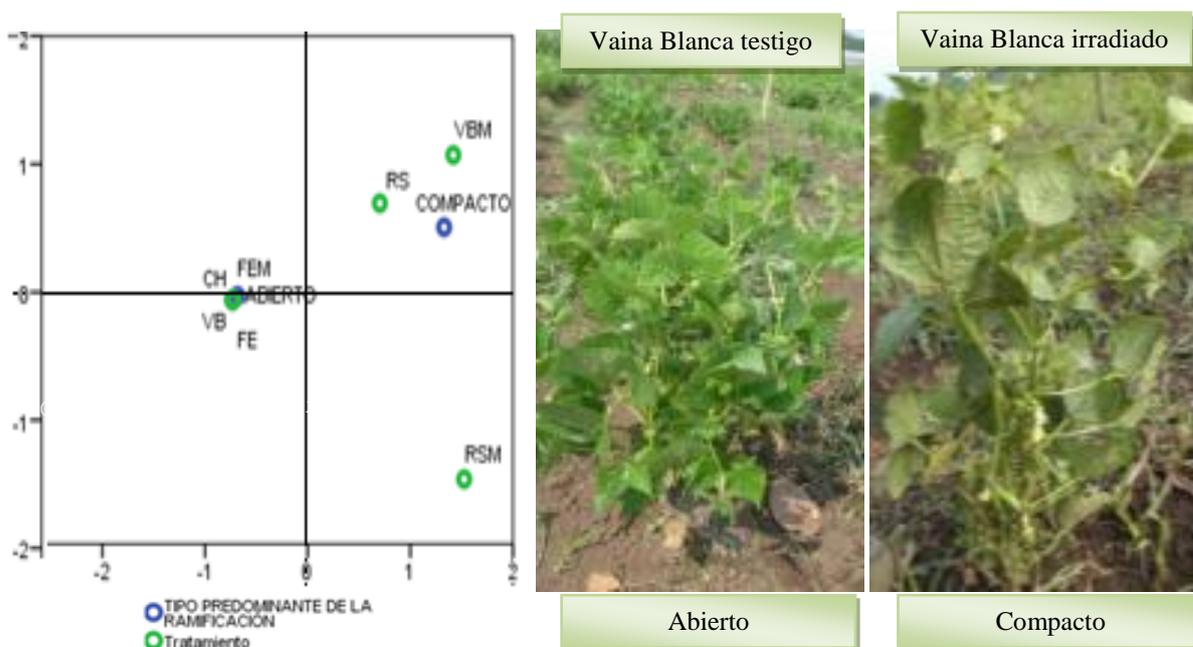


Figura 16. Tipo predominante de ramificación en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Para el color de las hojas, el análisis de correspondencia simple mostro que no existe relación con los genotipos (Cuadro A35), mostrando leves variaciones que se agrupan en dos colores: verde y verde oscuro. En el caso de Ferromás, su testigo muestra color verde, mientras que su Irradiado color verde oscuro; de la misma manera Vaina Blanca testigo y Rojo de Seda testigo muestran la coloración verde oscuro y en cambio sus irradiados muestran el color verde; el único genotipo que muestra el mismo color tanto su testigo como su irradiado es Chaparrastique, con color verde oscuro (Cuadro A25). Debouck e Hidalgo (1984), dice que en condiciones normales existe una gran variación en cuanto al color de las hojas y este caracter puede tener o no relación con el color del tallo y de las ramas, al respecto Castillo Mendoza *et al.* (2006), dicen que los colores de las hojas (foliolo central) más comunes son verde quemado y verde esmeralda. Y según Pompeu, citado por Delgado de la Flor Badaracco (1970), asegura que en el frijol las radiaciones causan mayormente alteraciones cloróticas y deformaciones en las hojas, lo que pudo haber afectado la coloración de la tonalidad de verde, y esta variación puede estar relacionada tanto con la variedad como con las condiciones ambientales (luz y humedad), y que las mutaciones cloróticas implican un cambio de color, que pueden variar entre los albinos, amarillos, verde claro y verde oscuro.

4.2.3 Fase de madurez

Para el color de vaina madura, el análisis de correspondencia simple mostró una relación con los genotipos (Cuadro A36), observando leves variaciones, ya que en el caso de Vaina Blanca testigo presentó color verde y su irradiado amarillo, Ferromás testigo amarillo con pigmento rosado y su irradiado amarillo; además se observaron genotipos

que no variaron en su coloración, tal es el caso del Chaparrastique Irradiado y su testigo que resultaron color verde, en cuanto a Rojo de Seda testigo con color verde muy pigmentado de rosado (Cuadro A25) y no se pudo comparar con su Irradiado porque éste no produjo vainas, debido al aborto de flores. Por otra parte Rubaihayo, citado por Salazar López (1984), realizó trabajos en semillas de frijol a distintas dosis de radiación gamma con Co60 y observó la presencia de varios mutantes morfológicos en la generación M2 como cambio en el color de la vaina, por tanto existe la posibilidad que el cambio de color en las vainas de los genotipos evaluados, son causados por efecto de mutaciones por la irradiación con Co60. En cuanto a la variación existente entre el color de la vaina y la semilla está más relacionada con la especie a la que pertenece, ya que en semillas de frijol negro las vainas cambian de verde a crema claro (Jiménez Chavarría 2008), en el caso de la semilla de frijol blanco, la vaina puede ser de color pardo, pardo verdosa o rosada (Castiñeiras *et al.* 2008) y en semillas de frijol rojo las vainas pueden ser rojas, ligeramente morada, morada, crema, etc. (IICA 2010).

Según el análisis de correspondencia simple existe relación entre los genotipos y la distribución de las vainas en la planta (Cuadro A37), ya que en condiciones de estrés hídrico, Vaina Blanca irradiado presenta la distribución de vainas en la parte baja de la planta, mientras que su testigo la distribución es uniforme, en Ferromás irradiado la distribución es uniforme y en su testigo baja, en Chaparrastique irradiado la distribución se encuentra en la parte media de la planta y su testigo en la parte baja, para el Rojo de Seda testigo la distribución se observó en la parte media y su irradiado no produjo vainas (Cuadro A25). De acuerdo a la experiencia en evaluaciones de frijol de estos genotipos en condiciones óptimas a nivel nacional, Clará (2013), menciona que los genotipos evaluados en cuanto a este carácter, presentan la distribución de las vainas en la parte baja para el caso de Chaparrastique y Ferromás, situación que coincide con los testigos evaluados en esta investigación, en cuanto a Rojo de Seda y Vaina Blanca la distribución debería ser en la parte alta de la planta, pero en los testigos de esta investigación la distribución fue en la parte baja y en la parte media, es decir que en estos genotipos influyó el estrés hídrico, mientras que en los genotipos irradiados los cambios observados con respecto a los testigos se debe al efecto de la mutación.

4.2.4 Fase de cosecha

Para el color de la vaina seca, el análisis de correspondencia simple mostro que no existe relación con los genotipos, mostrando leves variaciones, ya que los irradiados Ferromás, Chaparrastique y sus testigos, incluido Rojo de Seda testigo, presentan color café en la vaina seca, mientras que Vaina Blanca irradiado es color habano o café claro y su testigo

color crema. Este carácter no tiene relación con el color de vaina madura, ya que éste presentó colores desde verde muy pigmentado de rosado, amarillo, amarillo con pigmento rosado o verde y las vainas secas en su mayoría son color café y en un solo caso color crema (Cuadro A25).

Según el análisis de correspondencia simple, no se obtuvo relación entre los genotipos y el perfil predominante de la vaina (Cuadro A39), presentando para Rojo de Seda testigo perfil curvado al igual que Vaina Blanca irradiado y su testigo, Ferromás irradiado es medianamente curvo y su testigo curvado, Chaparrastique irradiado curvado al igual que su testigo (Figura 17 y Cuadro A25). En cuanto al tipo predominante del ápice de la vaina existe diferencia significativa, ya que el valor en el Cuadro A40 es de $P < 0.05$ y en la Figura 18 y Cuadro A25 se observan las diferencias de los genotipos, ya que para Rojo de Seda testigo el ápice es recto, Vaina blanca irradiado es normal y su testigo es medianamente curvo, Ferromás irradiado y su testigo es normal, Chaparrastique irradiado es puntiagudo y su testigo curvado. De acuerdo con Clará (2013), en los cuatro genotipos de frijol evaluados en condiciones óptimas, el ápice de la vaina en los testigos Rojo de Seda y Vaina Blanca es inverso y en Chaparrastique y Ferromás es romo, situación que no coincide con las características de los testigos bajo estrés hídrico obtenidos en esta investigación, a lo que agrega Clará (2013), que este carácter puede ser influenciado por las condiciones de estrés hídrico al que se sometió a la planta, en cuanto a los irradiados que respondieron diferente a su testigo bajo las mismas condiciones, se considera que podría ser un indicador de que la irradiación con rayos gamma, indujo a mutación en los genotipos de frijol.



Figura 17. Perfil predominante de la vaina en 1 genotipo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.



Figura 18. Ápice de la vaina en 3 genotipos de frijol mejorado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Para el color primario de la semilla, el análisis de correspondencia simple mostro una relación con los genotipos (Cuadro A41 y Figura 19). El Rojo de Seda testigo presento el color rojo en la semilla, Vaina Blanca irradiado y su testigo café rojizo, Ferromás irradiado rosado y su testigo café oscuro, Chaparrastique irradiado color rojo y su testigo café rojizo (Cuadro A25). Según Sandoval Recinos (1987), genetistas de la Universidad de Cornell lograron inducir cambios de color en la semilla con tratamientos de rayos X en la M2 y de acuerdo con Delgado de la Flor Badaracco (1970), el modo de acción de los genes que determinan el color del grano de frijol, pueden agruparse en tres categorías a) el factor básico P de pigmentación, el cual no produce por sí mismo ningún color, b) los genes de colores complementarios, que expresan su color cuando el factor P está presente y c) los factores o genes modificadores, que no producen color con el factor básico pero influyen en los colores producidos por lo genes complementarios. En semillas de testa coloreada, el tipo de color depende de la interacción que haya entre los genes dominantes para color presentes en el genotipo, pero es importante mencionar que el cambio de color de la semilla por medio de mutaciones es estable y se logra en solo dos generaciones. Además, los mutantes obtenidos conservan sin alteración las demás características de los cultivares originales (Brauer 1980), es decir que tanto en la primera como en la segunda generación hay segregación en los colores de la semilla porque en estas generaciones se da la mayor variabilidad genética, por tal razón, los genotipos testigos presentan un color más estable que los irradiados, ya que estos últimos fueron evaluados en segunda generación. De acuerdo con Davis, citado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), el color de la semilla es un carácter importante en las variedades de frijol, ya que determina parcialmente su valor en el mercado nacional y en muchas partes de América Latina.



Figura 19. Color primario de la semilla de los genotipos de frijol mejorado (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

En cuanto al patrón de distribución del color primario de la semilla, el análisis de correspondencia simple mostro relación con los genotipos (Cuadro A42),

correspondiendo para Rojo de Seda testigo una distribución uniforme, para Vaina Blanca irradiado color no uniforme y su testigo uniforme, Ferromás irradiado y su testigo uniforme y para Chaparrastique irradiado y su testigo la distribución es no uniforme. Lo que indica que los genotipos testigos e irradiados son similares en cuanto al patrón de distribución del color de la semilla.

Con respecto al color secundario de la semilla, el análisis de correspondencia simple mostro que no existe relación con los genotipos (Cuadro A43), mostrando leves variaciones, ya que Vaina Blanca y Ferromás irradiados presentaron color Rosado, mientras que Vaina Blanca y Ferromás testigos fueron café rojizo, Chaparrastique Irradiado presento color rojo y su testigo rosado, para el genotipo Rojo de Seda testigo el color fue café rojizo pero no se pudo comparar con el irradiado ya que no hubo producción (Cuadro A25).

Para el color alrededor del hilo, el análisis de correspondencia simple mostro relación con los genotipos (Cuadro A44), mostrando que todos los genotipos testigos presentan coloración alrededor del hilo, mientras que sus irradiados no muestran coloración (Cuadro A25 y Figura 20), por lo que se considera que esto puede ser efecto de la mutación, ya que según Clará (2013), éste caracter no es influenciado por el medio ambiente.

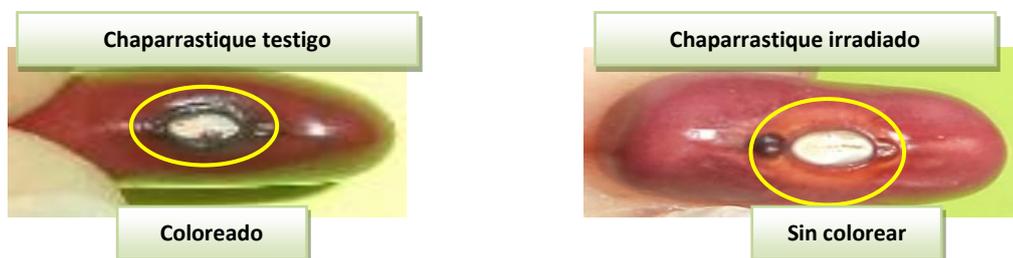


Figura 20. Presencia de color alrededor del hilo en 2 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis de correspondencia simple, existe relación entre los genotipos y la forma de la semilla (Cuadro A45). Correspondiendo para Chaparrastique Irradiado y su testigo la forma arriñonada y curva en el lado opuesto al hilo, en cambio Ferromás Irradiado presenta una forma alargada casi cuadrada y su Testigo posee una forma arriñonada y recta en el lado del hilo. Vaina Blanca Irradiado con forma pequeña y casi cuadrada y su Testigo tiene una forma arriñonada recta en el lado del hilo, Rojo de Seda testigo la forma fue alargada casi cuadrada (Figura 21) y su irradiado por no haber producción no se pudo comparar. Según Clará (2013), este carácter en condiciones de estrés hídrico cambia y explica que en condiciones óptimas los genotipos Vaina Blanca y Rojo de Seda poseen forma Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo; y Chaparrastique y Ferromás Arriñonada, recta en el lado del hilo, por lo que se puede

observar que en condiciones de estrés hídrico el único genotipo que no fue afectado por esta condición y que mantuvo la forma original fue Ferromás y los demás cambiaron la forma de la semilla; además bajo las mismas condiciones de estrés, los irradiados se comportaron diferente a su testigo, por lo que puede considerarse producto de la mutación, siendo éste un caracter de gran importancia para los consumidores de frijol, ya que prefieren que el tamaño sea de pequeño a mediano, que el color de la testa sea rojo y el lustre sea brillante (Tapia, citado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez 2005).



Figura 21. Forma de la semilla más representativas de 3 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Obtener mutantes de semilla con el fin de conferir características deseadas, es posible por la irradiación, ya que si se aplica adecuadamente, cambia en general solamente ciertos aspectos de los caracteres genéticos de la planta. No obstante, antes de obtener los resultados deseados, los progresos pueden ser lentos, pues existe gran número de variables que deben ser investigadas. El método de la irradiación es de gran importancia ya que puede producir los resultados deseados con mucha mayor rapidez que los métodos tradicionales en fitotecnia, sin sustituir a éstos, sino como una herramienta útil (Salazar López 1984).

En esta investigación, se observó que en las características cualitativas las variables que presentaron diferencias significativas son: el color de vaina madura, distribución de las vainas en la planta, ápice de la vaina, color primario de la semilla, patrón de distribución del color primario de la semilla y forma de la semilla, que al compararlas con el testigo presentan algunas diferencias, por lo que se asume que estos cambios son indicadores que la irradiación en la semilla ha provocado mutaciones, que de acuerdo a las leyes de Mendel por estar en segunda generación, se expresa la máxima segregación genética de los genotipos y se espera que algunas de estas manifestaciones puedan desaparecer y otras mantenerse estables, ya que la heterocigosis disminuye y la homocigosis de los genotipos aumenta en las siguientes generaciones, hasta llegar a la M7 o M8 donde se logra la estabilidad genética. Al respecto CIAT, citado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), menciona que los caracteres cualitativos son confiables para describir variedades de frijol, ya que estos usualmente tienen una distribución discreta y

generalmente están determinados por pocos genes (monogénicos) y las modificaciones que experimentan por el medio ambiente son pocas, debido a que la herencia monogenética o herencia mendeliana, expresa sólo dos o pocas alternativas del carácter sin valores intermedios, lo que se conoce como variación discontinua o discreta dentro de la población, que no dependen del ambiente porque básicamente es genética (Barboza 2005). Como menciona este autor, las variaciones del medio ambiente son pocas, pero no significa que no haya influencia del ambiente, ya que de acuerdo con Clará (2013), algunas características cualitativas como hábito de crecimiento, tipo predominante de ramificación, distribución de las vainas en la planta, tipo de ápice de la vaina y forma de la semilla, tienden a cambiar de acuerdo con la disponibilidad de agua en el suelo y otros factores ambientales.

4.3 Caracteres cuantitativos en Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.3.1 Fase de plántula

De acuerdo con el Análisis de Varianza (Cuadro A47), estadísticamente los genotipos mostraron iguales efectos sobre la variable longitud de hipocótilo, aunque existe una variación en la tendencia de las medias (Figura A48) que se encuentran en un rango de 2.93 a 3.53 cm, correspondientes estos valores promedios a los genotipos Rojo de Seda y Chaparrastique testigo respectivamente (Cuadro A46). Este resultado es inferior al presentado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), ya que el carácter longitud de hipocótilo en frijol, presentó variaciones en el rango de 4 a 5 cm, pero estudios realizados en invernadero por Cheah y Lim (1982), en frijol irradiado con Co60 en segunda generación, provocaron que la longitud de hipocótilo se redujera 0.30 cm con respecto al testigo, situación que se asemeja a los resultados obtenidos en esta investigación, ya que los genotipos irradiados redujeron la longitud del hipocótilo con respecto al testigo con los siguientes valores: Vaina blanca 0.06 cm, Ferromás 0.30 cm y Chaparrastique 0.16 cm a excepción de Rojo de Seda que fue el único genotipo que incremento 0.55 cm la longitud del hipocótilo con respecto al testigo. Esto indica que la longitud del hipocótilo estuvo influenciada por la irradiación con Co60 y fue producto de la mutación. Estas variaciones pueden apreciarse, ya que la mayoría de mutaciones de diferentes tipos se manifiestan en la segunda generación (M2) y son identificadas por presentar distinto fenotipo en algunas características en relación al testigo (Salazar López 1984), y de acuerdo a las leyes de Mendel, la máxima segregación se observa en la segunda generación, porque se manifiesta la heterocigosis en los genotipos, pero en las próximas generaciones la heterocigosis se reduce y la homocigosis aumenta.

De acuerdo con el Análisis de Varianza (Cuadro A49), estadísticamente los genotipos mostraron iguales efecto sobre la variable longitud de epicótilo a los 12 días después de la siembra, aunque los valores de las medias, presentan variaciones que oscilan desde 1.06 cm hasta 1.98 cm (Figura A50) y de acuerdo a la investigación realizada por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), la longitud de epicótilo en frijol presentó un valor medio predominante de 2 cm. Pero estudios realizados en invernadero por Cheah y Lim (1982), en frijol irradiado con Co60 en segunda generación, provocaron que la longitud de epicótilo se redujera 0.80 cm con respecto al testigo, valor similar al obtenido en esta investigación, ya que la longitud del epicótilo en los genotipos irradiados, varió desde 0.08 cm hasta 0.81 cm, tomando en consideración, que la variación se debe a que se está evaluando la segunda generación y es donde se presenta la mayor segregación de acuerdo a las leyes Mendelianas (Brauer 1980).

Según el análisis estadístico, los genotipos mostraron iguales efectos en la longitud y ancho de hojas primarias (Cuadro A51 y A52), pero al observar la Figura 18, se muestran diferencias numéricas entre los genotipos irradiados y sus testigos, mostrando los irradiados los siguientes valores: Vaina Blanca con una Longitud (L) de 3.76 cm; y un Ancho (A) igual a 3.28cm, Ferromás (L) 3.10 cm y (A) 2.71cm, Chaparrastique con (L) 3.41 cm y (A) 2.94 cm que representan los menores valores con respecto a sus testigos, los cuales presentaron los siguientes valores: Vaina Blanca con (L) 4 cm y (A) 3.63 cm, Ferromás (L) 3.73 cm y (A) 3.26 cm, Chaparrastique con (L) 3.84 cm y (A) 3.28 cm. De acuerdo a estos resultados, el único genotipo que manifestó mayor tamaño de hoja con respecto a su testigo es Rojo de Seda irradiado con un valor de (L) 4.28 cm y (A) 3.98 cm y su testigo con (L) 3.64 cm y (A) 3.15 cm. Dichos valores resultaron ser menores a los presentados por Ligarreto y Martínez (2002), que reportaron la longitud y ancho de hojas primarias en frijol con un valor de 5.4 cm y 5.2 cm, situación que explica Delgado de la Flor Badaracco (1970), ya que expresa que los mutantes morfológicos son los que reducen el tamaño de la hoja. Por lo que los genotipos irradiados que presentaron valores inferiores a su testigo, son considerados producto de la mutación, ya que al reducir el área foliar, la planta perderá menos agua en forma de vapor, tomando en cuenta que estos cambios se dan por estar presente en menor o mayor cantidad las hormonas reguladoras de crecimiento (Auxinas y Giberelinas) condicionado por el efecto inicial de la irradiación (Sandoval Recinos 1987).

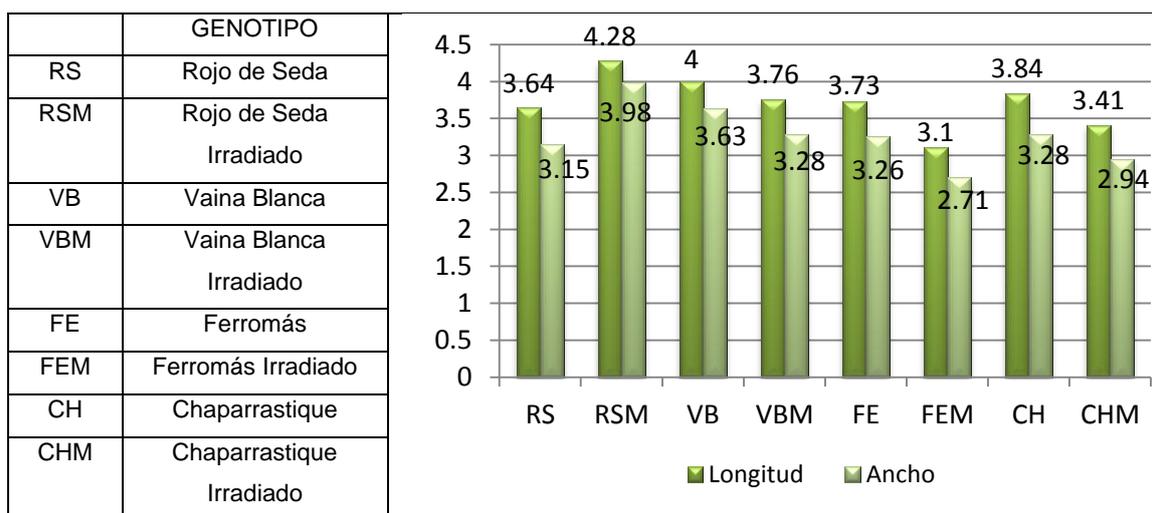


Figura 22. Longitud y ancho de hoja en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

De los cuatro genotipos de frijol irradiado, el que mostró mayor porcentaje de plantas fuera de tipo (2 o 4 folíolos deformes y plantas albinas) con deformaciones en hojas fueron: Chaparrastique con 10.53%, seguido de Ferromás con 2.1%, Vaina Blanca con 2.02%, y Rojo de Seda con 7.14%, siendo este el único genotipo que presentó 3.06% de plantas albinas (Cuadro 2 y Figura 23); cabe mencionar que ninguna de estas plantas alcanzaron a desarrollarse y murieron en la etapa de plántula. Al respecto Brauer (1980), asevera que pueden existir plantas albinas, pero como no pueden sintetizar sus propios alimentos, mueren en las primeras fases del crecimiento, coincidiendo con los resultados obtenidos en la investigación; además Delgado de la Flor Badaracco (1970), asegura que las mutaciones resultantes de tratamientos con agentes inductores se clasifican en dos categorías: cloróticas y morfológicas. Los mutantes cloróticos implican un cambio en el color de las hojas, que puede variar entre albino, amarillo, verde claro y verde oscuro. Los mutantes morfológicos, son los que cambian en la forma o en el tamaño de las hojas o plantas, hábito de crecimiento y color del hipocótilo o de los cotiledones. Stadler, citado por Delgado de la Flor Badaracco (1970), en 1930 experimentó con cebada, maíz, trigo y avena, encontrando que cerca del 90% de las mutaciones inducidas por rayos X, podían reconocerse en el estado de plántula alrededor de las dos semanas de edad, y que la mayoría de ellas eran cloróticas, debido en parte al método de inducción de mutaciones. También Pompeu, citado por Delgado de la Flor Badaracco (1970), asegura que en el frijol las radiaciones causan mayormente alteraciones cloróticas y deformaciones en las hojas, las dosis muy elevadas de radiación provocan esterilidad, enanismo y muerte de las plántulas, que de acuerdo a Sandoval Recinos (1987), la formación de estos mutantes se debe a cambios en el material extranuclear o citoplasmática.

Cuadro 2. Número de plantas fuera de tipo en 4 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Plantas fuera de tipo		
Genotipos	Mutantes Cloróticos (%)	Mutantes Morfológicos (%)
Rojo de Seda Irradiado	3,06	7.14
Vaina Blanca Irradiado	0	2.02
Ferromás Irradiado	0	2.1
Chaparrastique Irradiado	0	10.53



Figura 23. Plantas fuera de tipo de 4 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

En cuanto a la longitud de hipocótilo, epicótilo, longitud y ancho de hojas, días a floración, maduración y cosecha, estadísticamente resultaron no significativas, pero hay diferencias mínimas entre los genotipos irradiados y sus testigos, que por estar en segunda generación, existe la posibilidad de que esas variaciones en los genotipos irradiados puedan incrementar o desaparecer completamente en las próximas generaciones. Al respecto Brauer (1980), asegura que las mutaciones son eventos que se presentan completamente al azar y cualquier gen puede mutar en cualquier momento y no se puede predecir en qué consistirá la mutación. También puede mutar en una dirección y después en una dirección contraria, es decir que una característica puede transmitirse por una o más generaciones a sus descendientes y después ese mismo gen puede mutar para volver a dar el tipo de donde había partido. Es impredecible la forma en que una mutación va a afectar los caracteres hereditarios. En algunos casos la mutación causa un cambio brusco, que puede afectar un carácter vital de la planta y hacerla morir o ser completamente distinta a las plantas conocidas dentro de la misma especie, pero en otras ocasiones el cambio puede ser imperceptible para el observador, a menos que se auxilie

con el empleo de métodos experimentales perfeccionados, con el fin de apreciar el cambio, por pequeño que este sea.

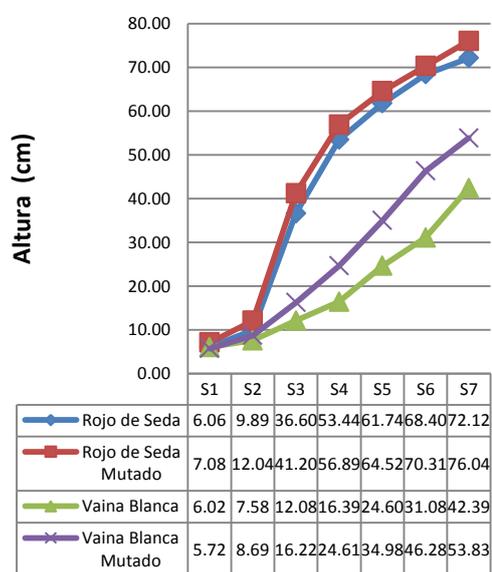
4.3.2 Fase de floración

De acuerdo con el Análisis de Varianza (Cuadro A53 y A54), estadísticamente los genotipos mostraron iguales efectos sobre la variable acame, que es la dificultad de las plantas para mantenerse erectas, siendo éste uno de los factores importantes para el manejo agronómico, debido a que representa pérdidas para la cosecha porque la planta se inclina mucho, las vainas tocan el suelo y son atacadas por hongos y bacterias que las pudren (Jiménez, citado por Hernández Soto (1986)). En el Cuadro A46 puede apreciarse que los genotipos Rojo de Seda y su testigo, son los que presentaron mayor porcentaje de plantas con acame, con un valor de 2.33%, mientras que Vaina Blanca, Ferromás y sus testigos, son los que muestran la menor proporción con un valor de 1%, es decir que los irradiados y sus testigos son iguales, por lo que se interpreta que la irradiación con Co60, no provocó que se manifestaran cambios en la segunda generación para esta característica agronómica.

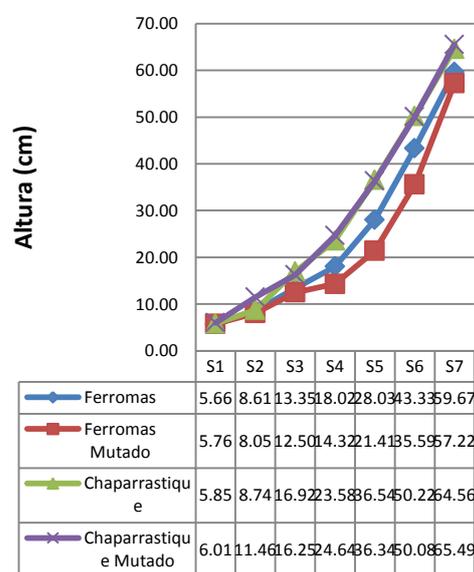
En las Figuras 24 y 25, se muestra el crecimiento semanal en los 8 genotipos de frijol, los cuales fueron similares durante las primeras dos semanas en cada uno de los genotipos, pero a partir de la tercera semana el crecimiento fue acelerado, y las alturas medias registradas a las 7 semanas después de la siembra, fue para Rojo de Seda Irradiado de 76 cm, mostrando que el número de nudos (Figura 24), no influyó en su crecimiento, ya que Rojo de Seda testigo mostró una altura similar con 72.1 cm y con menor número de nudos; para Vaina Blanca testigo y su irradiado que tuvieron igual número de nudos y una altura de 42.39 cm y de 53.83 cm, respectivamente, lo cual indica que los entrenudos en el genotipo irradiado son más largos; Ferromás testigo, alcanzó una altura de 59.67 cm y su Irradiado, con igual número de nudos, alcanzó una altura de 57.22 cm, y Chaparrastique testigo tuvo una altura de 64.56 cm y su irradiado con 65.49 cm, ambos genotipos con igual número de nudos. El IICA (2010), en sus investigaciones reporta que el genotipo Rojo de Seda testigo, puede alcanzar alturas hasta de 69.41 cm y Vaina Blanca testigo aproximadamente de 52 cm. En la investigación realizada por Salazar López (1984), asegura que la altura de las plantas disminuye en la primera generación usando la irradiación gamma, pero que en segunda generación esta característica no es notable; Burman y Painter, citado por Abellán Cisneros (1976), encontraron en sus ensayos, que la sequía afecta la tasa de crecimiento de las plantas de frijol de forma negativa. Pero en esta investigación que se indujo a estrés hídrico a los ocho genotipos de frijol, se considera que por efecto de la mutación se obtuvieron mayores resultados en

el crecimiento de los genotipos irradiados Rojo de Seda, Vaina Blanca y Chaparrastique con respecto al testigo, con excepción de Ferromás Irradiado que su crecimiento fue menor a su testigo. En trabajos realizados por Mathew y Boyer, citado por Caraballo (2006), informan que al disminuir el contenido de agua en la planta, se reduce la fotosíntesis y la producción de fotosintatos, afectando el desarrollo de la planta; a lo que agregan Yoshida *et al.* e IRRI, citado por Caraballo (2006), que este déficit de agua provoca una reducción en la altura de las plantas, que se acentúa con la duración del estrés y varía con la etapa de crecimiento; y es más afectada si la variedad ha sido seleccionada sólo para condiciones de riego.

Medias de alturas



Medias de alturas



Figuras 24 y 25. Medias de alturas para los 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis estadístico los genotipos mostraron iguales efectos en la variable número de nudos (Cuadro A55), siendo el único genotipo que presentó mayor número de nudos el Rojo de Seda irradiado con un valor de 18.72 con respecto al testigo con un valor de 14.06 nudos; los demás genotipos mostraron diferencias mínimas, ya que Vaina Blanca irradiado refleja un valor de 13.28 y su testigo con 12.50, Ferromás irradiado con 13.78 nudos y su testigo con 14.33 y Chaparrastique irradiado con 15.06 y su testigo con 14.83 (Figura 26). Lo anterior coincide con Ligarreto y Martínez (2002), que reporta un rango que varía de 3.2 a 17.2 nudos en plantas de frijol y según el CIAT, citado por Arias Restrepo *et al.* (2007), bajo condiciones similares de ambiente, el número de nudos del tallo se puede considerar como un caracter de poca variación y según Ventura Paniagua (1973), el número de nudos por planta como el número de granos por vaina, presentan

altos índices de heredabilidad. Por lo anterior se puede identificar que las pequeñas variaciones de los genotipos irradiados con respecto al testigo son debidas a la mutación, tomando en cuenta que el número de nudos está influenciado directamente por el hábito de crecimiento, ya que en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, el número de nudos es mayor que en las plantas de hábito de crecimiento determinado, debido a que en la fase reproductiva el tallo continúa creciendo (Debouck e Hidalgo 1984).

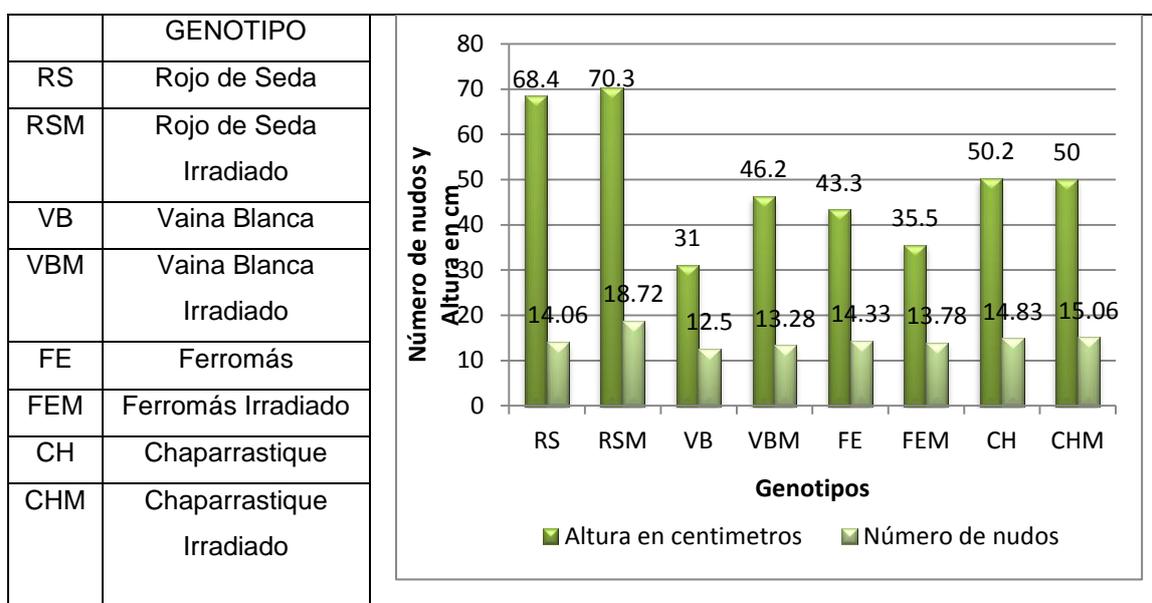


Figura 26. Número de Nudos en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Según el análisis estadístico, los genotipos mostraron iguales efectos en la longitud y ancho de hojas (Cuadro A56 y A57), pero en la Figura 27 se observan diferencias mínimas, donde todos los genotipos irradiados superaron al testigo en la fase de floración, y en la fase de plántula los irradiados resultaron inferiores que el testigo, esto lo explica Brauer (1980), quien asegura que las mutaciones son eventos que se presentan completamente al azar y cualquier gen puede mutar en cualquier momento y no se puede predecir en qué consistirá la mutación. Además en estudios realizados por Estrada Basaldúa (2011), con mutaciones en tubérculos de nardo, comino negro (*Nigella sativa* L.) y en plántulas de oyamel (*Abies religiosa*), han mostrado que la longitud y ancho de hojas disminuyó conforme aumentaban las dosis de irradiación con Co60, tomando en cuenta que la resistencia más importante para evitar la pérdida de vapor de agua por las plantas, está asociada con las hojas, ya que al tener mayor área foliar hay mayor transpiración y por ende mayor pérdida de agua, por lo que la planta reduce el área foliar, para evitar la pérdida de agua en condiciones de estrés hídrico (Martínez Moreno y Torres García 2003), pero existe la dificultad que de acuerdo a ArgenBio (s.f.), los mejores rendimientos se han logrado por el aumento del área foliar, ya que aumenta la tasa fotosintética.

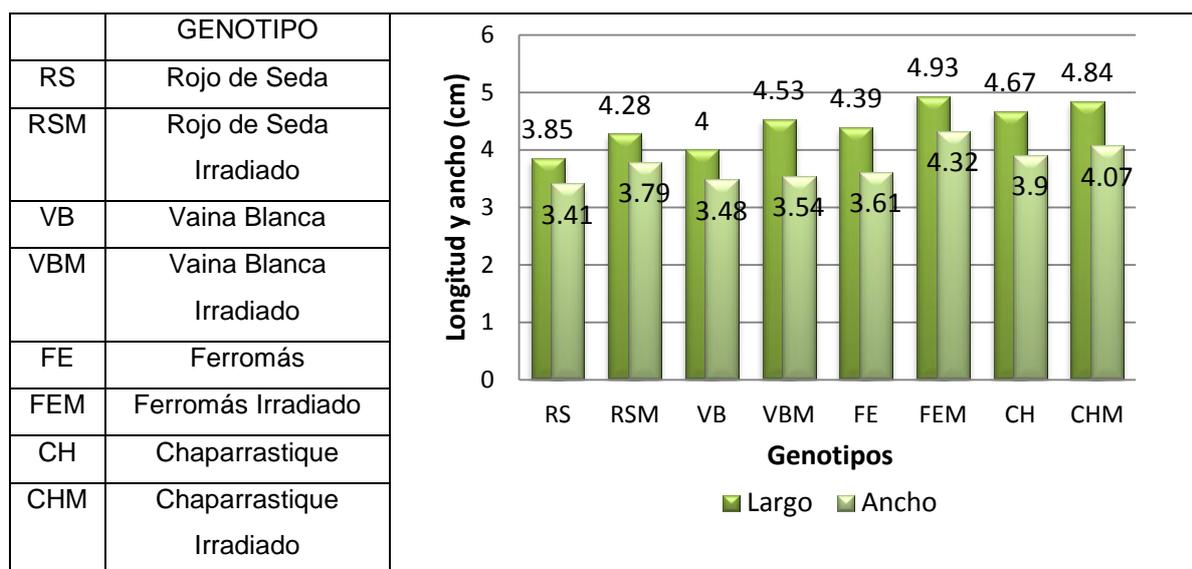


Figura 27. Longitud y ancho de hojas en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

4.3.3 Fase de cosecha

Según el Análisis de Varianza, los genotipos mostraron diferentes efectos con respecto a la variable longitud de vainas (Cuadro A58 y A59). En la investigación realizada por Rodríguez *et al.* (2006), afirman que la longitud ideal de la vaina es de 9 a 10 cm, considerándose como grande cuando alcanza una longitud arriba de este rango y pequeña cuando su longitud es menor a éste; por lo que en esta investigación se considera que las vainas son pequeñas, ya que todos los genotipos testigos tuvieron longitud de 8 a 9 cm y sus irradiados longitudes entre 6.6 y 7.6 cm. Estos resultados indican que los irradiados son inferiores a sus testigos y pueden considerarse como consecuencia del efecto de la mutación.

Según el análisis estadístico, los genotipos mostraron diferentes efectos en el ancho de la vaina (Cuadro A60 y A61), donde los mejores resultados se observan en los genotipos Rojo de Seda testigo con 1.03 cm y Chaparrastique testigo con 1.0 cm; y los que presentaron valores inferiores son Vaina Blanca Irradiado con 0.87 cm y Ferromás testigo con 0.8 cm (Figura 28). Estos valores son similares a los obtenidos por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), quienes afirman que el ancho de la vaina en frijol común es de 0.9 cm; observándose en la Figura 28, que esta variable posiblemente fue afectada por la inducción a mutación, ya que los testigos y sus irradiados presentan diferencias aunque sean mínimas y tomando en cuenta que en las siguientes generaciones, pueden variar debido a que estos resultados corresponden a la evaluación de la segunda generación de frijol irradiado.

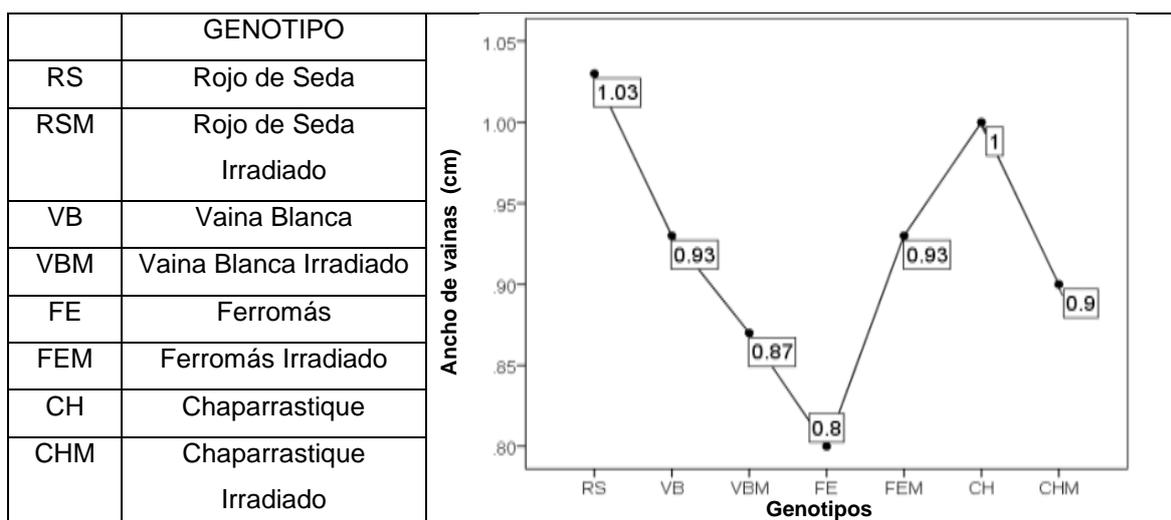


Figura 28. Promedio para la variable Ancho de Vainas en centímetros de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Estadísticamente los genotipos irradiados, mostraron diferentes efectos sobre la variable número de vainas por planta (Cuadro A62 y A63), como se observa en la Figura 29, donde los testigos presentaron mayor número de vainas por planta en comparación a sus irradiados. Los genotipos que mostraron mejores resultados fueron: Chaparrastique testigo con 12.66 y su irradiado con 9 vainas por planta, presentando los menores valores Ferromás testigo con 5.33 y su irradiado con 4 vainas. Probablemente estos resultados pudieron ser efecto de la mutación y de las segregaciones de los genotipos por estar en segunda generación. Al respecto MAG y CENTA (2011c), aseguran que para producciones óptimas, la media debe ser de 12 vainas por planta y Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), en su investigación aseguran que la producción de vainas por planta debe de ser de 11 a 17, y de acuerdo a lo encontrado por Granados Vásquez (1966), en su investigación realizada con genotipos irradiados indica que el número de vainas en segunda generación debería de ser un poco mayor al testigo, pero Coye, citado por Abellán Cisneros (1976), observó que a temperaturas de 35°C durante el día y a 29.5°C durante la noche, no se producen vainas, debido a que se disminuye la viabilidad del polen, y en datos registrados por el MARN (2013b), durante el período en que la planta se encontraba en las fase de floración y madurez, reporta temperaturas máximas de 37.5°C y mínimas de 17.4°C (Cuadro A71). Por lo anterior se considera que los genotipos irradiados, produjeron menor cantidad de vainas que sus testigos, ya que las mutaciones pudieron provocar mayor susceptibilidad a la temperatura, lo que influyó en el aborto de flores y en la poca producción de vainas.

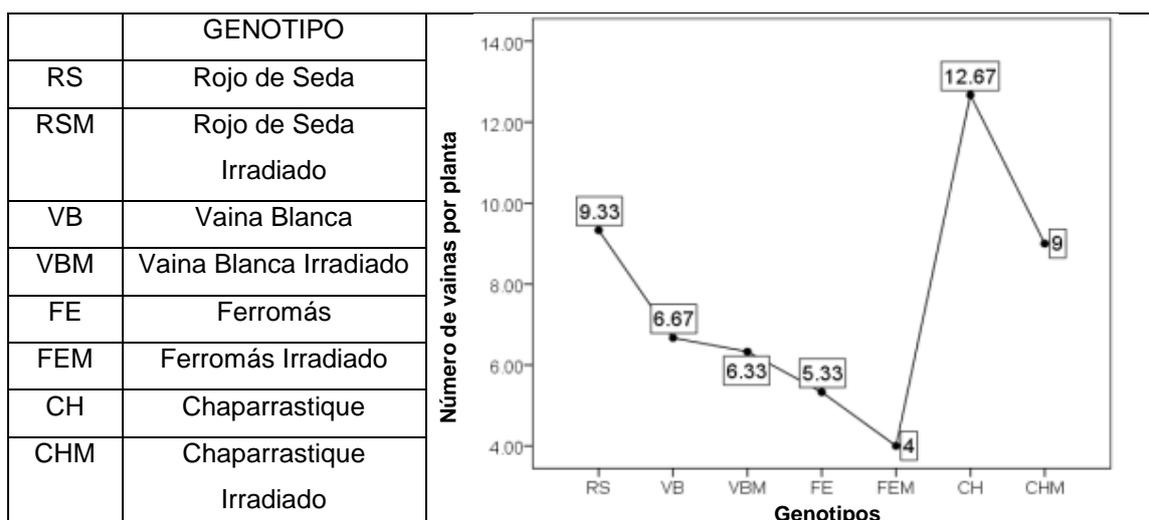


Figura 29. Promedio para la variable Número de Vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Según el análisis estadístico, los genotipos mostraron diferentes efectos en la variable número de semillas por vaina (Cuadro A64 y A65), mostrando que los genotipos irradiados que superaron a sus testigos fueron: Chaparrastique con una media de 4.67, Ferromás con 4 y sus testigos con 4.33 y 3.67 semillas por vaina respectivamente. En cuanto a Vaina Blanca irradiado produjo menor número de semillas por vaina que su testigo, correspondiendo 4 semillas para el genotipo irradiado y para el testigo 4.33 (Cuadro A46). En relación con los resultados obtenidos por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), la vaina debe tener 6 granos para obtener buenas producciones, coincidiendo con las investigaciones realizadas por MAG y CENTA (2011c), en los genotipos Rojo de Seda, Vaina Blanca, Chaparrastique y Ferromás en condiciones óptimas, por lo que se considera que la cantidad de semillas en los genotipos de esta investigación, son inferiores a los resultados presentados por estas instituciones, ya que fueron afectados por las condiciones de sequía en el caso de los testigos y en cuanto a los irradiados, la variabilidad observada puede ser efecto de la mutación debido a que los genotipos fueron evaluados en segunda generación.

Estadísticamente los genotipos irradiados, mostraron diferentes efectos sobre la variable peso de 100 semillas (Cuadro A66 y A67), presentando los mayores pesos en gramos de 100 semillas, los testigos Rojo de Seda con 18.8 g y Chaparrastique con 18.5 g, mientras que el único genotipo que supero a su testigo fue Vaina Blanca irradiado con 18.1 g, en cuanto al peso más bajo este corresponde a Ferromás Irradiado con 14.96 g (Figura 30). Estos resultados son inferiores a los presentados por MAG y CENTA (2011c), en los cuales exponen que los parámetros recomendados son de 25 g por 100 semillas. Al respecto Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), afirman que los pesos ideales deben variar entre los 20.20 g y los 25 g, probablemente esto se debe a que en los

genotipos testigos influyó el estrés hídrico, pero las diferencias con respecto a los irradiados, posiblemente se debe a que la irradiación pudo haber provocado mutaciones que influyeron en el peso de la semilla, tomando en cuenta que se ha evaluado la segunda generación y los genotipos están segregando.

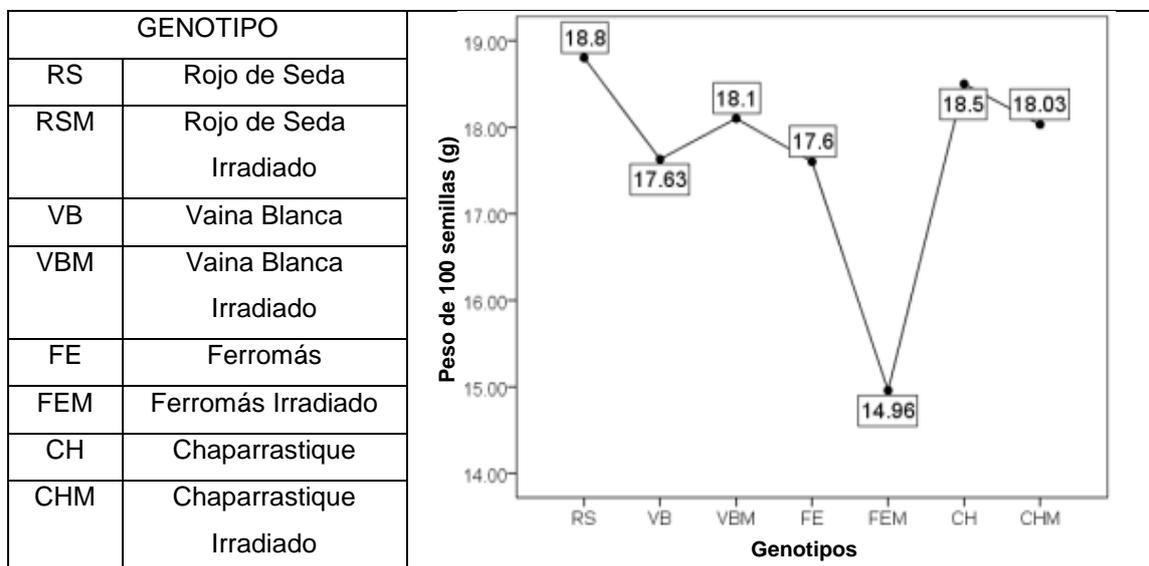


Figura 30. Promedio para la variable Peso de 100 Semillas en gramos de los genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

De acuerdo con el Análisis de Varianza (Cuadro A68), estadísticamente los genotipos mostraron iguales efectos sobre la variable rendimiento; presentando numéricamente los siguientes valores: Ferromás Irradiado con 3.19 QQ/Ha fue el que presentó menor rendimiento, debido a que éste genotipo fue el que produjo menor número de vainas por planta, mientras que los mejores rendimientos obtenidos, se deben al mayor número de vainas por planta y mayor peso en 100 semillas, que corresponden a Chaparrastique testigo y su irradiado con valores de 19.17 QQ/Ha y 14.22 QQ/Ha, Ferromás testigo con 10.37 QQ/Ha, seguido de Vaina Blanca irradiado con 9.59 QQ/Ha y su testigo con 8.84 QQ/Ha, en cuanto a Rojo de Seda testigo es el que obtuvo uno de los mejores rendimientos con 12.19 QQ/Ha, no así su material irradiado que no presentó producción, ya que algunas plantas no florecieron y las demás abortaron y según lo descrito por Graham y Ranalli (1997), esto se debe a que los frijoles son particularmente susceptibles a la sequía durante la floración, ocurriendo un significativo aborto de flores y de frutos cuando se suspende el agua en esta etapa. Al respecto Doss *et al.*, citado por Aguilar Sanmiguel (1986), indican que la reducción en el rendimiento depende mayormente de este mismo factor, pero también es influenciado por la duración de la tensión hídrica y Magalhaes y Millar, citado por Aguilar Sanmiguel (1986), afirma que la relación entre el rendimiento y el número de días de déficit hídrico, muestra que los rendimientos son seriamente afectados cuando el déficit impuesto perdura por más de 17 días. Márquez,

citado por Oporta Pichardo y Rivas Cáceres (2006), menciona que el rendimiento del frijol está en función de varias características anatómicas y morfológicas, que tienen que ver con el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y el peso de la semilla. En el estudio realizado por Granados Vásquez (1966), en frijol irradiado en segunda generación, indica que los rendimientos que se obtienen en los genotipos irradiados, son mayores con respecto a sus testigos, caso contrario a esta investigación, ya que el rendimiento de los genotipos irradiados fue más bajo que sus testigos, debido a que estos produjeron mayor cantidad de vainas por planta y peso de la semilla, a excepción de Vaina Blanca irradiado que fue el único que supero a su testigo en rendimiento.

Estadísticamente los valores del Análisis de Varianza (Cuadro A69), muestran diferentes efectos entre los genotipos y la variable número de plantas que sobreviven por unidad de área (Cuadro A70), entre estos están: Chaparrastique irradiado con el 46% de sobrevivencia, seguido de Vaina Blanca testigo con el 34.63% y los que soportaron en menor grado el estrés hídrico, fueron los genotipos Rojo de Seda testigo con el 13.38% junto con Ferromás Irradiado con el 12.35% (Figura 31). De acuerdo con Morros, citado por Suárez Pascua y Solís Rodríguez (2006), aseguran que la cantidad de plantas cosechadas se encuentran influenciadas por los factores genéticos de la plantas (en las etapas de crecimiento y desarrollo), bióticos y abióticos del ambiente, así como también la condición del estrés hídrico puede afectar a la mayor parte de las funciones vitales, de forma que no hay, prácticamente, ningún proceso fisiológico que no esté afectado por el déficit hídrico y cuando este es muy pronunciado se produce caída de la hoja, acumulación de solutos orgánicos y la marchitez de la planta, e inclusive la muerte. Esto coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que en la muerte de las plantas influyo el estrés hídrico y la incidencia de plagas y enfermedades (Cuadro 1) en las diferentes fases fenológicas.

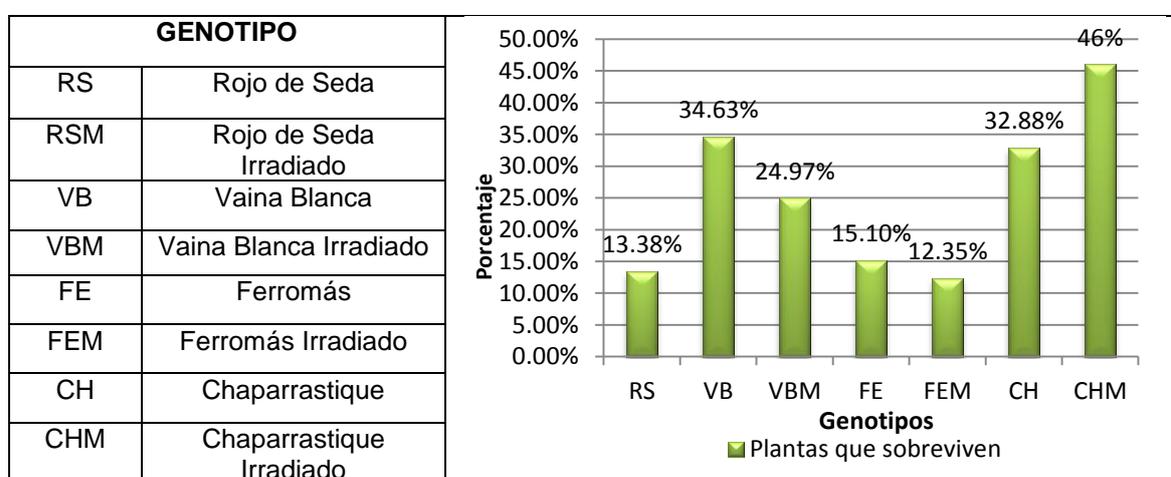


Figura 31. Número de plantas que sobreviven por unidad de área de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Brauer y Davis, citado por Vallejos Treminio y Martínez Maltez (2005), coinciden en que la mayoría de caracteres cuantitativos se deben a la herencia poligénica, por lo tanto tienen influencia del genotipo y el medio ambiente y la interacción entre ellos, por esta razón la expresión de estos caracteres puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales. En cuanto a la floración que es de las variables mayormente relacionadas con la tolerancia a sequía, Pinales Quiroz (1995), ha demostrado en su estudio que estadísticamente, las etapas más crítica para el rendimiento de grano es la floración y madurez; y Berlijin, citado por Pinales Quiroz (1995), encontró que el período crítico de consumo de agua para el frijol, es desde la floración hasta unas tres semanas antes de la cosecha. Robins y Domingo, citado por Abellán Cisneros (1976), consideran que la sequía resulta más perjudicial 15 días antes de la floración, porque reduce el número de granos por vaina y el número de vainas bien formadas y que también es perjudicial si ocurre al inicio o durante la maduración, ya que disminuye el peso de los granos.

Por tanto, lo observado en los genotipos en estudio, demostró que la irradiación provocó mutaciones que se evidenciaron en varias características cualitativas y cuantitativas, pero el genotipo que mostró características relacionadas con la tolerancia a sequía es Vaina Blanca irradiado, ya que en variables fenológicas como días a floración, madurez y cosecha, fue el que mostró mayor precocidad con respecto al testigo, además en las variables longitud y ancho de hoja y la relación con la altura de la planta, muestra que los genotipos testigos redujeron el tamaño de la hoja y la altura de la planta, en cambio los irradiados presentaban mayores valores, que es un indicador de que los genotipos, posiblemente están preparados fisiológicamente para soportar el estrés sin necesidad de modificar el tamaño de la hoja y de la planta, como en el caso de los testigos que según May y Milthorpe, y Turner citado por Mujica *et al.* (s.f.), es uno de los mecanismos para tolerar la sequía. También se debe considerar que esta investigación se realizó con genotipos en segunda generación, por tal razón están segregando y cabe la posibilidad que en las próximas generaciones, los genotipos irradiados presenten características deseables con respecto a la tolerancia de la sequía.

En cuanto a las condiciones climáticas a las que fueron sometidos estos genotipos, durante todo su ciclo fenológico, ocurrieron temperaturas máximas de 37.5°C y mínimas de 16.0°C, que pueden haber influido en el crecimiento, en la poca producción de vainas y el bajo rendimiento, a lo que Viglierchio y Went, citado por Abellán Cisneros (1976), dicen que el mayor crecimiento bajo condiciones controladas se da entre los 23 y 26°C. Y Stobbe *et al.*, citado por Abellán Cisneros (1976), indican que el mayor número de flores y frutos se obtiene a 29.5°C en el día y de 21°C durante la noche, también expresa que la

temperatura influye en la duración del período de cambio entre la floración y la cosecha. Y Begg y Turnes, citado por Pinales Quiroz (1995), dicen a que a mayor temperatura se disminuyen los días a maduración y que la etapa reproductiva del frijol es la más susceptible a sequía desde el punto de vista rendimiento, además la temperatura es un factor ambiental que afecto el rendimiento en esta investigación, ya que incide en la disminución del número de vainas en la cosecha y el peso de las semillas.

En cuanto al mejoramiento genético para la tolerancia a sequía en frijol, se encuentra la variedad Diquís (Costa Rica), a través de cruza de materiales de grano rojo brillante, el cual resultó de varios cruzamientos y a la vez fruto de la labor de agricultores en la región, provenientes de variedades criollas o tradicionales (Hernández Fonseca y Araya Villalobos, 2009). Además existen otros cultivos que se han generado a través del mejoramiento genético convencional (cruzamientos) y no convencional (químicos, físicos y los genéticamente modificados), en los que se encuentra la soja (*Glycine max*), que presentó altos rendimientos al ser sometida a condiciones de sequía; el maíz (*Zea mays*) que bajo condiciones de limitación hídrica, han generado germoplasma mejorado que es capaz de producir buenos rendimientos, comparados con híbridos convencionales susceptibles (Campos *et al.* 2006), en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*), Enyi, citado por Caraballo (2006), informa que al someter las plantas a períodos prolongados de sequía, el área foliar se redujo hasta un 60% dependiendo del genotipo, disminuyendo el crecimiento de la planta en altura, producción de materia seca y el rendimiento.

5. CONCLUSIONES

Fenológicamente, todos los genotipos irradiados fueron más tardíos con respecto a sus testigos en cuanto a días a emergencia de la plántula, mientras que para los días a floración, días a maduración y días a cosecha, el genotipo Vaina Blanca irradiado mostro mayor precocidad con respecto a su testigo.

La irradiación realizada con rayos gamma en semillas de frijol de las variedades en estudio, cambió la genética de la planta, observando en la segunda generación cambios morfológicos y la presencia de albinismo los que se consideran como indicadores de genotipos mutantes por efecto de la irradiación.

La presión de selección mediante la afectación del régimen hídrico en los genotipos irradiados, mostro que Vaina Blanca soporto más el estrés hídrico en cuanto a rendimiento con respecto a su testigo.

Las diferencias observadas entre los genotipos testigos e irradiados fueron ocasionadas por la segregación de las plantas por estar en segunda generación y cabe la posibilidad que en las próximas generaciones los genotipos irradiados presenten características deseables con respecto a la tolerancia de la sequía.

El genotipo Rojo de Seda mostró mayor susceptibilidad a las condiciones ambientales durante la fase de floración, provocando el aborto de las flores por efecto de la irradiación con Cobalto 60.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con la evaluación de los genotipos Vaina Blanca y Chaparrastique irradiados por presentar las mejores características fenológicas y morfológicas relacionadas a la tolerancia de la sequía.

Realizar la siembra en los meses de noviembre a febrero en las próximas generaciones, para garantizar que la planta sea inducida al estrés hídrico en la fase de floración hasta la cosecha.

Se sugiere realizar las próximas evaluaciones bajo condiciones controladas en un propagador o invernadero y al mismo tiempo en campo, para identificar las variables que son influenciadas por el medio ambiente.

7. Bibliografías

1. Abellán Cisneros, EE. 1976. Influencia de algunas variables climáticas de la producción de biomasa y grano en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). (en línea). Tesis. Lic. Universidad de Costa Rica. 58 p. Consultado el 15 nov. 2013. Disponible en <http://www.biologia.ucr.ac.cr/cont.php?id=11>
2. Adaptación de las plantas a la aridez. s.f.. (en línea). Consultado 16 ene. 2013. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/668/adaptaciones.pdf>
3. Acquaah, G. 2008. Principles of plant genetics and breeding. Oxford, UK, Blacwell Publishing. p. 199-212.
4. Aguilar Sanmiguel, M. 1986. Efecto de la tensión hídrica edáfica en las diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de *Phaseolus accutifolius* var. *Latifollius* F. y *Phaseolus vulgaris* L. (en línea). Tesis Mag. Sc. Nuevo León, MX, Universidad Autónoma de Nuevo León. 106 p. Consultado 07 feb. 2013. Disponible en http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080072440/1080072440_02.pdf
5. Ángel, AL. 2012. Sequía aquí, sequía allá: ¿qué pasará con los alimentos en El Salvador?. (en línea). Consultado 12 ene. 2012. Disponible en <http://amyangel5.wordpress.com/2012/08/17/sequia2/>
6. ArgenBio (Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología, AR). s.f. La fotosíntesis II: Fotosíntesis y biotecnología. (en línea). Consultado 23 oct. 2013. Disponible en <http://www.porquebiotecnologia.com.ar>
7. Arias Restrepo, JH; Rengifo Martínez, T; Jaramillo Carmona, M. 2007. Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. (en línea). Consultado 25 oct. 2013. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao>
8. Barajas Moreno, JA. s.f. Producción de Frijol en México. (en línea). Consultado 15 feb. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/>
9. Barboza, E. 2005. Herencia y ambiente. (en línea). Consultado 28 sep. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/>
10. Brauer H, O. 1980. Genética aplicada: los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad. México, LIMUSA S.A p. 416

11. Camilo, J. 2009. El Frijol: etapa de floración. (en línea). Consultado 21 jul. 2013. Disponible en <http://elfrijolbello.blogspot.com>
12. Campos, H; Cooper, M; Edmeades, GO; Löffler, C; Schussler, JR; Ibañez, M. 2006. Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the U.S. Corn Belt. (en línea). Iowa, US. p. 376-377. Consultado 01 nov. 2013. Disponible en http://www.maydica.org/articles/51_369.pdf
13. Caraballo, RA. 2006. I curso de capacitación en mejoramiento genético en Arroz. (en línea). IIArroz, La Habana, CU. Consultado 02 nov. 2013. Disponible en <http://agr.unne.edu.ar/fao/Cuba-ppt/>
14. Castillo Mendoza, M; Ramírez Vallejo, P; Castillo González, F; Miranda Colín, S. 2006. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México.(en línea).México DF, MX, Colegio de Postgraduados. p. 112-113. Consultado 10 nov. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/610/61029203.pdf>
15. Castiñeiras, L *et al.* 2008. Manejo de la variabilidad de *Phaseolus lunatus* (frijol caballero) conservada en comunidades rurales de cuba. (en línea). Consultado 24 oct. 2013. Disponible en <http://www.uh.cu/>
16. Ceccarelli, S *et al.* 2009. Plant breeding and farmer participation. Rome, IT, FAO. p. 160-192.
17. CENTA (Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba, SV). 1977. Notas sobre los cursos de producción de Maíz y Frijol: mejoramiento varietal de frijol. Ed. R V Acevedo. Santa Tecla, S V. p. 97-101.
18. Cheah, CH; Lim, ES. 1982. Mutation breeding of *Phaseolus vulgaris* L.: studies on the effects of irradiation dosage to resolve a suitable procedure of handling M₁ and M₂ generations. (en línea). Selangor, MY, Universiti Pertanian Malaysia. Consultado 26 oct. 2013. Disponible en <http://psasir.upm.edu.my/2160/>
19. Christiansen, MN; Lewis, CF. 1987. Mejoramiento de plantas en ambientes pocos favorables. Trad. FJ Castro Rivera. México D.F., MX, LIMUSA. p. 234.

20. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1993. Descriptores varietales: Arroz, Maíz, Frijol y Sorgo. Eds. G Muños; G Giraldo; J Fernández de Soto. Cali, CO. 174p.
21. _____. 2008. Análisis del proceso de Biofortificación de variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) andino de tipo comercial "calima" en Colombia. (en línea). Consultado 21 jul. 2013. Disponible en <http://www.agrosalud.org>
22. COVECA (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, MX). 2011. Monografía de frijol. (en línea). Consultado 05 jul. 2013. Disponible en <http://portal.veracruz.gob.mx/>
23. CRS (Catholic Research Service, US); CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO); CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center, US). 2012. Tortillas en el comal: el sistema de maíz y frijol de América Central y el cambio climático. Cali, CO, CIAT. p. 1-2.
24. Debouck, DG; Hidalgo H, R. 1984. Morfología de la planta de frijol común. (en línea). CIAT. Consultado 22 ago. 2013. Disponible en <http://books.google.com.co/>
25. Delgado de la Flor Badaracco, LF. 1970. Frecuencia de mutaciones inducidas por radiación gamma y metanosulfonato de etilo en la semilla de frijol. (en línea). Tesis. Mag. Sc. Turrialba, CR, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Consultado 24 oct. 2013. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr>
26. Delgado Salinas, A. 2012. El frijol un regalo de México al mundo. México D.F., MX, Fundación Herdez. p. 20-22.
27. Diario Co Latino. 2013. Pérdidas en un 5.1% debido a la sequía en la zona Oriental. (en línea). Consultado 30 Nov. 2013. Disponible en <http://www.diaricolatino.com>.
28. Díaz Gálvez, MG. 2001. Caracterización genética de la resistencia del frijol común a la mancha angular. (en línea). Tesis Ing. Agr. Honduras, El Zamorano. 61p. Consultado 25 nov. 2013. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1438/1/T1296.pdf>
29. Elliot, FC. 1964. Citogenética: mejoramiento de plantas. Trad. A Marino A. México, DF, MX, Editorial Continental. p. 139-140.

30. Estrada Basaldua, JA. 2011. Efecto de rayos gamma ^{60}Co en nardo (*Polianthes tuberosa* L.). (en línea). Consultado 25 oct. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org>
31. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2012. Análisis de las Consecuencias a mediano plazo del Huracán Mitch sobre la seguridad alimentaria en América Central. (en línea). Roma, IT. Consultado 17 jul. 2013. disponible en www.fao.com/
32. FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, CO). 2010. El cultivo del frijol, historia e importancia. Cundinamarca, CO. p. 30-31. Consultado 18 sep. 2013. Disponible en http://www.fenalce.org/arch_public/frijol93.pdf
33. Freytag, GF; Debouck, DG. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the Genus *Phaseolus* (*Leguminosae-Papilionoideae*) in North America, Mexico and Central America. Texas, US, BRIT. p. 6.
34. FUNDE (Fundación Nacional para el Desarrollo, SV). 2006. El Salvador: perspectivas de los granos básicos en el tratado de libre Comercio entre Centro América y Estados Unidos. (en línea). Consultado 14 jul. 2013. Disponible en www.repo.funde.org
35. Graham PH, Ranalli, P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). (correo electrónico). Minnesota, US, Elsevier Science. p. 133-141.
36. Granados Vásquez, R. 1966. Efecto de la irradiación gamma en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV, Universidad de El Salvador. p.1.
37. Guzmán Medrano, EE. s.f. Genética. Coahuila, MX, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 46 p.
38. Hernández Fonseca, JC. 2009. Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). San José, CR. 79p.
39. _____; Araya Villalobos, R. 2009. Diquís, variedad de frijol de grano rojo brillante. San José, CR, PITTA-Frijol. 36 p.
40. Hernández Ríos, I; García Herrera, EJ; Pastor López, FJ; Tarango Arámbula, LA; Becerra Rivas, JJ; Torres Torres, ME; Martínez Castañeda, O; Valverde

- Castañeda, A; García Ramírez, JP; Espinoza Ramírez, A; Cedillo Martínez, I; Talavera Magaña, D; Quero Carrillo, AR; Amante Orozco, A; Rössel Kipping, D; Ortiz Laurel, H; Tiscareño Ramírez, AB. 2003. Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de San Luis Potosí: caracterización de la cadena agroalimentaria del Frijol de riego e identificación de sus demandas tecnológicas. (en línea). Consultado 26 jul. 2013. Disponible en <http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/frijol-riego.pdf>
41. Hernández Soto, LR. 1986. Estudio preliminar de las causas del volcamiento en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). (en línea). Tesis Lic. Bio. Universidad de Costa Rica. 66 p. Consultado 24 oct. 2013. Disponible en www.biologia.ucr.ac.cr/cont.php?id=11
42. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2009. Guía Técnica para el cultivo del frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepeque y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. (en línea). Consultado 18 ago. 2012. Disponible en http://infoagro.net/infotec/redsicta/PDF_Files/guiaTecnicaFrijol_Boaco.pdf
43. _____. 2010. Guía técnica para la producción artesanal de semilla de frijol. (en línea). Estelí, NI. Consultado 28 oct. 2013. Disponible en <http://infoagro.net/>
44. Jenkins, JB. 1986. Genética. Barcelona, ES, Reverté. S.A. p. 512
45. Jiménez Chavarría, M. 2008. Descripción morfológica e histológica del desarrollo ontogénico del eje embrionario cigótico de cuatro variedades costarricenses de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de cultivo *in vitro*. tesis Lic. Bio. Universidad de Costa Rica. 136 p. www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/MarisolJimenez.pdf
46. Juárez, A. 1989. Mejoramiento de la resistencia a sequía en trigo. Ed. MM Kohli. Argentina, CIMMYT. p. 40 – 46.
47. Jugheneimer, R. 1981. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. México D.F. MX, Limusa. p. 96
48. León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José, CR, IICA. 522p.

49. Ligarreto M, GA; Martínez W, O. 2002. Variabilidad genética en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): 1 análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas (correo electrónico). Bogotá, CO. p. 69-79.
50. López Castañeda, C. s.f. Rendimiento de maíz y frijol en la agricultura de secano en México. (en línea). México D.F., MX, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. 9 p. Consultado 30 oct. 2013. Disponible en <http://www.uaemex.mx/>
51. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2007. Análisis de mercado de granos básicos en Centroamérica: enfoque en El Salvador. (en línea). Consultado 21 jul. 2013. Disponible en: <http://www.amyangel.webs.com/ESfinal.pdf>
52. _____. 2012. Retrospectiva de frijol 1955-1956-2012. (en línea). San Salvador, SV. Consultado 10 oct. 2012. Disponible en <http://www.mag.gob.sv/index.php>.
53. _____.; DGEA (Dirección General de Economía Agropecuaria, SV). 2012. Anuario de estadísticas agropecuarias 2010-2011. San Salvador, SV. p. 15-16.
54. _____. 2013. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2011-2012. San Salvador, SV. p. 17-18.
55. _____.; CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba, SV). s.f. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. La Libertad, SV. 23 p.
56. _____. 1996. Resultados de investigación 2005. La Libertad, SV. 57 p.
57. _____. 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. La Libertad, SV. p. 6.
58. _____. 2011a. CENTA Ferromás. La Libertad, SV. 2 p.
59. _____. 2011b. CENTA Chaparrastique. La Libertad, SV. 2p.
60. _____. 2011c. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. (en línea). Consultado 12 sep. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com>
61. MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, ES). 2013. ¿Qué es el cambio climático y como nos afecta? (en línea). Consultado 21 ago. 2013. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/>

62. MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2012. Boletín climático anual del 2012. (en línea). Consultado 12 Jul. 2013. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima/climatico+anual/>
63. _____. 2013a. Estrategia nacional de cambio climático. (en línea). Consultado 27 ago. 2013. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/>
64. _____. 2013b. Registros de temperaturas máximas, mínimas y medias; humedad relativa, precipitación diaria y luz solar (correo electrónico). San Salvador, SV. 3 p.
65. Martínez Moreno, D; Torres García, JR. 2013. Manual teórico: fisiología vegetal. (en línea). Consultado 1 nov. 2013. Disponible en <http://www.biologia.buap.mx>
66. Mayek Pérez, N. 2008. Patrones de diversidad genética en germoplasma criollo de frijol en México e identificación de potenciales fuentes de resistencia a enfermedades (SIP20070061). (correo electrónico). Tamaulipas, MX, Instituto Politécnico Nacional. 13 p.
67. Meza Nieto, J. ed. 1965. Semillas: manual para el análisis de su calidad. México, Herrero. 514 p.
68. Miranda Colín, S. 1969. Estudio sobre la herencia de tres caracteres de frijol. (en línea). (4)1:115-122. Consultado 07 nov. 2013. Disponible en <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1924%E2%80%8E>
69. Moore, P.H; Ming, R. 2008. Genomics of Tropical Crop Plants. New York, US, Springer. p. 113-134.
70. Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J. s.f. Resistencia a factores adversos de la quinua. (en línea). Consultado 10 feb. 2012. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap7.htm>
71. Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández de Soto, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali, CO, CIAT. p. 51-80.
72. Omae, H; Kumar, A; Shono, M. 2012. Adaptation to high temperature and water deficit in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the reproductive period. (correo electrónico). Ishigaki, JP, Hindawi Publishing Corporation. no. 2012:6-7.

73. Oporta Pichardo, ES; Rivas Cáceres, AM. 2006. Efecto de la densidad poblacional y la época de siembra en el rendimiento y la calidad de la semilla de una población de caupi rojo [*Vigna unguiculata* (L.) en la finca El Plantel. (correo electrónico). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 31 p.
74. Orellana Núñez, 2012. Mejora de los cultivos alimentarios en América latina por mutación inducida. (correo electrónico). San Salvador, SV, UES-ARCAL. p. 14.
75. Pabón Calderón, LA. 2011. Inducción de mutaciones mediante radiaciones gamma de (*Passiflor edulis sim var. edulis*). (en línea). Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC, CO. Consultado 09 sep. 2012. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.com>
76. Paniagua Guerreo, CV. 1973. Estimación de la hereditabilidad de componentes del rendimiento en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). (en línea). Tesis Mag. Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, CR. 48 p. Consultado 24 oct. 2013. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr>
77. Paredes López, O. 2001. Frijol, un caso del silencioso abandono de los recursos genéticos en México: pérdida de la riqueza genómica. (en línea). Consultado 12 ene. 2013. Disponible en <http://www.jornada.unam.mx/2001/04/30/cien-lopez.html>
78. Pérez Cabrera, CA; Reyes Castillo, CH. 2002. Mejoramiento de frijol para rendimiento, tolerancia al calor, humedad limitada y enfermedades. La Libertad, SV, CENTA. 44 p.
79. Pérez Pérez, JL. s.f. Cultivo *in vitro* de tejidos vegetales en *Phaseolus sp.* (en línea). Consultado 29 ago. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/>
80. Pinales Quiroz, JF. 1995. Estudio agrobiológico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego y punto de riego en Anahuac, N.L. (en línea). Tesis Mag. Sc. Universidad Autónoma de Nuevo León, MX. p. 19-20. Consultado 9 nov. 2013. Disponible en <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020091529.PDF>
81. Rangel Urrea, W. s.f. Aplicación de la irradiación gamma. (en línea). Consultado 10 jul. 2013. Disponible en <http://www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/>
82. Rodríguez, MR; Ramírez Vallejo, P; Castillo González, F; Miranda Colín, S; Estrada Gómez, JA. 2006. Diversidad en características de interés agronómico de

- poblaciones nativas de frijol común en asociación con maíz. (en línea). Consultado 20 Sep. 2013. Disponible en <http://www.somas.org.mx/pdf/>
83. Sangerman Jarquin, DM; Acosta Gallegos JA; Schwenstesius de Rindermann, R; Damián Huato, MA; Larqué Saavedra, BS. 2010. Consideraciones e importancia social en torno al cultivo de frijol en el centro de México. (en línea). México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Consultado 18 jul. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120630007>
84. Sandoval Recinos, HN. 1987. Selección de líneas con alto potencial de rendimiento en dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mutagenizadas con rayos gamma Co60. (en línea). Tesis Ing. Agr. Universidad San Carlos, Guatemala. Consultado 30 oct. 2013. Disponible en <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/>
85. Salazar López, S. 1984. Evaluación de mutaciones inducidas por radiación gamma (Co60) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (en línea). Tesis Lic. Agr. Universidad de San Carlos. Guatemala. 110 p. Consultado 23 oct. 2013. Disponible en <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/>
86. SE (Secretaría de Economía, MX). 2012. Análisis de la cadena de valor del frijol. (en línea). México D.F., MX. Consultado 08 jul. 2012. Disponible en www.economia.gob.mx/files/.../analisis_cadena_valor_frijol.pdf
87. Serrano, R. 2012. ¿Por qué tener un mapa genético del frijol?. (en línea). México D.F, MX, IPICYT. Consultado 18 jul. 2013. Disponible en <http://invdes.com.mx/tecnologia/>
88. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, MX); SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX). 2012. Frijol Variedades. (en línea). Consultado 17 jul. 2013. Disponible en <http://portal.veracruz.gob.mx/>
89. Sinnott, EW; Dunn, LC; Dobzhansky, T. 1961. Principios de genética. Trad. A Prevosti. Barcelona, ES, OMEGA S.A. p. 272-317.
90. SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales); MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Sequía Meteorológica se Amplia. (en línea). Consultado 16 Nov. 2013. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/>

91. Suárez Crestelo, E. 2006. I curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. (en línea). La Habana, CU, IIArroz. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en <http://agr.unne.edu.ar/fao/>
92. Suárez Pascua, EC; Solís Rodríguez, EJ. 2006. Caracterización y evaluación de 24 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Centro Experimental "La Compañía", Carazo. (correo electrónico). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 51 p.
93. Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Madrid, ES, Ministerio de Medio Ambiente. p 163-190.
94. Vallejos Treminio, B; Martínez Maltez, LH. 2005. Caracterización y evaluación de 7 genotipos de frijol común grano rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Estación Experimental La Compañía, Carazo. (correo electrónico). Tesis Ing. Agr. Managua NI, Universidad Nacional Agraria. 42 p.
95. Vargas JB. 2013. Manual de manejo del cultivo de frejol en Bolivia. (en línea). Santa Cruz de la Sierra, BO, Editorial Boltagro. Consultado 19 jun. 2013. Disponible en <http://jubovar.blogspot.com/>
96. Ventura Paniagua Guerrero, C. 1973. Estimación de la hereditabilidad de componentes del rendimiento (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, IICA. 136 p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2775E/A2775E.PDF>
97. Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su Origen. Cali, CO, CIAT. p. 4, 13.
98. Wite Huaranga Joaquín, A; Huanuqueño Coca, EH. 2011. Manual de prácticas de fitomejoramiento general. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 17-19.
99. WIKIPEDIA. 2013. *Phaseolus*. (en línea). Consultado 22 ago. 2013. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Phaseolus>
100. Yadav, SS; McNeil, DL; Redden, R; Patil, Sharanagouda A. 2010. Climate Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops. (correo electrónico). New York, US, Springer. 460 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de las principales variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados en el país. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Variedades Descripción	CENTA Cuzcatleco	Rojo Salvadoreño	CENTA Jiboa	CENTA Izalco	Rojo Seda	CENTA chaparrastique	CENTA Ferromás	CENTA San Andrés	CENTA Pipil	CENTA 2000	CENTA Nahuat	Vaina Blanca
Adaptación (Msnm)	100-1400	100-1400	300-1400	400-1200	400-1200	350-1500	350-1500	30-1500		100-1500	100-1500	>400
Habito de crecimiento	II B	IIA	IIB	IIIB	IIIB	IIB	IIB	IIA	IIB	IIA	IIB	IIB
Días a floración	37	34	37	32	32	38	38	34	34	35	33	36
Días a madurez	70	67	68	65	65	70	70	68	70	68	68	70
Días a cosecha	75	75	80	75	80	80	80			75	75	80
Color de la flor	Blanca	Blanca	Blanca	Blanca		Blanca	Blanca			Blanca		Blanca
Color del grano	R. oscuro	R.S.oscuro	Rojo claro		Rojo oscuro	R. C brillante	R. claro	R. Brillante	R. brillante	R. brillante	R. brillante	R. oscuro
Peso 100 semillas (g)	24	20	24	26	25	25		28		23		
Nº vainas/Planta	20	26	16	16	12			23		23	23	
Nº Semillas/Vaina	6	6	6	6	6	6		6		6	6	
Rendimiento QQ/Ha	43	43	43	36	25	50	50	47		31	50	26
PLAGAS												
V.Mosaico Dorado	R	R		S	S	R	R	R	R	R	R	S
V.Mosaico Común	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	S
Mancha angular		T	S	S	S	T	S		T	T	T	S
Roya		T	R	S	S	T	T	S	S	S	T	S
Mustia hilachosa	T	T	T	S	S	T	S					S
Bacteriosis común		S		S	S	S	S	T	T	T		

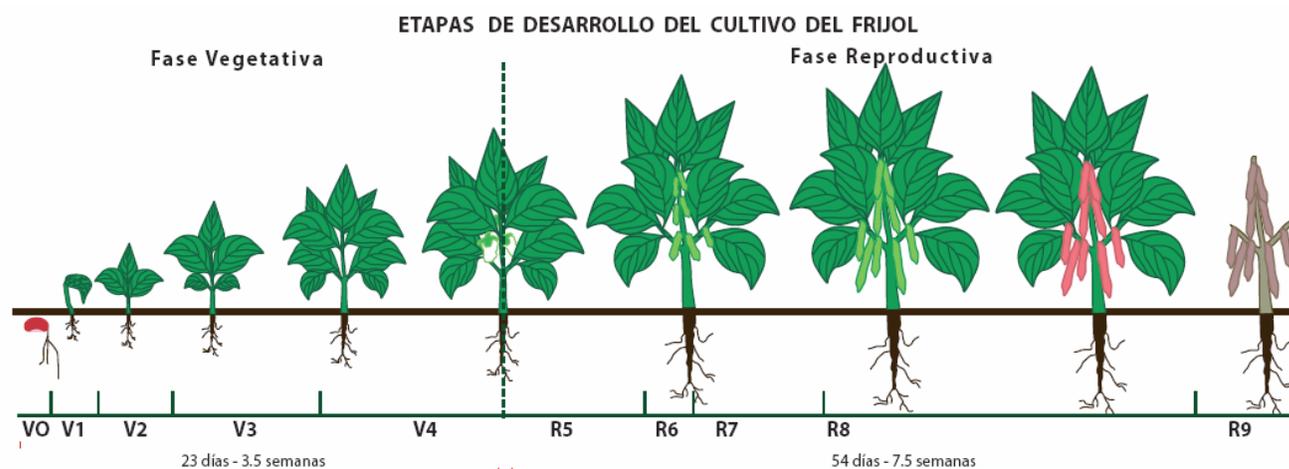
Fuente: IICA/ COSUDE, Proyecto RED SICTA, 2009.

Anexo 2. Análisis bromatológico de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO
Energía metabolizable (Kcal EM/kg)	3025.25
Proteína cruda (%)	21.50
Lisina %	1.31
Metionina %	0.62
Calcio	1.00
Fósforo (disponible) %	0.46
Fósforo total %	0.65
Materia seca %	89.47
Extracto etéreo %	5.84
Fibra cruda %	4.31

Fuente: Universidad del Zulia 2007

Anexo 3. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



Fase	Etapa	Código	• DDS
Vegetativa	Germinación	V0	0-5
	Emergencia	V1	5-7
	Hojas primarias	V2	7-11
	Primera hoja trifoliada	V3	11-16
	Tercera hoja trifoliada	V4	16-23
Reproductiva	Prefloración	R5	23-32
	Floración	R6	32-36
	Formación de vainas	R7	36-44
	Llenado de vainas	R8	44-62
	Maduración	R9	62-77

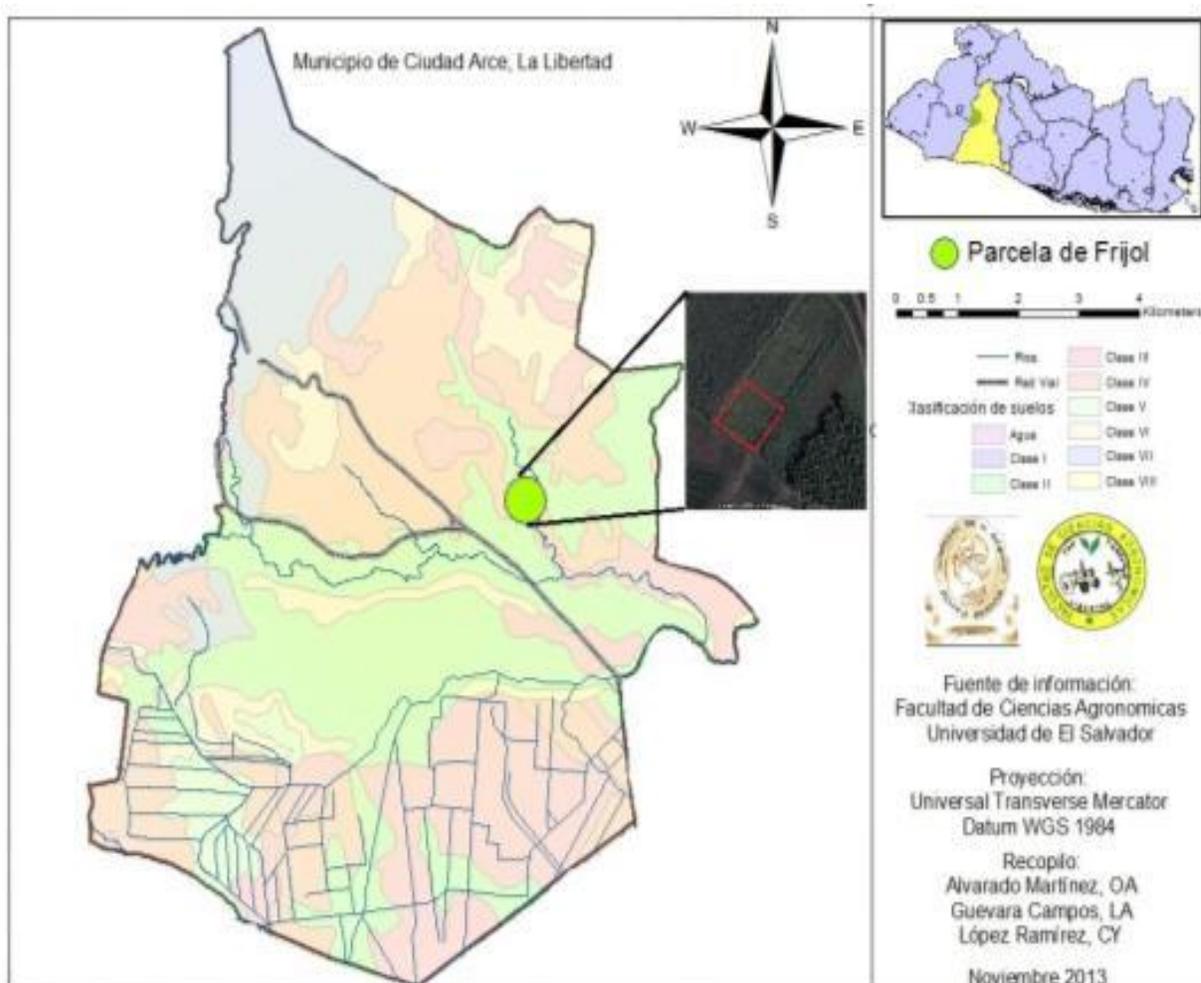
Fuente: IICA/ COSUDE, Proyecto RED SICTA, 2009.

Anexo 4. Requerimientos hídricos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

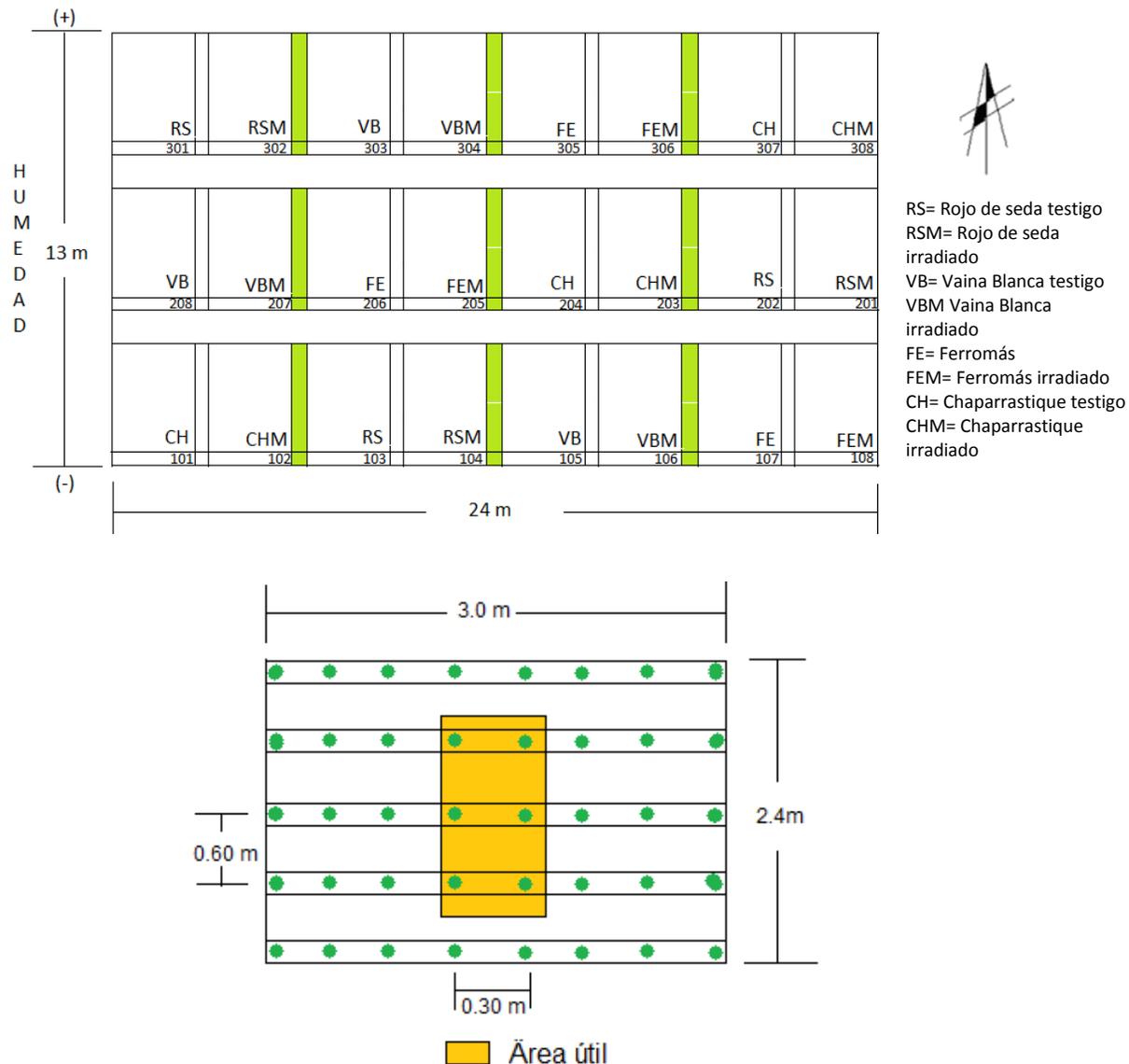
Decanos	1	2	3	4	5	6	7	8
Días del cultivo	0 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	41 a 50	51 a 60	61 a 70	71 a 80
Milímetros	19.35	37.57	48.1	43.65	40.5	35.77	10.7	9.7

Fuente: IICA/ COSUDE, Proyecto RED SICTA, 2009.

Anexo 5. Mapa de ubicación de Estación Experimental 1 de CENTA. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



Anexo 6. Distribución de los tratamientos en campo y especificación de los tratamientos.
CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



Área total

Distancia entre planta= 0.30 m

Distancia entre surco= 0.60 m

Área de una planta: 0.18 m²

Ancho de parcela: 13.00 m

Largo parcela: 24.00 m

Área total: 312m²

Número de plantas total: 720

Unidad experimental

Largo: 3 m

Ancho: 2.4 m

Nº de surcos: 5

Nº de plantas/surco: 8

Nº plantas/parcela: 40

Área útil: 1.08m²

Nº de plantas de área útil: 6

Anexo 7. Análisis de suelo de parcela. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.





**CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA
AGROPECUARIA Y FORESTAL
ING. ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA
LABORATORIO DE SUELOS
e-mail: centalabsuelos2010@hotmail.com
Tel. 23020200 Ext.248**

San Andrés, 24 de abril de 2013.

CARTA No. 10011

NOMBRE DEL AGRICULTOR: UES PROYECTO MUTACIONES INDUCIDAS
NOMBRE DE LA FINCA: ESTACION EXPERIMENTAL SAN ANDRES #1
CANTON: SAN ANDRES
MUNICIPIO: CIUDAD ARCE
DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD



No. Laboratorio	Muestra No. 10031
Identificación de la muestra	1
Cultivo que desea fertilizar	FRIJOL

RESULTADO DEL ANALISIS

Textura		FRANCO ARENOSO
pH en agua 1:2.5	5.9	MODERADAMENTE ACIDO
Fósforo (mg kg ⁻¹)	108	MUY ALTO
Potasio (mg kg ⁻¹)	518.7	MUY ALTO
Zinc (mg kg ⁻¹)	6.72	MUY ALTO
Manganeso (mg kg ⁻¹)	27	MUY ALTO
Hierro (mg kg ⁻¹)	26.01	MUY ALTO
Cobre (mg kg ⁻¹)	1.795	ALTO
Materia Orgánica (%)	3.45	MEDIO
Calcio Intercambiable (cmol kg ⁻¹)	8.22	ALTO
Magnesio Intercambiable (cmol kg ⁻¹)	2.65	ALTO
Potasio Intercambiable (cmol kg ⁻¹)	1.33	
Sodio Intercambiable (cmol kg ⁻¹)	0.34	NO SODICO
Suma de Bases Intercambiable (cmol kg ⁻¹)	12.54	MEDIO
Acidez Intercambiable (H+Al) (cmol kg ⁻¹)	0.00	BAJO
CICE (cmol kg ⁻¹)	12.54	MEDIO
Saturación de Bases (%)	100.00	
Relación Calcio/Magnesio	3.10	MEDIO
Relación Magnesio/Potasio	1.99	BAJO
Relación Calcio+Magnesio/Potasio	8.17	BAJO
Relación Calcio/Potasio	6.18	MEDIO

Detalle: (mg kg⁻¹) = ppm (cmol kg⁻¹) = meq/100 g suelo (mS cm⁻¹) = mmhos/cm

Anexo 8. Panfleto de LiquidFeed® aminoácidos y MultiFeed® Leguminosas aplicados en fertilización foliar. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

LIQUID FEED

AMINOÁCIDOS

FERTILIZANTE AGRICOLA PARA LA APLICACION FOLIAR

COMPOSICION QUIMICA:

Ingredientes Activos:	
Nitrógeno total (N)	6.000 %
Fósforo Asimilable (P ₂ O ₅)	8.000 %
Potasio Soluble (K ₂ O)	5.000 %
Boro (B)	0.004 %
Hierro (Fe)	0.004 %
Manganeso (Mn)	0.004 %
Zinc (Zn)	0.008 %
Aminocidos Libres	12.000 %
Ingredientes Inertes	68.929 %
Total	100.00 %

CONTIENE: 310.71 gramos de ingrediente activo por litro de producto comercial.

CONTENIDO NETO:

1 Litro
 5 Litros
 20 Litros
 200 Litros

PRECAUCION

"NO ALMACENAR EN CASA DE HABITACION"
"MANTENGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS,
ANIMALES DOMESTICOS Y DE LOS ALIMENTOS"
"DESTRUYA EL ENVASE DESPUES DE USAR EL PRODUCTO"

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:
 Cuando utilice este producto se recomienda guardar las medidas de precaución necesarias en su manejo y uso. Utilice su equipo de protección: botas de hule, anteojos, overol, guantes de hule, dosificador y aplicador. No comer, fumar o beber durante el manejo y aplicación de este producto. Bañese después de trabajar y póngase ropa limpia.

MANEJO DEL PRODUCTO:
 No almacene este producto en casa de habitación. Manténgase fuera del alcance de los niños. Transportarlo y almacenarlo alejado de alimentos de consumo humano o animal, medicinas y plaguicidas, en su envase original bien etiquetado. Almacénelo en un lugar fresco, alejado del calor y del sol, y bajo llave.

LIQUID FEED

AMINOÁCIDOS

100% Soluble




29/11/2013 08:26

FORMULADO POR:


 Torre Platón, Centro de Negocios

INSTRUCCIONES DE USO:
 MULTI FEED LEGUMINOSAS es un complemento foliar en polvo, diseñado exclusivamente para los cultivos de la familia de las leguminosas, como Arveja, Chícharo, Frijol, Habas y Frijol, el cual contiene los tres elementos mayores perfectamente balanceados y los elementos menores como Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y Boro (B), para una mejor nutrición de la planta.

PREPARACION DE LA MEZCLA Y FORMA DE APLICACION:
 Preparase el equipo de protección personal. Para la aplicación foliar disuelva el fertilizante en polvo en un envase con agua limpia y agítelo hasta que este completamente disuelto. Luego aplique la mezcla a la bomba de aspersión y complete el volumen de agua requerido. Aplíquelo a la dosis recomendada.

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE MULTI FEED LEGUMINOSAS 14-27-23+EM

Dosis generales en Kg./Ha./aplicación

CULTIVO	DOSIS	EPOCA DE APLICACION
ARVEJA FRÍJOL MAJISTA	1.5 - 2 Kg./Ha. a una concentración de solución del 0.5% (5 grs. por litro) al 2% (20 grs. por litro) según el desarrollo del cultivo	Las aplicaciones se iniciaran a los 10 días después del trasplante durante todo el ciclo. Repetir las aplicaciones cada 8 días. Total de aplicaciones 10 por ciclo, según variedad.

COMPATIBILIDAD:
 MULTI FEED LEGUMINOSAS es compatible con la mayoría de agroquímicos, pero se recomienda realizar una prueba de compatibilidad previa, en caso se tenga alguna duda.

FITOTOXICIDAD:
 Este producto no es fitotóxico a los cultivos en las dosis recomendadas en esta etiqueta.

PAIS	NUMERO DE REGISTRO	FECHA DE REGISTRO
GUATEMALA	381-F-1448-36	26-08-2004
EL SALVADOR	INC 381-F-1448-36	08-12-2004
HONDURAS		
NICARAGUA	WT-024C-2003	09-05-2003
COSTA RICA		
PANAMA		

NUMERO DE LOTE:

FECHA DE FORMULACION:

FECHA DE VENCIMIENTO:

350117(040712)

MULTI LEGUMINOSAS

FEED

FERTILIZANTE AGRICOLA SOLUBLE PARA LA APLICACION FOLIAR

POLVO SOLUBLE 14-27-23+EM

COMPOSICION QUIMICA:

Ingredientes Activos:	
Nitrógeno Total (N)	14.00%
Fósforo total (P ₂ O ₅)	27.00%
Potasio total (K ₂ O)	23.00%
Boro (B)	0.020%
Zinc quelatado EDTA (Zn)	0.015%
Hierro quelatado EDTA (Fe)	0.100%
Manganeso quelatado EDTA (Mn)	0.050%
Cobre quelatado EDTA (Cu)	0.011%
Molibdeno (Mo)	0.007%
Ingredientes Inertes	35.787%
Total	100.00%

CONTIENE: 642.03 Gramos de ingredientes activos por Kilogramo de producto comercial.

CONTENIDO NETO: 1 Kilogramo

PRECAUCION

"NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACION"
"MANTENGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS,
ANIMALES DOMESTICOS Y DE LOS ALIMENTOS"
"DESTRUYA EL ENVASE DESPUES DE USAR EL PRODUCTO"

PRODUCIDO POR: **NUEO105MN**
 MAYO 2013
 MAYO 2016


 Torre Platón, Centro de Negocios,
 5ta. Avenida 16-82, Zona 10,
 PBX. (502) 2420-5400
 FAX. (502) 2420-5450
 Guatemala, C. A.

DISTRIBUIDO POR:

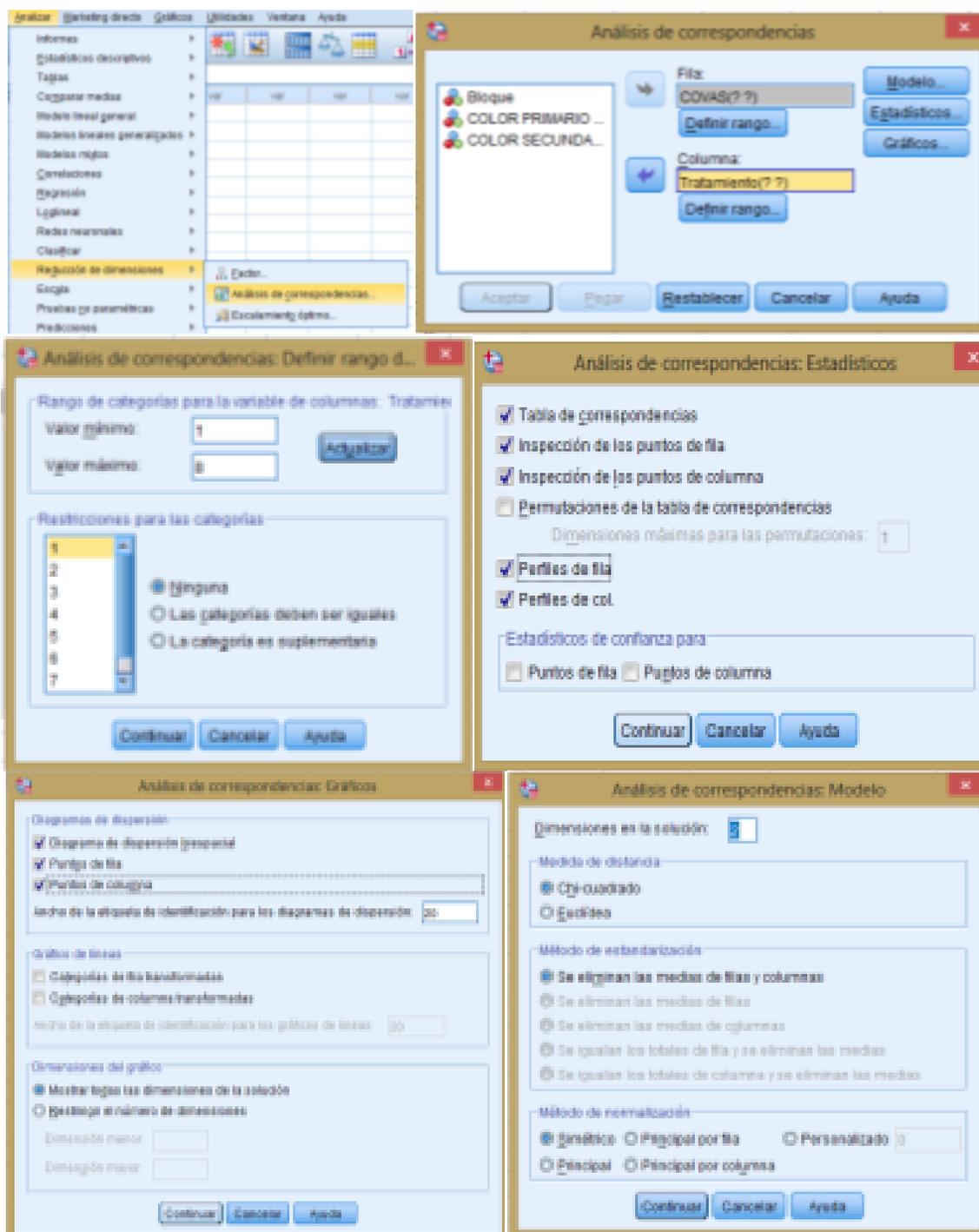

 Sociedad con DuPont

Guatemala	(502) 2321-4747
El Salvador	(503) 2521-1350
Honduras	(504) 2551-5348
Nicaragua	(505) 2240-1675
Costa Rica	(506) 2290-7650
Panama	(507) 775-2366
Rep. Dominicana	(809) 975-3157

Anexo 9. Resultados del análisis fitopatológico realizados por el Laboratorio de Parasitología vegetal de CENTA. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

 LABORATORIO DE PARASITOLOGIA VEGETAL TEL: 23 02-02 00 EXT. 272		
San Andrés, 23 de Abril de 2013. No. Registro. 0368 F.		
IDENTIFICACIÓN:		
Nombre de la propiedad:	Caserío:	Cantón: San Andrés.
Municipio: Ciudad Arce.	Dpto.: La Libertad.	Área: 0.12 Mz.
Cultivo: Frijol.	Variedad: Ferromas Mutado.	Edad: 31 días.
Propietario:		Altitud:
Solicitante: Ing. Aura de Borja.	Banco de Germoplasma.	
Fecha de consulta: 16 - 04 - 13.		
Fecha de envío de recomendación: 23 - 04 - 13.		
TIPO DE ANALISIS: ENTOMOLOGIA FITOPATOLOGIA NEMATOLOGIA		
DIAGNOSTICO:		
En la muestra de frijol (Parcela 205, Bloque II) que presenta síntomas de hojas amarillentas y posterior muerte de la planta, se identificó:		
Presencia de los hongos:		
<ul style="list-style-type: none"> > Rhizoctonia sp. > Rhizopus sp. (Contaminante) 		
RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Si las plantas enfermas no son muchas, se recomienda arrancarlas, colocarlas dentro de una bolsa plástica inmediatamente para no contaminar a las demás (enterrarlas o quemarlas). ❖ Tratar de no herir las plantas cuando se realicen labores de limpieza. ❖ Realizar un drenaje adecuado, evitando encharcamientos en el cultivo, si es posible realizar zanjas para eliminar la humedad excesiva, este problema es característico de los suelos con poco drenaje. ❖ Aplicar fertilizantes de formulas completas tanto foliares como al suelo (previo análisis de suelo), porque una planta bien nutrida resiste mejor cualquier enfermedad. ❖ Controlar las malezas dentro del cultivo ❖ Utilizar para nuevas siembra semilla certificada o tratada. ❖ Mantener posteriormente un plan fitosanitario en el cultivo. ❖ Para el control del hongo: Rhizoctonia sp., realizar aspersiones con cualquiera de los siguientes fungicidas: <ul style="list-style-type: none"> > CYCOSIN 70 WP (Tiofanato metílico) en dosis de 0.35 a 0.7 Kg / Mz. > DEROSAL 50 SC (Carbendazim) en dosis de 250 - 300 cc / Mz. > AMISTAR 50 WG (Azoxystrobin), 100 gramos / 200 litros de agua. ❖ Alternar al menos dos fungicidas para evitar la resistencia de los hongos. ❖ Realizar las aplicaciones dirigidas al cuello y raíz de las plantas cada ocho días hasta que desaparezca el problema. ❖ Mantener posteriormente un plan fitosanitario en el cultivo. <p style="text-align: center;"><u>Utilizar equipo protector para la aplicación de productos químicos.</u></p> <p>NOTA: ESTE INFORME DE ANALISIS SE BASA EN UNA MUESTRA RECIBIDA EN EL LABORATORIO, EL PROCESO DE MUESTREO HA SIDO RESPONSABILIDAD DEL INTERESADO Y EL LABORATORIO SE COMPROMETE A ENTREGAR EL RESULTADO EN UN PERIODO MÁXIMO DE UNA SEMANA.</p> <p>Ing. Reina Flor de Serrano Jefe Lab. Parasitología Vegetal.</p>  <p>Ing. Reina Flor de Serrano. Ing. Olga Estela Sandoval. Técnicos Responsables.</p> <p style="text-align: center;">Equipo Técnico Ing. Reina Flor Guzmán de Serrano Lic. Blanca Estela Castillo Ing. Olga Estela Sandoval Ing. Alejandra Guadalupe Menjivar. Aux. Andrea Morán</p>		
RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Si las plantas enfermas no son muchas, se recomienda arrancarlas, colocarlas dentro de una bolsa plástica inmediatamente para no contaminar a las demás (enterrarlas o quemarlas). ❖ Realizar una buena fertilización, efectuando un análisis de suelo desde el inicio del cultivo, ya que una planta bien nutrida resiste mejor el ataque de plagas y enfermedades. ❖ Utilizar para nuevas siembra semilla certificada o tratada. ❖ Tratar de no herir las plantas cuando se realicen labores de limpieza. ❖ Es necesario mantener un drenaje adecuado, ya que el agua es un mecanismo de transmisión de enfermedades. ❖ Para controlar los hongos, realizar aspersiones con cualquiera de los siguientes fungicidas: <ul style="list-style-type: none"> > CYCOSIN (Tiofanato metílico) en dosis de 0.35 - 0.7 Kg/ Mz. > DEROSAL 50 SC (Carbendazim) en dosis de 6 a 8 cc/galn (400 cc/mz). > AMISTAR 50 WG (Azoxystrobin), 100 gramos / 200 litros de agua. ❖ Alternar con productos de contacto como : <ul style="list-style-type: none"> > BUSAN 34.1 EC (Benzotiazol) en dosis de 0.5 a 1.8 cc/lto. de agua. > ROVRAL 50 WP (Iprodione) en dosis de 2 - 3 gramos / litro. ❖ Alternar dos de los fungicidas anteriores para evitar la resistencia en los patógenos. ❖ Realizar las aplicaciones dirigidas al follaje, cuello y raíz de las plantas cada ocho días hasta que desaparezcan los síntomas. ❖ Mantener posteriormente un plan fitosanitario en el cultivo. <p style="text-align: center;"><u>Utilizar equipo protector para la aplicación de productos químicos.</u></p> <p>NOTA: ESTE INFORME DE ANALISIS SE BASA EN UNA MUESTRA RECIBIDA EN EL LABORATORIO, EL PROCESO DE MUESTREO HA SIDO RESPONSABILIDAD DEL INTERESADO Y EL LABORATORIO SE COMPROMETE A ENTREGAR EL RESULTADO EN UN PERIODO MÁXIMO DE UNA SEMANA.</p> <p>Ing. Reina Flor de Serrano Jefe Lab. Parasitología Vegetal.</p>  <p>Ing. Reina Flor de Serrano. Ing. Olga Estela Sandoval. Técnicos Responsables.</p> <p style="text-align: center;">Equipo Técnico Ing. Reina Flor Guzmán de Serrano Lic. Blanca Estela Castillo Ing. Olga Estela Sandoval Ing. Alejandra Guadalupe Menjivar. Aux. Andrea Morán</p>		

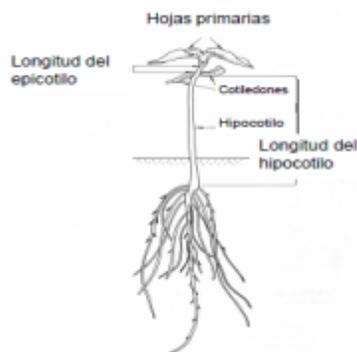
Anexo 10. Forma para realizar el análisis de multivarianza en programa SPSS 21. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



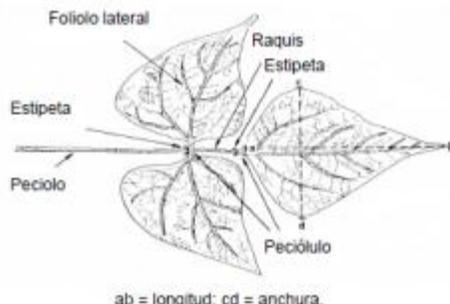
Anexo 11. Cuadro de colores recopilado por Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en base a la Tabla Munsell, utilizado para la caracterización de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



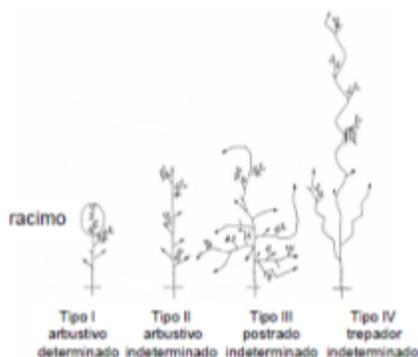
Anexo 12. Estructura de la plántula de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013



Anexo 13. Componentes de la hoja de frijol y la determinación de su longitud y anchura. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



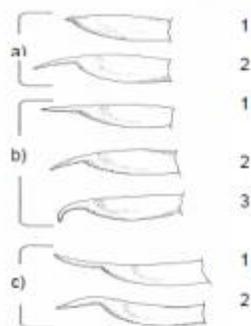
Anexo 14. Esquema de los cuatro tipos de crecimiento de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



Anexo 15. Forma predominante del perfil de la vaina. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



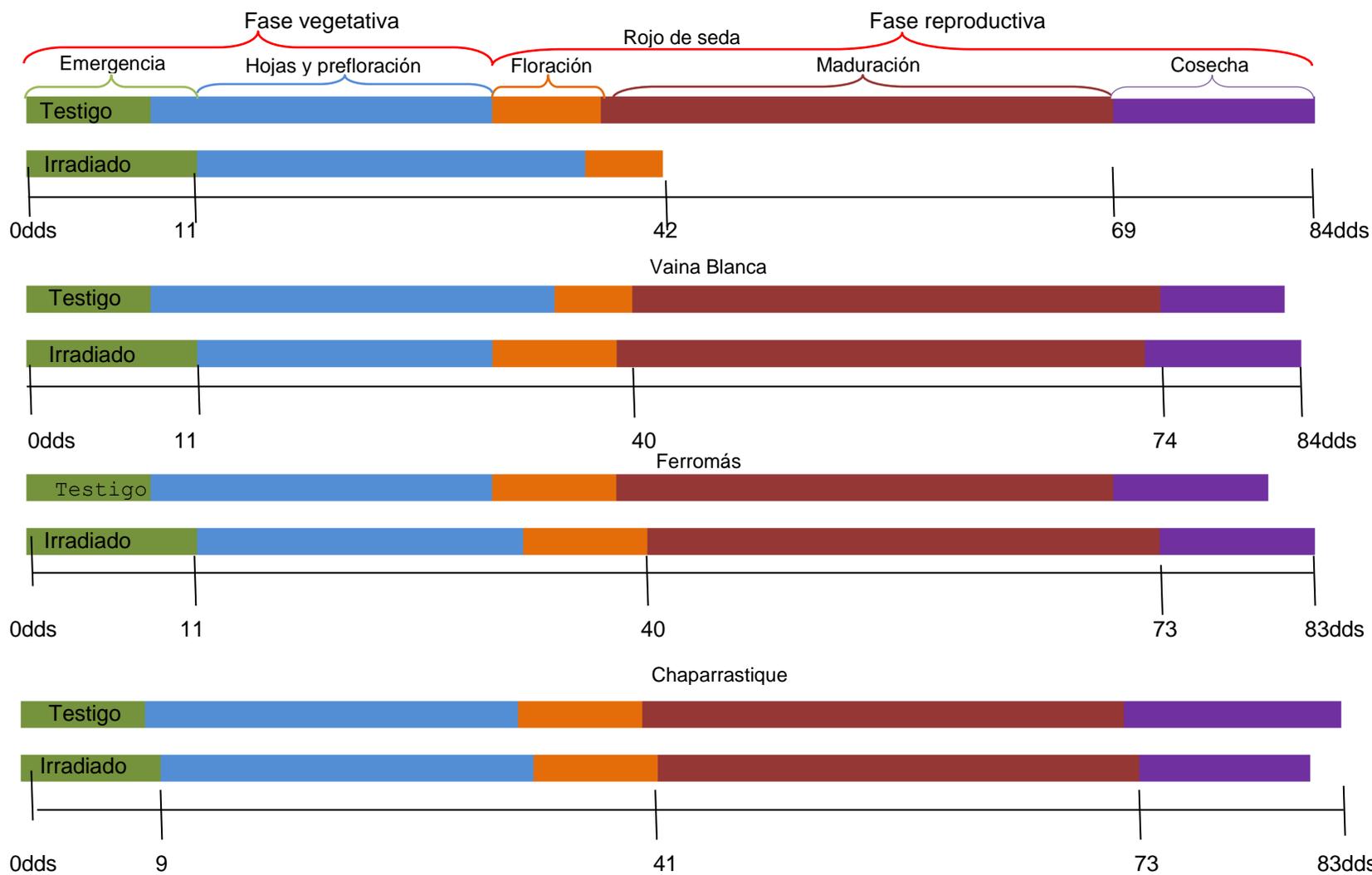
Anexo 16. Formas predominantes del ápice de la vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



Anexo 17. Formas que presenta la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.



= redonda; 2 = ovoide; 3 = elíptica; 4 = pequeña, casi cuadrada; 5 = alargada, ovoide; 6 = alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro; 7 = alargada, casi cuadrada;



Anexo 18. Fenología de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados y sus respectivos testigos en la búsqueda de tolerancia a la sequía. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Anexo 19. Cuadro resumen de la fenología de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), expresado en días después de la siembra (dds). CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

	Rojo de Seda (RS)	Rojo de Seda mutado (RSM)	Vaina Blanca (VB)	Vaina Blanca Mutado (VBM)	Ferromás (FE)	Ferromás Mutado (FEM)	Chaparrastique (CH)	Chaparrastique Mutado (CHM)
Emergencia	8	11	8	11	8	11	8	9
Floración	37	42	40	39	39	40	40	41
Antesis (Duración en días)	13.67	11.67	13.67	13	15.67	12.67	11.33	9.33
Maduración	69	---	74	72	71	73	72	73
Cosecha	84	---	84	82	81	83	82	83

Anexo 20. Análisis de varianza para la variable días a floración en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	61.750	2	30.875	0.84	3.74
Tratamientos	46.500	7	6.643	0.18	2.77
Error	516.250	14	36.875		
Total	38546.000	24			
Total corregido	624.500	23			
CV=4.08%					

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable días a antesis en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	12.250	2	6.125	1.85	3.74
Tratamientos	74.958	7	10.708	3.23	2.77
Error	46.417	14	3.315		
Total	3959.000	24			
Total corregido	133.625	23			
CV=14%					

Anexo 22. Cuadro de comparaciones múltiple para la variable días a anthesis en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.	Tratamientos	Tratamientos	Sig.
FE	CH	.014	CHM	RS	.014
	RSM	.021		VB	.014
	CHM	.001		VBM	.032
				FEM	.049

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable días a la madurez fisiológica de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de Madurez fisiológica CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Tratamiento	48.000	6	8.000	0.93	3.74
Bloques	70.571	2	35.286	4.09	2.77
Error	103.429	12	8.619		
Total	109086.000	21			
Total corregido	222.000	20			
CV=1.18%					

Anexo 24. Análisis de varianza para la variable días a cosecha de 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Tratamiento	22.286	6	3.714	0.14	3.74
Bloques	56.000	2	28.000	1.08	2.77
Error	312.000	12	26.000		
Total	144065.000	21			
Total corregido	390.286	20			
CV=1.78%					

Anexo 25. Resumen de los resultados de variables cualitativas de los 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Variables	Genotipos							
	RS	RSM	VB	VBM	FE	FEM	CH	CHM
Fase de Plántula								
Color de cotiledones	AP	V	AP	AP	VcR	V	AP	AP
Color de hipocotilo	AP	V	AP	AP	VcR	V	AP	AP
Fase de floración								
Color de alas	B	R	B	B	B	B	B	B
Limbo del estandarte	V	R	V	BcR	V	V	R	BcV
Color del cuello del estandarte	VcR	V	VcC	VcR	V	B	B	V
Color de cáliz	VcM	V	VcM	V	VcM	V	V	V
Habito de crecimiento del tallo	IIIB	IIIB	I	IIB	I	I	IIB	IIB
Color de tallo	VcR	VcR	V	VcR	V	V	VcR	VcR
Tipo de ramificación	CO	CO	AB	CO	AB	AB	AB	AB
Color de hoja	VO	V	VO	V	V	VO	VO	VO
Fase de madurez								
Color de la vaina madura	VmR	---	V	A	AcR	A	V	V
Distribución de las vainas en planta	4	---	3	1	1	3	1	4
Fase de cosecha								
Color de vainas seca	C	---	Cr	H	C	C	C	C
Perfil de las vainas	CU	---	CU	CU	CU	MC	CU	CU
Tipo de ápice de la vaina	B1	---	B2	C1	C1	C1	B3	A2
Color primario de la semilla	RO	---	CR	CR	CaO	R	CR	RO
Patrón de distribución del color primario de la semilla	UN	---	UN	NU	UN	UN	NU	NU
Color secundario de la semilla	CR	---	CR	R	R	R	R	RO
Presencia de color alrededor de hilo	Co	---	Co	Sc	Co	Sc	Co	Sc
Forma predominante de la semilla	AcC	---	ArH	PcC	ArH	AcC	AcH	AcH

RS= rojo de Seda testigo; **RSM**=Rojo de Seda irradiado; **VB**= Vaina Blanca testigo; **VBM**=Vaina Blanca Irradiado; **FE**= Ferromás testigo; **FEM**= Ferromás irradiado; **CH**= Chaparrastique; **CHM**= Chaparrastique Irradiado; **1**= Bajas; **3**= Distribuidas uniformemente; **4**= En la parte media; **I**= Arbustivo indeterminado, con guía corta; **IIB**= Arbustivo indeterminado, con guía más o menos larga; **IIIB**= Postrado indeterminado, con guía no trepadora; **A**= Amarillo; **AP**= Amarillo pálido; **AcR**= Amarillo con pigmento rosado; **V**= Verde; **VO**= Verde oscuro; **VcR**= Verde con pigmento rosado; **VcC**= Verde con pigmento café rojizo; **VcM**= Verde con pigmento morado; **VmR**= Verde muy pigmentado de rosado; **R**= Rosado; **B**= Blanco; **BcR**= Blanco con pigmento rosado; **BcV**= Blanco con pigmento Verde; **C**= Café; **Cr**= Crema; **CR**= Café rojizo; **H**= Habano o café claro; **RO**= Rojo; **CaO**= Café oscuro; **CO**= Compacto; **AB**= Abierto; **RE**= Recto; **MC**= Medianamente curvo; **CU**= Curvado; **UN**= Uniforme; **NU**= No uniforme; **Co**= Coloreado; **Sc**= Sin colorear; **AcC**= Alargada, casi cuadrado; **AcH**= Arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo; **ArH**= Arriñonada, recta al lado del hilo; **PcC**= Pequeña casi cuadrada; **A2**= Puntiguado; **B1**= Recto; **B2**= Medianamente curvo; **B3**= Curvado; **C1**= Normal

Anexo 26. Color predominante del hipocotilo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación 2
1	.423	.179			.816	.816	.063	-.060
2	.174	.030			.138	.954	.048	
3	.101	.010			.046	1.000		
Total		.220	31.616	.879 ^a	1.000	1.000		

a. 42 grados de libertad

Anexo 27. Color predominante de los cotiledones en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación 2
1	.423	.179			.816	.816	.063	-.060
2	.174	.030			.138	.954	.048	
3	.101	.010			.046	1.000		
Total		.220	31.616	.879 ^a	1.000	1.000		

a. 42 grados de libertad

Anexo 28. Color predominante de las alas en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	
1	.519	.269			1.000	1.000	.107	
Total		.269	38.756	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 14 grados de libertad

Anexo 29. Color predominante del limbo del estandarte en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación 2
1	.537	.288			.548	.548	.063	.913
2	.432	.187			.355	.903	.062	
3	.225	.051			.097	1.000		
Total		.526	75.689	.009 ^a	1.000	1.000		

a. 49 grados de libertad

Anexo 30. Color predominante del cuello del estandarte en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación 2
1	.563	.317			.761	.761	.058	.109
2	.236	.056			.134	.894	.057	
3	.210	.044			.106	1.000		
Total		.417	60.003	.333 ^a	1.000	1.000		

a. 56 grados de libertad

Anexo 31. Color predominante del cáliz en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	
1	.343	.117			1.000	1.000	.069	
Total		.117	16.895	.951 ^a	1.000	1.000		

a. 28 grados de libertad

Anexo 32. Hábito predominante de crecimiento del tallo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación 2
1	.891	.793			.679	.679	.019	.241
2	.612	.374			.321	1.000	.073	
Total		1.168	168.145	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 14 grados de libertad

Anexo 33. Color predominante del tallo principal en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	
1	.609	.371			1.000	1.000	.049	
Total		.371	53.452	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 7 grados de libertad

Anexo 34. Tipo predominante de ramificación en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	
1	.855	.731			1.000	1.000	.031	
Total		.731	105.277	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 21 grados de libertad

Anexo 35. Color predominante de la hoja en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	
1	.360	.130			1.000	1.000	.080	
Total		.130	18.676	.178 ^a	1.000	1.000		

a. 14 grados de libertad

Anexo 36. Color predominante de las vainas en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.612	.375			.639	.639	.096	.034
2	.396	.157			.268	.907	.063	
3	.233	.054			.093	1.000		
Total		.587	70.394	.024 ^a	1.000	1.000		

a. 49 grados de libertad

Anexo 37. Distribución predominante de las vainas en las plantas en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.595	.354			.890	.890	.055	-.133
2	.209	.044			.110	1.000	.090	
Total		.397	47.667	.001 ^a	1.000	1.000		

a. 21 grados de libertad

Anexo 38. Color predominante de la vaina seca en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de maduración. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.245	.060			.571	.571	.066	.133
2	.213	.045			.429	1.000	.093	
Total		.105	12.636	1.000 ^a	1.000	1.000		

a. 35 grados de libertad

Anexo 39. Perfil predominante de la vaina en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.428	.184			.728	.728	.087	.355
2	.262	.069			.272	1.000	.103	
Total		.252	30.268	.087 ^a	1.000	1.000		

a. 21 grados de libertad

Anexo 40. Tipo predominante del ápice de la vaina en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.676	.456			.613	.613	.064	.284
2	.419	.176			.236	.849	.088	
3	.301	.091			.122	.971		
4	.146	.021			.029	1.000		
Total		.744	89.283	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 42 grados de libertad

Anexo 41. Color primario de la semilla en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.648	.419			.663	.663	.088	.131
2	.366	.134			.211	.875	.108	
3	.281	.079			.125	1.000		
Total		.632	75.851	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 28 grados de libertad

Anexo 42. Patrón de distribución del color primario de la semilla en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio
					Explicada	Acumulada	Desviación típica
1	.544	.296			1.000	1.000	.065
Total		.296	35.556	.000 ^a	1.000	1.000	

a. 7 grados de libertad

Anexo 43. Color secundario de la semilla en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.463	.215			.883	.883	.089	.126
2	.168	.028			.117	1.000	.111	
Total		.243	17.014	.948 ^a	1.000	1.000		

a. 28 grados de libertad

Anexo 44. Presencia de color alrededor del hilo de la semilla en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio
					Explicada	Acumulada	Desviación típica
1	.524	.274			1.000	1.000	.058
Total		.274	32.903	.000 ^a	1.000	1.000	

a. 7 grados de libertad

Anexo 45. Forma predominante de la semilla en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de cosecha. CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Dimensión	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
					Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
1	.547	.299			.488	.488	.065	.772
2	.467	.218			.356	.844	.070	
3	.309	.096			.156	1.000		
Total		.612	73.465	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 35 grados de libertad

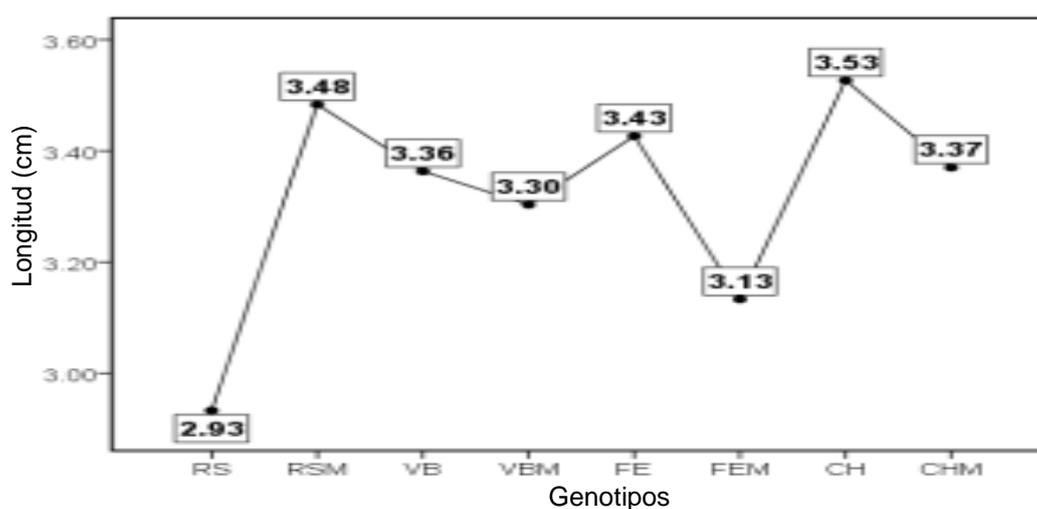
Anexo 46. Cuadro resumen de características cuantitativas de los 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

Variables	Genotipos							
	RS	RSM	VB	VBM	FE	FEM	CH	CHM
Fase de plántula								
Longitud de hipocótilo(cm)	2.93	3.48	3.36	3.3	3.43	3.13	3.53	3.37
Longitud de epicótilo (cm)	1.45	1.37	1.36	1.06	1.12	1.93	1.98	1.78
Longitud de hojas (cm)	3.74	4.28	4	3.76	3.73	3.1	3.84	3.41
Ancho de hojas (cm)	3.15	3.98	3.63	3.28	3.26	2.71	3.28	2.94
Fase de floración								
Acame (%)	2.33	2.33	1	1	1	1	1.33	1.33
N° de nudos	14.06	18.72	12.5	13.28	14.33	13.78	14.83	15.06
Longitud de hojas (cm)	3.85	4.28	4	4.53	4.39	4.93	4.67	4.84
Ancho de hojas (cm)	3.41	3.79	3.48	3.54	3.61	4.32	3.9	4.07
Fase de cosecha								
Longitud de Vainas (cm)	9	---	8	7	8.33	6.67	8.33	7.67
Ancho de Vainas (cm)	10.33	---	9.33	8.67	8	9.33	10	9
Número de Vainas	9.33	---	6.67	6.33	5.33	4	12.67	9
Número de Semillas por Vainas	4	---	4.33	4	3.67	4	4.33	4.67
Peso de 100 Semillas (g)	18.8	---	17.63	18.1	17.6	14.97	18.5	18.03
Rendimiento (QQ/Ha)	8.28	---	8.84	9.59	10.37	2.82	19.17	14.22
Porcentaje de plantas que sobreviven por unidad de área	13.38	---	34.63	24.97	15.10	12.35	32.88	46.00

RS= rojo de Seda testigo; RSM=Rojo de Seda irradiado; VB= Vaina Blanca testigo; VBM=Vaina Blanca Irradiado; FE= Ferromás testigo; FEM= Ferromás irradiado, CH= Chaparrastique; CHM= Chaparrastique Irradiado

Anexo 47. Análisis de varianza para la variable longitud del hipocótilo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

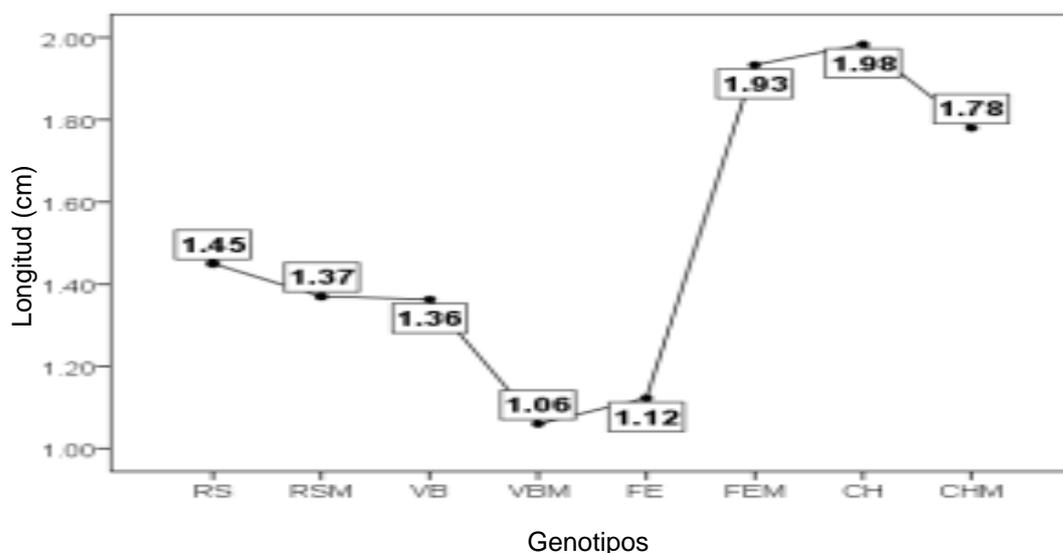
Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	.163	2	.081	0.70	3.74
Tratamientos	.809	7	.116	1.90	2.77
Error	.849	14	.061		
Total	265.960	24			
Total corregido	1.821	23			
CV=7.42%					



Anexo 48. Longitud promedio del hipocótilo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Anexo 49. Análisis de varianza para la variable longitud del epicótilo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	3.169	2	1.585	4.97	3.74
Tratamientos	2.619	7	.374	1.17	2.77
Error	4.467	14	.319		
Total	64.827	24			
Total corregido	10.255	23			
CV=37.40%					



Anexo 50. Longitud promedio del epicótilo en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Anexo 51. Análisis de varianza para la variable longitud de hojas primarias en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	.269	2	.135	0.17	3.74
Tratamientos	2.654	7	.379	1.35	2.77
Error	3.925	14	.280		
Total	341.206	24			
Total corregido	6.848	23			
CV=14.21%					

Anexo 52. Análisis de varianza para la variable ancho de hojas primarias en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de plántula. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	.211	2	.106	0.33	3.74
Tratamientos	3.198	7	.457	1.42	2.77
Error	4.514	14	.322		
Total	266.125	24			
Total corregido	7.923	23			
CV=17.31%					

Anexo 53. Análisis de varianza para la variable acame en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	.583	2	.292	1.9597	3.74
Tratamientos	7.167	7	1.024	6.8725	2.77
Error	2.083	14	.149		
Total	58.000	24			
Total corregido	9.833	23			
CV=38.57%					

Anexo 54. Cuadro de comparaciones múltiple para la variable Acame en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.	Tratamientos	Tratamientos	Sig.	
RS	VB	.001	CH	RS	.008	
	FE	.001		RSM	.008	
	CH	.008		RSM	VBM	.001
	VBM	.001		FEM	.001	
	FEM	.001		CHM	.008	
	CHM	.008		FE	RS	.001
VB	RS	.001		RSM	.001	
	RSM	.001		CHM	.332	
	CHM	.332				

Anexo 55. Análisis de varianza para la variable número de nudos en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	.016	2	.008	0.002	3.74
Tratamientos	73.389	7	10.484	2.54	2.77
Error	57.737	14	4.124		
Total	5225.688	24			
Total corregido	131.142	23			
CV=13.93%					

Anexo 56. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	2.924	2	1.462	3.06	3.74
Tratamientos	3.105	7	.444	0.93	2.77
Error	6.694	14	.478		
Total	485.050	24			
Total corregido	12.723	23			
CV=15.54%					

Anexo 57. Análisis de varianza para la variable ancho de hoja en 8 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la fase de floración. CENTA San Andrés. UES - CC.AA. Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Cal.	F Tab.
Bloques	2.355	2	1.177	4.42	3.74
Tratamientos	2.104	7	.301	1.13	2.77
Error	3.721	14	.266		
Total	348.535	24			
Total corregido	8.179	23			
CV=13.67%					

Anexo 58. Análisis de varianza para la variable longitud de vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	1.000	2	.500	1.2346	3.74
Tratamientos	173.958	7	24.851	61.3605	2.77
Error	5.667	14	.405		
Total	1315.000	24			
Total corregido	180.625	23			
CV=7.97%					

Anexo 59. Prueba de comparaciones múltiples para la variable longitud de vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.	Tratamientos	Tratamientos	Sig.
RS	VBM	.002	FE	VBM	.022
	CHM	.022		FEM	.006
	FEM	.000	CH	VBM	.022
	RSM	.000		FEM	.006
VB	FEM	.022			

Anexo 60. Análisis de varianza para la variable ancho de vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	4.083	2	2.042	1.9597	3.74
Tratamientos	235.167	7	33.595	32.2408	2.77
Error	14.583	14	1.042		
Total	1822.000	24			
Total corregido	253.833	23			
CV=11.34%					

Anexo 61. Prueba de comparaciones múltiples para la variable ancho de vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.
RS	FE	.018
CH	FE	.038

Anexo 62. Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	20.583	2	10.292	0.94	3.74
Tratamientos	306.000	7	43.714	4.00	2.77
Error	152.750	14	10.911		
Total	1546.000	24			
Total corregido	479.333	23			
CV=11.54%					

Anexo 63. Prueba de comparaciones múltiples para la variable número de vainas por planta de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamiento	Tratamiento	Sig.	Tratamiento	Tratamiento	Sig.
RS	RSM	.003	VB	RSM	.025
CH	VB	.040	RSM	FEM	.005
	FE	.015		VBM	.032
	RSM	.000		CHM	.004
	VBM	.032		CH	.000

Anexo 64. Análisis de varianza para la variable número de semillas por Vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	.750	2	.375	1.34	3.74
Tratamientos	46.958	7	6.708	23,96	2.77
Error	3.917	14	.280		
Total	367.000	24			
Total corregido	51.625	23			
CV=13.22%					

Anexo 65. Prueba de comparaciones múltiples para la variable número de semillas por Vainas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.
RSM	RS	.000
	VB	.000
	FE	.000
	CH	.000
	VBM	.000
	FEM	.000
	CHM	.000

Anexo 66. Análisis de varianza para la variable peso de 100 semillas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fcal	Ftab
Bloques	8.641	2	4.320	1.2683	3.74
Tratamientos	847.640	7	121.091	35.5523	2.77
Error	47.679	14	3.406		
Total	6635.910	24			
Total corregido	903.960	23			
CV= 10.53%					

Anexo 67. Prueba de comparaciones múltiples para la variable peso de 100 semillas de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamiento	Tratamiento	Sig.
RS	FEM	.024
CH	FEM	.035

Anexo 68. Análisis de varianza para la variable rendimiento de 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados tipo I	gl	Media cuadrática	Fcalc	Ftab
Tratamiento	757.892	7	108.270	2.59	3.74
Bloque	9.560	2	4.780	0.11	2.77
Error	584.147	14	41.725		
Total	3360.756	24			
Total corregido	1351.599	23			
CV=16.49					

Anexo 69. Análisis de varianza para la variable número de plantas que sobrevivieron por unidad de área en 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Fcalc	Ftab
Bloques	35.583	2	17.792	0.65	3.74
Tratamientos	397.167	7	56.738	3.08	2.77
Error	381.083	14	27.220		
Total	1802.000	24			
Total corregido	813.833	23			
CV= 5.44%					

Anexo 70. Prueba de comparaciones múltiples para la variable número de plantas que sobrevivieron por unidad de área en 8 genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la fase de Cosecha, CENTA San Andrés, UES- CC.A.A Tesis 2013.

Tratamientos	Tratamientos	Sig.
RS	VB	.029
RSM	VB	.009
	CH	.025
VB	FEM	.029

Anexo 71. Registros de Temperaturas Máximas, mínimas y medias; Humedad relativa, Precipitación diaria y luz solar por MARN.CENTA San Andrés. UES-CC.AA. Tesis 2013.

FECHA	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Temperatura Media °C	Humedad Relativa %	Precipitación Diaria mm	Luz Solar (horas)
15-mar-13	32.0	16.4	24.0	54	0.0	8.7
16-mar-13	35.0	13.2	24.4	68	0.0	10.4
17-mar-13	36.0	16.0	25.5	69	0.0	10.4
18-mar-13	35.5	19.8	26.0	74	0.0	9.9
19-mar-13	37.5	16.0	25.6	73	0.0	9.6
20-mar-13	36.0	18.8	26.2	77	0.0	8.6
21-mar-13	36.5	17.4	25.0	80	0.0	8.1
22-mar-13	36.0	18.4	25.6	75	0.0	8.4
23-mar-13	35.0	17.2	25.9	74	0.0	8.3
24-mar-13	36.5	16.2	26.1	70	0.0	9.2
25-mar-13	37.5	18.6	26.0	74	0.0	8
26-mar-13	34.5	18.8	25.2	65	0.0	9
27-mar-13	33.0	21.8	25.8	58	0.0	8.8
28-mar-13	35.0	16.4	23.8	61	0.0	9.3
29-mar-13	36.0	15.0	24.4	54	0.0	9.5
30-mar-13	35.5	12.8	24.9	55	0.0	9.3
31-mar-13	37.5	16.0	26.3	64	0.0	9.3
01-abr-13	38.5	17.0	27.4	69	0.0	8.5
02-abr-13	37.0	21.0	27.0	73	0.0	6.7
03-abr-13	37.0	19.2	26.8	76	0.0	8.8
04-abr-13	35.5	17.4	26.1	71	0.0	8.3
05-abr-13	36.0	18.6	27.5	60	0.0	8.5
06-abr-13	36.0	18.0	26.9	69	0.0	8.3
07-abr-13	35.5	17.6	26.3	71	0.0	7.3
08-abr-13	36.5	19.6	26.1	78	0.0	7.8
09-abr-13	36.0	19.8	26.8	73	0.0	6.6
10-abr-13	36.5	18.6	26.6	75	0.0	8
11-abr-13	36.0	17.2	25.9	74	0.0	6.9
12-abr-13	36.5	17.4	26.4	70	0.0	8.1
13-abr-13	36.0	20.0	27.2	66	0.0	5.4
14-abr-13	36.0	18.0	26.9	67	0.0	3.5
15-abr-13	36.5	17.8	26.8	67	0.0	6.2
16-abr-13	37.0	18.4	27.3	66	0.0	4.1
17-abr-13	37.0	22.8	27.8	71	0.0	4.8
18-abr-13	37.0	19.0	27.0	73	0.0	8.5
19-abr-13	36.0	19.8	25.9	75	0.0	5.8
20-abr-13	35.5	21.8	26.7	77	0.0	5.4
21-abr-13	30.5	19.6	24.9	80	22.5	2.2
22-abr-13	35.0	20.8	26.0	80	19.8	6.8
23-abr-13	35.5	20.4	27.1	75	0.0	7.5
24-abr-13	33.0	19.0	25.3	81	48.0	4.5

25-abr-13	35.0	20.6	26.8	67	0.0	7.6
26-abr-13	35.0	18.0	25.8	66	0.0	7.9
27-abr-13	34.5	17.4	26.1	68	0.0	8.7
28-abr-13	33.0	19.4	25.3	75	0.0	6.5
29-abr-13	31.5	20.2	25.3	80	0.0	2.7
30-abr-13	32.0	20.8	25.8	73	0.0	2.3
01-may-13	34.5	18.0	25.2	76	0.0	8.7
02-may-13	34.0	19.4	24.1	82	0.0	8.1
03-may-13	34.5	20.0	26.9	66	4.5	7.4
04-may-13	32.5	18.0	25.7	76	0.0	4.9
05-may-13	33.0	19.0	26.2	74	0.0	5.5
06-may-13	33.0	20.2	26.5	80	0.0	6.1
07-may-13	33.5	20.4	25.9	84	0.0	7.2
08-may-13	33.5	19.0	25.3	81	1.1	6.2
09-may-13	34.5	19.4	26.4	75	0.0	7.4
10-may-13	35.0	20.0	26.6	74	0.0	7.1
11-may-13	35.5	21.0	27.6	74	0.8	7.6
12-may-13	34.0	20.8	25.5	79	0.0	1.4
13-may-13	33.5	20.2	26.2	73	7.5	7.5
14-may-13	34.5	17.8	25.8	64	0.0	8.6
15-may-13	35.0	17.0	26.2	65	0.0	9.1
16-may-13	34.5	17.8	25.9	74	0.0	8.5
17-may-13	36.5	18.8	26.0	76	0.0	7.7
18-may-13	35.0	21.0	27.0	78	0.2	6.9
19-may-13	34.0	20.4	26.0	78	7.6	6.9
20-may-13	34.0	21.4	26.3	80	0.0	4.1
21-may-13	34.0	21.0	23.9	91	0.0	4.1
22-may-13	30.5	20.4	25.3	84	13.1	3.4
23-may-13	34.0	20.4	24.5	85	0.5	3.8
24-may-13	32.0	19.4	23.6	86	15.4	3.9
25-may-13	32.5	19.0	23.9	83	14.8	4.3
26-may-13	29.0	20.0	24.4	90	24.4	0.2
27-may-13	27.0	19.8	23.8	90	27.3	0
28-may-13	30.0	19.4	22.7	96	0.5	3.1
29-may-13	30.5	19.4	24.6	85	22.2	5
30-may-13	31.0	19.4	24.5	82	0.0	9.4
31-may-13	31.5	19.0	25.3	81	0.0	8.4
01-jun-13	30.0	19.2	24.5	86	0.0	3
02-jun-13	32.0	19.0	25.4	80	0.0	5.7
03-jun-13	31.5	19.2	24.8	86	3.7	4.7
04-jun-13	30.5	20.2	23.7	94	0.0	2.4
05-jun-13	31.5	19.6	24.9	86	6.6	6.3
06-jun-13	32.5	18.8	25.5	86	2.1	6.1
07-jun-13	31.0	20.4	23.6	97	0.0	2.2
08-jun-13	31.5	20.0	23.1	90	13.0	5.4
09-jun-13	32.5	19.0	25.7	81	16.8	8.3

10-jun-13	31.5	20.2	24.0	89	0.0	8.6
11-jun-13	31.5	18.0	22.9	85	33.0	8.6
12-jun-13	33.0	17.8	24.4	80	17.5	7.4
13-jun-13	32.5	19.0	24.0	82	20.5	8.3
14-jun-13	32.0	18.4	25.3	86	38.9	4.9
15-jun-13	33.0	20.4	25.0	79	0.7	6.9
16-jun-13	33.5	19.0	24.1	81	1.5	7.2
17-jun-13	31.5	18.6	25.0	81	25.4	8.7
18-jun-13	31.0	21.2	24.7	88	0.0	1.8
19-jun-13	32.0	20.0	24.2	86	5.7	4.7
20-jun-13	32.0	20.0	24.8	82	30.8	5.1
21-jun-13	31.5	20.2	23.8	83	8.4	2.6
22-jun-13	31.0	19.0	23.9	86	6.1	7.9
23-jun-13	31.5	19.0	25.1	82	33.0	8.3

Anexo 72. Glosario

1. **Alelo.** Denominación para genes localizados en el mismo locus de un par de cromosomas homólogos, pudiendo estar el par de genes en estado homocigótico dominante, en homocigosis recesiva, o en estado heterocigótico, esto para un solo par de genes y si son más de dos genes se encontraran en diversas formas alternativas como en serie de alelomorfos múltiples
2. **Alelo dominante.** Es aquel que enmascara la presencia del otro alelo diferente para el mismo carácter.
3. **Alelo recesivo.** Es aquel que solo se manifiesta cuando el individuo es raza pura para un carácter.
4. **Alteraciones cromosómicas.** Son alteraciones en el número o en la estructura de los cromosomas. Se deben a errores durante la gametogénesis (formación de los gametos por meiosis) o de las primeras divisiones del cigoto.
5. **Antesis.** Dispersión de los granos de polen al hacer dehiscencia las anteras durante la floración.
6. **Autógama.** Se fecunda a sí misma, con polen dentro de la misma flor por su condición monoica y hermafrodita, constituyendo así especies homocigóticas en forma natural.
7. **Bráctea.** Estructura laminar situada en la base de la inflorescencia; normalmente menores y más sencillas que las normales.
8. **Carácter.** Denomina forma, rasgo o fundación de la planta respecto a otra, o a diversas plantas de una población; o bien a especies o géneros diferentes.
9. **Carácter cualitativo** Es el que se manifiesta por la acción de uno o pocos pares de genes mayores (oligogénes); de tal manera, que los fenotipos son fácilmente diferenciables y no son modificados por el medio ambiente, como la herencia

- típicamente mendeliana en donde se obtienen relaciones fenotípicas con herencia completa en la F_2 :3:1 o genotípicas 1:2:1, 4:2:2:2:1:1:1:1, etc.
10. **Carácter cuantitativo.** es la herencia cuantitativa y/o herencia multifactorial. Transmisión de un carácter por la contribución de más de un par de genes
 11. **Células somáticas.** Célula de un tejido, órgano o del cuerpo y que no participa en la gametogénesis que se designa como diploide o derivada de un poliploide. Según la teoría de Weismann las células somáticas son mortales (somatoplasma) y las células gaméticas son inmortales (germoplasma) por ser el vehículo continuador de la vida de las especies
 12. **Clado.** Del griego κλάδος (clados: rama), a cada una de las ramas del árbol filogénico propuesto para agrupar a los seres vivos. Por consiguiente, un clado se interpreta como un conjunto de especies emparentadas (con un antepasado común), que forman una única "rama" en el "árbol de la vida".
 13. **Cromátida.** Cada uno de los dos filamentos producto de la autoduplicación de un cromosoma durante la mitosis o de la meiosis. Un par de cromosomas homólogos en la fase de paquíteno (meiosis), contiene 4 cromátidas, dos de ellas hermanas idénticas, pero las otras dos cromátidas hermanas serán diferentes al par anterior en su constitución genética de bivalente
 14. **Dominante.** Gene que manifiesta su carácter sea en estado homocigótico o en estado heterocigótico, impidiendo en este último la expresión correspondiente al gene recesivo, sea en forma total (dominancia completa o dominancia incompleta)
 15. **Embriogénesis somática.** También denominada embriogénesis asexual o adventicia, consiste en el desarrollo de embriones a partir de células que no son el producto de una fusión de gametos durante la fecundación o, en otras palabras, es un proceso por el cual se produce una estructura bipolar (el embrión) a partir de una célula somática.
 16. **Endorreduplicación.** Es la ocurrencia de dos o más rondas sucesivas de replicación cromosómica sin pasar por ningún periodo mitótico intermedio. Si al pasar por el periodo S los cuatro cromosomas no entran en mitosis sino que vuelven a pasar por S, cada cromosoma tendrá cuatro cromátidas, ocho en caso de repetirse la anomalía y así sucesivamente.
 17. **Estirpe.** Raíz y tronco de una familia o linaje. Grupo de organismos emparentados.
 18. **Evasión.** Recurso para evadir o evitar una dificultad.
 19. **Fenología.** Término contractado de fenomenología, que se refiere al estudio biológico de una planta, variedad o especie en sus etapas de crecimiento y

- desarrollo respecto al periodo de brotación, de ramificación, etc. De acuerdo con la interacción genotipo-medio ambiente.
20. **Fenotipo.** Es la manifestación externa del genotipo, es decir, la suma de los caracteres observables en un individuo. El fenotipo es el resultado de la interacción entre el genotipo y el ambiente. El ambiente de un gen lo constituyen los otros genes, el citoplasma celular y el medio externo donde se desarrolla el individuo.
 21. **Filogenia.** Estudio de la derivación probable de los organismos o grupos taxonómicos con respecto a otros para constituir la historia evolutiva o árbol genealógico de las especies.
 22. **Fitomejoramiento.** Es el arte y la ciencia de cambiar genéticamente algunos caracteres agronómicos en las plantas, para formar nuevas variedades con mayor productividad y/o calidad en las especies cultivadas, para transferir genes de resistencia a enfermedades o a plagas, para mejorar el tamaño, conformación, coloración, textura y sabor en frutos, etc.
 23. **Gen:** Unidad hereditaria que controla cada carácter en los seres vivos. A nivel molecular corresponde a una sección de ADN, que contiene información para la síntesis de una cadena proteínica.
 24. **Genotipo.** Es el conjunto de genes que un individuo, animal o vegetal, en forma de ADN, que recibe por herencia de sus dos progenitores, formado por lo tanto, de las dos dotaciones de cromosomas, que contienen la información genética.
 25. **Homocigoto.** Individuo que para un gen dado tiene en cada cromosoma homólogo el mismo tipo de alelo, por ejemplo, AA. aa. "A" representa el color amarillo en los chicharos y es dominante, "a" representa el color verde de los chicharos y es recesivo
 26. **In vitro.** se refiere a una técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo.
 27. **Introgresión.** Infiltración del germoplasma de una especie a otra. La introgresión se presenta con frecuencia en lugares donde dos especies, un tanto afines coinciden parcial o totalmente en su época de floración y crecen una junto a la otra. Por ejemplo maíz y teocintle, *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*.
 28. **Inversión.** Anomalía cromosómica en la que se realiza un giro de 180° en algún segmento con rotura en el punto de unión y posterior reunión de los extremos del segmento cromosómico, quedando finalmente los genes de este en posición contraria (invertidos).
 29. **Loci.** Plural de locus; o sea lugares en que se encuentran situados varios genes.

30. **Locus.** Es el lugar que ocupa cada gen a lo largo de un cromosoma.
31. **Mapa genético.** Esquema del diagrama cromosómico haploide, con su configuración, por tamaño relativo, su morfología, constricciones primarias, secundarias, y principalmente por la situación de sus genes y la distancia relativa entre estos en cada "cromosoma". Los mapas genéticos más completos son los del maíz y de la *Drosophila*.
32. **Mejoramiento genético.** es el arte y la ciencia de incrementar el rendimiento o productividad, la resistencia o tolerancia a agentes bióticos y abióticos adversos, el rango de adaptación de las especies animales y vegetales domésticas o la belleza y calidad de sus productos, por medio de modificaciones del genotipo (la constitución genética) de los individuos.
33. **Micrópilo.** Término derivado del griego, que significa "puerta pequeña". Es una abertura o poro que se localiza en un extremo de los integumentos del ovario, por donde el tubo polínico descarga los dos núcleos generatrices del grano de polen para realizar la doble fecundación en las angiospermas.
34. **Monofilético.** Una rama.
35. **Mutagénesis.** a la producción de mutaciones sobre ADN, clonado o no. De realizarse in vitro, dicha alteración puede realizarse al azar (mutagénesis al azar), sobre cualquier secuencia, o bien de forma dirigida (mutagénesis dirigida) sobre una secuencia conocida y en la posición de interés
36. **Mutágeno.** Compuestos químicos que inducen mutaciones.
37. **Mutagénico.** Agente físico por irradiaciones o químico que induce cambio en los genes.
38. **Nectarios extraflorales.** Se sitúan fuera de las pertenencias de la flor, aunque generalmente se los considera parte del aparato de reclamo de la flor hacia los agentes polinizadores
39. **Organismos Genéticamente Modificados (OGM).** Se puede definir como un organismo vivo (vegetal o animal) en el que el material genético (ADN) ha sido alterado de manera artificial, confiriéndole una determinada característica o propiedad que no posee de manera natural.
40. **Organogénesis.** Formación de órganos durante la embriogénesis.
41. **Poliploidia.** Es la condición del aumento de cromosomas los que pueden ser autopoliploides o alopoliploides denominados euploides, pudiendo ser triploides, tetraploides o más series de cromosomas (genomios)
42. **Plúmula.** La yema del embrión en una semilla, que dará origen a la parte aérea de la planta. Tiene diversas acepciones, pero botánicamente se refiere a la gémula o rudimento seminal que originara las estructuras aéreas o foliáceas.

43. **Recesivo.** Gene cuya acción no se manifiesta con la presencia de su alelomorfo dominante, pero sí se expresa en estado homocigoto recesivo.
44. **Recombinación.** Es un acomodo de las partes de un todo; se refiere a la unión de gametos genótipicamente diferentes para obtener individuos diversos en una población por medio de la segregación y recombinación entre cromosomas, entre genes y últimamente de acuerdo con la genética molecular, entre partes del encadenamiento de la bases púricas y pirimídicas; siendo esta última recombinación una mutación (cambio) denominada pseudoalélica por recombinación a nivel de ADN.
45. **Replicación.** es el proceso de copiar y mantener actualizados los datos en varios nodos de bases de datos ya sean estos persistentes o no. Éste usa un concepto donde existe un nodo amo o maestro (master) y otros sirvientes o esclavos (slaves).
46. **Resistencia.** Es la capacidad de una planta o variedad de no ser dañada por una enfermedad, plagas, factores nutricionales o meteorológicos. El grado de resistencia puede ser parcial o total dependiendo del genotipo de la planta.
47. **Retrocruza.** Método de mejoramiento genético que consiste en cruzar dos progenitores que tienen cada uno de ellos caracteres favorables; por ejemplo, uno presenta resistencia monogénica (carácter cualitativo) a una enfermedad y el otro progenitor tiene caracteres de productividad (carácter cuantitativo o poligénico).
48. **Segregación.** Se refiere a la primera ley de Mendel como base genética de separación de los factores hereditarios después de un cruzamiento de progenitores con caracteres contrastables (alto o enano, rojo o blanco, etc.) para uno o más pares de genes de manifestación cualitativa. Si los progenitores son líneas puras (homocigóticas) para sus alelos dominantes o recesivos y contrastantes, la generación F_1 será 100% heterocigota y esta al autofecundarla o cruzarla con ella misma producirá la generación F_2 en donde se manifiesta la máxima segregación genética. Si los progenitores no son homocigotos contrastantes, la segregación se manifestará en la F_1 .
49. **Segregación genética.** separación de cromosomas homólogos en gametos diferentes (materno, paterno) en la meiosis. Se manifiesta en la F_2
50. **Tolerancia.** Capacidad de una planta, variedad o especie que se recupera del daño causado por insectos o por fitopatógenos. Desde el punto de vista agronómico, se dice que existe tolerancia cuando la especie cultivada, después del daño, su rendimiento y/o calidad no son significativos
51. **Translocación.** Mutación originada por el cambio de un segmento cromosómico a otro cromosoma o al mismo cromosoma en diferente posición.

52. **Variabilidad.** Potencialidad de formar genotipos diferentes por segregación y combinación de sus genes o por efectos de mutaciones.
53. **Variabilidad genética.** es el conjunto de recursos genéticos que se encuentra básicamente en los centros primarios de origen de las especies o en los hábitats en donde se han dispersado. Es la fuente principal de la evolución natural de las especies y los recursos genéticos que se aprovechan en los métodos filogenéticos.
54. **Variación.** Es la presencia de individuos diferentes debido a su constitución genotípica derivada por recombinaciones génicas, cromosómicas, ligamiento, etc. Por otra parte, la variación también se presenta por el medio ecológico que interactúa con el genotipo para expresar el fenotipo.
55. **Variación genotípica.** Estarán determinadas por las diferencias heredables en el genotipo de un individuo con respecto a otro.