

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



Caracteres fenológicos, morfológicos, y agronómicos de 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en su séptima generación en la búsqueda de genotipos promisorios a potencial de rendimiento, El Salvador

POR

OSCAR JOSUÉ FERNÁNDEZ LÓPEZ
MARVIN HUMBERTO ALEJO MARTÍNEZ
DIEGO ARMANDO ARTIGA GIL

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR INTERINO.

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLÓN

SECRETARIA GENERAL.

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO.

ING. AGR. MAG. SC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO.

ING. AGR. MAG. SC. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA:

ING. AGR. MAG. SC. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

DOCENTE DIRECTOR

ING. AGR. MAG. SC. MARIO ANTONIO ORELLANA NÚÑEZ

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. AGR. MARIO ALFREDO PÉREZ ASCENCIO

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el cantón Los Naranjos, municipio de Cojutepeque, Departamento de Cuscatlán, en el periodo de apante (noviembre de 2014 a febrero 2015). Se utilizaron 26 líneas mutantes de frijol irradiados en su séptima generación (M7) y el respectivo testigo sangre de toro T26. Con el propósito de estudiar y seleccionar líneas mutantes promisorias para obtener materiales relacionados a aspecto de potencial de producción. Los factores en estudio fueron las 26 líneas mutantes con su respectiva codificación (M09ST01, M09ST02, M09ST03, M09ST04, M09ST05, M09ST06, M09ST07, M09ST08, M09ST09, M09ST10, M09ST11, M09ST12, M09ST13, M09ST14, M09ST15, M09ST16, M09ST17, M09ST18, M09ST19, M09ST20, M09ST21, M09ST22, M09ST23, M09ST24, M09ST25, M09ST27 y el testigo sangre de toro T26). El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar (BCA), tomando datos de las Variables fenológicas cuantitativas como: días a germinación, días a emergencia, días a prefloración, días a floración, días a fructificación, días a madurez fisiológica, días a cosecha. Variables morfológicas cuantitativas: longitud de tallo principal, número de ramas, número de nudos, longitud de vaina, número de vainas por planta, semillas por vaina. Variables agronómicas cuantitativas: rendimiento ton/ha. Así como también Variables morfológicas cualitativas: habito de crecimiento, tipo de ramificación, color de flor, color de vaina en estado inmaduro, maduro y cosecha, perfil predominante de la vaina, color de semilla, forma de semilla y Variables agronómicas cuantitativas: resistencia a plagas y enfermedades. Para el análisis de los resultados se aplicaron métodos descriptivos, apoyado del software estadístico InfoStat, realizando análisis de correspondencia simple y la prueba de Diferencia Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5%.

Los resultados obtenidos dentro de los caracteres fenológicos, la línea mutante T9 (M09ST09) fue la que presento mayor precocidad en todas las variables con respecto al testigo y demás líneas, en cuanto a los caracteres morfológicos cuantitativos, se encontró que el T20 (M09ST20) mostró los mejores resultados, y dentro de los caracteres agronómicos la línea mutantes T20 (M09ST20) presentaron los mayor potencial de rendimiento con 4.71 ton/ha, en comparación con las demás líneas mutantes y el testigo.

“Palabras clave”: Líneas Mutantes, Irradiados, Séptima Generación, Variables, Apante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer al creador, por habernos puesto en el camino a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a nuestra formación profesional, y al desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias en agradecimientos especiales, por acompañarnos desde el inicio de nuestros estudios universitarios, por brindarnos su apoyo económico, moral, espiritual, para poder lograr nuestra meta y sueño.

A nuestro asesor de tesis Ing. Agr. Mag. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez, al equipo de docentes que participaron en el comité observador y evaluador Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra, Ing. Agr. Manuel de Jesús Juárez, Ing. Agr. Raúl Villatoro, A los docentes que nos apoyaron en la asesoría estadística, Ing. Agr. Mario Bermúdez, Ing. Agr. Miguel Paniagua e Ing. Agroindustrial Pedro Alberto Hernández Cruz, al personal administrativo de la Facultad, Licda. Linda Luz López Gálvez, Sra. Dora Imelda Campos Pacheco y Sr. Nicomedes Bustamante.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, de carrera, de facultad y de la Universidad, por su valiosa amistad, comprensión, apoyo y ayuda durante todos los años de estudio en la carrera de Ingeniería Agronómica.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas, por facilitarnos sus instalaciones durante toda nuestra formación académica.

A la Universidad de El Salvador, nuestra alma mater, nuestra casa de estudio. Líder en educación de calidad en las Ciencias Agronómicas, por brindarnos las herramientas básicas necesarias para nuestro desarrollo académico.

Josué Fernández

Marvin Alejo

Diego Artiga

DEDICATORIA

Al creador por brindarme salud, sabiduría, entendimiento, fortaleza, paciencia y guiarme en el transcurso de los años de estudio y en la realización del trabajo de investigación y así finalizar un sueño anhelado de ser profesional de las ciencias Agronómicas.

A mi madre Carmen López, por ser madre y padre a la vez, por brindarme su amor, confianza, por sus horas, días y años de trabajo para apoyarme económicamente y afrontar el reto de ser guía, orientadora, consejera.

A mis abuelos Mamá Lichita (Q.E.P.D:), papá chuz, por brindarme su apoyo incondicional y brindarme un hogar donde vivir.

A mi hermana y hermanos. Nury Fernández, Álvaro Fernández y Fredy Fernández, les agradezco infinitamente por creer en mí, por el acompañamiento, por su cariño, amor, comprensión y ayuda en cada momento de mi formación.

A mis tías, tíos, primas y primo: Tía Mary, Tía Zoily, Tío Jorge, Tío Paco, Tío Rubén, Carolina, Kevin y Marielita. Por el apoyo incondicional y acompañarme en mi formación profesional.

A Licda. Linda Luz López Gálvez y familia por el apoyo para lograr este objetivo.

A Sra. Dora Imelda Campos Pacheco, Srta. Ivonne Romero y Sr. Nicomedes Bustamante, por su disposición y apoyo en los procesos administrativos.

A mis amigos, amigas, compañeros y compañeras, de la Facultad de Ciencias Agronómicas y demás Facultades.

A los docentes todos y cada uno de los maestros de la Facultad de Ciencias Agronómicas, que fueron parte de mi formación académica, por el apoyo, orientación y amistad.

A mis compañeros tesistas Marvin Humberto Alejo Martínez y Diego Armando Artiga Gil, por permitirme realizar el trabajo de investigación, por la paciencia, apoyo y acompañamiento en esta etapa de formación.

Oscar Josué Fernández López.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: por darme la vida, la salud y las fuerzas necesarias para lograr todas mis metas, bendiciéndome día con día y siendo el protector de mi vida y mis caminos.

A MI ESPOSA E HIJA: Meybelline Estefany Guzmán y mi hija Jimena Fernanda Alejo por su amor y comprensión, dándome muchas alegrías en los momentos en que más lo necesitaba, siendo la motivación más grande para seguir adelante.

A MIS PADRES Y HERMANOS: Cesar Humberto Alejo y Carmen Julia Martínez, mis hermanos Griselda Alejo, Mario Alejo y Zayra Alejo, que a pesar de no convivir juntos siempre han sido personas muy importante en mi vida pues han sido la base del logro que he alcanzado.

A MIS ABUELAS: Martina Alejo y Marina Beltrán (Q.E.P.D), quienes me guiaron por el camino correcto con sus buenos consejos, demostrándome su amor incondicional y por estar conmigo cuando más las necesite.

A MIS SUEGROS Y CUÑADA: don Reyes Guzmán y doña Julia Alfaro, mi cuñada Jacqueline Guzmán por su inmensa comprensión a lo largo de los últimos años de mi carrera, por el apoyo moral y económico fundamental para culminar mis estudio.

A MIS TIOS Y PRIMOS: que siempre me alentaron a seguir adelante y a culminar mi gran objetivo.

A LOS DOCENTES: Ing. Mario Antonio Orellana, Ing. Balmore Martínez, Ing. Mario Bermúdez; gracias por apoyarnos a lo largo del trabajo de graduación y por transmitir sus conocimientos que son de vital importancia en nuestras vidas

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Oscar Josué Fernández y Diego Armando Artiga, por la amistad, apoyo, comprensión y dedicación al trabajo más importante de nuestras vidas, dando un paso fundamental en la vida profesional.

Marvin Humberto Alejo Martínez

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: por haberme proporcionado salud y sabiduría en el transcurso de mi vida personal y académica, y permitirme alcanzar mis metas profesionales.

A MIS PADRES: Oscar Armando Artiga Abrego y Dora Alicia Gil de Artiga por sus apoyos incondicionales en lo personal y económico, por brindarme sus consejos, su comprensión, paciencia y sabios consejos. Gracias.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: por brindarme su amistad, experiencia, conocimientos y su apoyo en mi desarrollo académico y personal.

AL DOCENTE: Ing. Agr. MsC Mario Orellana por compartirme su experiencia académica y científica, por su amistad, consejos y apoyo personal en el transcurso de mi carrera profesional.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Oscar Josué Fernández López y Marvin Alejo Martínez por su apoyo, paciencia y esmero por desarrollar y alcanzar juntos nuestras metas académicas.

Diego Armando Artiga Gil

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xvii
INDICE DE CUADROS.....	xx
INDICE DE ANEXOS.....	xxi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Origen y domesticación.....	3
2.1.1 Tipos de frijoles.....	4
2.1.1.1 Frijol silvestre.....	4
2.1.1.2 Frijol domesticado.....	4
2.2 Producción de frijol.....	5
2.2.1 Países productores de frijol en el mundo.....	5
2.2.2 Rendimiento a nivel mundial.....	5
2.2.3 Producción de frijol a nivel regional.....	5
2.2.4 Rendimiento de frijol en El Salvador.....	5
2.2.5 Consumo per-cápita.....	6
2.2.6 Productores de grano.....	6

2.2.7 Productores de semilla de frijol.....	6
2.2.8 Importaciones de frijol.....	6
2.2.9 Exportaciones de frijol.....	7
2.2.10 Propiedades alimentarias del frijol.....	7
2.3 Descripción Botánica.....	7
2.3.1 Taxonomía.....	7
2.3.2 Morfología.....	8
2.3.2.1 Raíz.....	8
2.3.2.2 Tallo y ramificaciones.....	8
2.3.2.3 Hábitos de crecimiento.....	9
2.3.2.3.1 Hábitos del crecimiento determinado.....	9
2.3.2.3.2 Hábitos del crecimiento indeterminado.....	10
2.3.2.4 Hoja.....	10
2.3.2.5 Inflorescencia.....	11
2.3.2.6 Flor y Biología floral.....	11
2.3.2.7 Fruto.....	12
2.3.2.8 Semilla.....	12
2.3.3 Etapas de crecimiento y desarrollo.....	13
2.3.4 Etapas de la fase de reproducción.....	14
2.4 Importancia económica y social de cultivo de frijol.....	14
2.4.1 Importancia económica.	14
2.4.2 Importancia Social.....	15

2.4.3 Condiciones para el cultivo de frijol.....	15
2.4.3.1 Calidad de Semilla.....	15
2.4.3.2 Requerimientos Ambientales.....	15
2.4.3.3 Requerimientos edáficos.....	16
4.4.3.4 Preparación del terreno.....	17
4.4.3.4.1 Maquinaria agrícola.....	17
4.4.3.4.2 Labranza mínima.....	17
2.4.4 Épocas de siembra en El Salvador.....	17
2.4.5 Sistemas de Siembra.....	17
2.4.6 Manejo de malezas.....	18
2.4.7. Fertilización.....	18
2.4.8 Manejo de plagas del frijol.....	19
2.4.9. Manejo de enfermedades del frijol	19
2.5 Genética del frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).....	19
2.6 Mejoramiento genético del frijol.....	20
2.6.1 Fitomejoramiento.....	20
2.6.2 Cultivo de tejidos en frijol.	21
2.6.3 Uso de la biotecnología para el mejoramiento del frijol.....	21
2.6.4 Mejoramiento genético asistido con marcadores moleculares.....	21
2.6.5 Mejoramiento del frijol utilizando ingeniería genética.....	22
2.6.6 Métodos de transformación genética.....	22
2.6.7 Las mutaciones en especies vegetales.....	23

2.6.7.1	Uso de mutaciones puntuales.....	23
2.6.7.2.	Uso de agentes mutagenicos para problemas específicos de mejoramiento.....	24
2.6.7.3	Mejoramiento mediante inducción de mutaciones.....	24
2.6.7.3.1	Mutágenos químicos.....	24
2.6.7.3.2	Radiación mutagénica.....	24
2.6.7.3.3	Dosis de irradiación.....	25
2.6.7.4	Efectos sobre el ADN, mecanismos de reparación y mutagénesis.....	25
2.7	El cambio climático.....	26
2.7.1	Impactos sobre la producción agrícola.....	26
2.7.2	Efecto del cambio climático en la producción agrícola.....	27
2.7.2.1	Huracanes.....	27
2.7.2.2	Altas temperaturas.....	27
2.7.2.3	Sequia.....	27
2.7.3	Mecanismos de tolerancia a sequía.....	28
2.7.4	Impactos de la sequía en Centro América.....	28
2.7.4.1	Situación de la sequía en El Salvador.....	28
3	MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1.	Descripción del lugar de la investigación.....	30
3.2.	Metodología de campo.....	30
3.2.1.	Preparación del terreno.....	30
3.2.2	Delimitación del área del experimento.....	30
3.2.3	Material utilizado para la siembra.....	30

3.2.4 Siembra del cultivo.....	31
3.2.5 Riego.....	31
3.2.6 Fertilización.....	32
3.2.7 Manejo de malezas.....	32
3.2.8 Manejo de plagas y enfermedades.....	32
3.2.9 Cosecha.....	33
3.2.10 Variables fenológicas cuantitativas a evaluar.....	33
3.2.10.1. Días a emergencia.....	33
3.2.10.2. Días a prefloración.....	33
3.2.10.3. Días a floración.....	34
3.2.10.4. Días a Fructificación.....	34
3.2.10.5. Días a madures fisiológica.....	34
3.2.10.6. Días a cosecha.....	34
3.2.11. Variables morfologicas cualitativas.....	34
3.2.11.1. Numero de ramas.....	34
3.2.11.2. Numero de nudos.....	34
3.2.11.3. Numero de vainas por planta.....	34
3.2.11.4. Longitud del tallo principal.....	35
3.2.11.5. Longitud de la vaina inmadura.....	35
3.2.11.6. Longitud de la vaina a cosecha.....	35
3.2.11.7. Semillas por vaina.....	35
3.2.11.8. Tamaño predominante de la semilla.....	35

3.2.12. Variables morfológicas cualitativas.....	35
3.2.12.1. Habito de crecimiento.....	35
3.2.12.2. Tipos de ramificación.....	36
3.2.12.3 Color de flor.....	36
3.2.12.4. Color de la vaina en estado inmaduro.....	36
3.2.12.5. Color de vaina en estado maduro.....	36
3.2.12.6. Color de vaina a cosecha.....	36
3.2.12.7. Perfil predominante de la vaina.....	36
3.2.12.8. Orientación del ápice de la vaina.....	37
3.2.12.9. Grado de curvatura del ápice de la vaina.....	37
3.2.12.10. Sutura placentar del ápice de la vaina.....	37
3.2.12.11. Color primario de la semilla.....	37
3.2.12.12. Forma predominante de la semilla.....	37
3.2.13. Variables agronómicas.....	37
3.2.13.1. Rendimiento ton/ha.....	37
3.2.13.2 Resistencia a plagas y enfermedades.....	38
3.3. Metodología de laboratorio.....	38
3.3.1. Prueba de germinación.....	38
3.3.2. Medición de la humedad de la semilla.....	38
3.4. Metodología Estadística.....	38
3.4.1. Diseño experimental.....	38
3.4.2. Tamaño de la muestra.....	39

3.4.3. Tratamientos.....	39
3.4.4. Análisis de datos.....	39
4 RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
4.1 Caracteres fenológicos cuantitativos en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L).....	40
4.1.1 Días a Emergencia.....	41
4.1.2 Días a prefloración.....	41
4.1.3 Días a floración.....	42
4.1.4 Días a fructificación.....	43
4.1.5 Días a madurez fisiológica.....	44
4.1.6 Días a cosecha.....	45
4.2 Caracteres morfológicos cuantitativos en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L).....	46
4.2.1 Numero de ramas.....	46
4.2.2 Numero de nudos.....	47
4.2.3 Numero de vainas por planta.....	48
4.2.4 Análisis de componentes principales para número de ramas, número de nudos y número de vainas.....	49
4.2.5 Longitud de tallo principal.....	50
4.2.6 Longitud de vaina inmadura.....	51
4.2.7 Longitud de vaina a cosecha.....	52
4.2.8 Semillas por vaina.....	53
4.2.9 Análisis de componentes principales para longitud de vaina inmadura, longitud de vaina madura y semillas por vaina.....	54
4.3 Caracteres morfológicos cualitativos en frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L).....	55

4.3.1	Habito de crecimiento.....	55
4.3.2	Tipo de ramificación.....	55
4.3.3	Color de flor.....	56
4.3.4	Color de vaina en estado inmaduro.....	57
4.3.5	Color de vaina en estado maduro.....	57
4.3.6	Color de vaina a cosecha.....	58
4.3.7	Perfil predominante de la vaina.....	59
4.3.8	Orientación del ápice de la vaina.....	59
4.3.9	Grado de curvatura.....	60
4.3.10	Sutura placentar.....	60
4.3.11	Color primario de la semilla.....	61
4.3.12	Tamaño predominante de la semilla.....	62
4.3.13	Forma predominante de la semilla.....	62
4.4	Caracteres agronómicos en frijol (<i>Phaseolus vulgaris L</i>).....	63
4.4.1	Rendimiento en ton/ha.....	63
4.4.2	Resistencia a plagas.....	65
4.4.3	Resistencia a enfermedades.....	66
5	CONCLUSIONES.....	67
6	RECOMENDACIONES.....	68
7	BIBLIOGRAFIAS.....	69
8	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis exploratorio entre las fases fenológicas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	40
Figura 2. Días a prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	41
Figura 3. Días a floración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	42
Figura 4. Días a fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	43
Figura 5. Días a madurez fisiológica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	44
Figura 6. Días a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	45
Figura 7. Número de ramas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	46
Figura 8. Número de nudos del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	47
Figura 9. Número de vainas por planta del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	48

Figura 10. Análisis de componentes principales para número de ramas, número de nudos y número de vainas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	49
Figura 11. Longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	51
Figura 12. Longitud de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	52
Figura 13. Semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	53
Figura 14. Análisis de componentes principales para longitud de vaina inmadura, longitud de vaina madura y semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	54
Figura 15. Tipo de ramificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	56
Figura 16. Color de vainas en estado inmaduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	57
Figura 17. Color de vainas en estado maduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	58
Figura 18. Color de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	58
Figura 19. Perfil predominante de la vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-	

FFCCAA. Tesis 2015.....	59
Figura 20. Color primario de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	61
Figura 21. Tamaño predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	63
Figura 22. Potencial de rendimiento del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	64

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro1. Material .utilizado para la siembra del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	31
Cuadro2. Medias de Longitud de tallo principal del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.	50

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Esquema de habito de crecimiento de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	87
Anexo 2. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	87
Anexo 3. Época de parición de las principales enfermedades del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.	88
Anexo 4. Época de parición de las principales plagas del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.	88
Anexo 5. Ubicación de la instalación del proyecto, cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	89
Anexo 6. Longitud del tallo principal de la planta de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	89
Anexo 7. Características de la vaina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	90
Anexo 8. Forma predominante del perfil de la vaina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	90
Anexo 9. Tipo predominante, grado de curvatura y sutura placentar del apice de la vaina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.	91

Anexo 10. Grupo de color UPOV en referencia a la RHS, Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	91
Anexo 11. Forma predominante de la semilla de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	101
Anexo 12. Distribución de los tratamientos en campo y especificaciones de los tratamientos cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	102
Anexo 13. Procedimiento para análisis de multivariado, análisis de correspondencia simple. En el programa Infostat, Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	103
Anexo 14. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, de componentes principales de las etapas fenológicas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los Naranjos. UES-FF.CC.AA. Tesis 2015.....	103
Anexo 15. Análisis de varianza para la variable prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	103
Anexo 16. Prueba estadística de la de la variable prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	104
Anexo 17. Análisis de varianza para la variable floración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	104
Anexo 18. Prueba estadística de la variable floración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	105
Anexo 19. Análisis de varianza para la variable fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	105
Anexo 20. Prueba estadística de la variable fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	106

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable madurez fisiológica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	106
Anexo 22. Prueba estadística de la variable madurez fisiológica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	107
Anexo 23. Análisis de varianza para la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	107
Anexo 24. Prueba estadística de la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	108
Anexo 25. Análisis de varianza para la variable número de ramas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	108
Anexo 26. Prueba estadística de la variable número de ramas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	109
Anexo 27. Análisis de varianza para la variable número de nudos del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.	109
Anexo 28. Prueba estadística de la variable número de nudos del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.	110
Anexo 29. Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	110
Anexo 30. Prueba estadística de la variable número de vainas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos,	

Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	111
Anexo 31. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, de componentes principales para número de ramas, número de nudos y número de vainas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los Naranjos. UES-FF.CC.AA. Tesis 2015.....	111
Anexo 32. Análisis de varianza para la variable longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	112
Anexo 33. Prueba estadística de la variable longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	112
Anexo 34. Análisis de varianza para la variable longitud de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	113
Anexo 35. Prueba estadística de la variable longitud de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	113
Anexo 36. Análisis de varianza para la variable semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	114
Anexo 37. Prueba estadística de la variable semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	114
Anexo 38. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, del análisis de componentes, Longitud de vaina inmadura, longitud de vaina madura y semillas por vaina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.....	115
Anexo 39. Tabla de frecuencia de la variable habito de crecimiento del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis	115

2015.....

Anexo 40. Tabla de frecuencia de la variable tipo de ramificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **115**

Anexo 41. Tabla de frecuencia de la variable tipo de color de flor del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **115**

Anexo 42. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina en estado inmaduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **115**

Anexo 43. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina a madurez fisiológica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **116**

Anexo 44. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **116**

Anexo 45. Tabla de frecuencia de la variable perfil predominante de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **116**

Anexo 46. Tabla de frecuencia de la variable orientación del ápice de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **116**

Anexo 47. Tabla de frecuencia de la variable grado de curvatura de la vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015..... **117**

Anexo 48. Tabla de frecuencia de la variable sutura placentar de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los

naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	117
Anexo 49. Tabla de frecuencia de la variable color primario de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	117
Anexo 50. Tabla de frecuencia de la variable tamaño predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	117
Anexo 51. Tabla de frecuencia de la variable forma predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	117
Anexo 52. Análisis de varianza para la variable quintales/hectarea del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	118
Anexo 53. Prueba estadística de la de la variable quintales/hectárea del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	118
Anexo 54. Tabla de peso de 100 semillas al 12% de humedad del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	119
Anexo 55. Tabla de frecuencia de la variable resistencia a plagas de del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	119
Anexo 56. Tabla de frecuencia de la variable resistencia a enfermedades de del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.....	120
Anexo 57. Collage de fotos.....	120
Anexo 58. Glosario.....	123

1. INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) constituye un componente esencial de la canasta básica familiar y de la dieta alimenticia diaria para la mayoría de población salvadoreña; por ser una fuente económica de proteínas, con un promedio de 22%. En nuestro país el consumo de proteínas solamente alcanza 52.4 gramos por persona por día, de las cuales se estima que 4.2 gramos son provenientes de frijol, por lo que este cereal suministra el 8% de la disponibilidad total de proteínas (CENTA 2008). Desde hace algunos años, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdoba” (CENTA), junto con otras instituciones internacionales han unido esfuerzos para buscar nuevas alternativas a través de procesos de mejoramiento de los materiales criollos de frijol, siendo su principal objetivo aumentar la productividad del cultivo de manera que permita un mejor abastecimiento para el consumo y aceptación del producto en el mercado y potenciar el uso y conservación de la biodiversidad local, mediante procesos de fitomejoramiento participativo (CENTA 2012).

Las mutaciones son un método de mejoramiento genético y actualmente se han realizado experimentos en todo el mundo. Se está buscando obtener mutantes de semillas por irradiación y esto es posibles porque la irradiación si se aplica adecuadamente, cambia solamente ciertos aspectos de los caracteres genéticos de la planta, aunque los resultados deseados pueden ser lentos (Salazar López 1984).

La utilización de radiaciones gamma como una alternativa para obtener variación genética por la vía de mutaciones inducidas es una técnica empleada hoy en día con bastante frecuencia en el mejoramiento genético de las plantas y ha permitido la obtención de cultivares de alta adaptación en muchas especies, ya que puede permitir la obtención de genotipos superiores en corto tiempo. Sin embargo, su utilización debe estar precedida de ensayos que permitan determinar la dosimetría adecuada, así como familiarizar al mejorador sobre el efecto que las radiaciones tienen sobre el material vegetal utilizado. El método de mejoramiento genético mediante mutaciones inducidas se basa en el principio de que se puede aumentar la proporción de mutaciones exponiendo plantas o semillas a las radiaciones (Novak y Brunner 1992). Si bajo condiciones naturales ocurren mutaciones útiles, puede suponerse que también se pueden producir mutaciones favorables en forma

experimental. Las semillas son el material favorito para la irradiación en muchos experimentos de inducción de mutaciones y en el mejoramiento práctico (Lemus *et al*, 2002).

Es por esto que surge la necesidad de evaluar los componentes morfo agronómicos y fenológicos de líneas mutantes promisorias de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en su séptima generación, en la búsqueda de nuevos genotipos, dejando claro que cabe la posibilidad de encontrar líneas con características de interés para los agricultores que pueden aportar para la producción nacional de frijol, así completar la demanda nacional y reducir en cierta medida las importaciones de este grano que puede ser aprovechado en nuestras tierras.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Origen y domesticación.

Poblaciones silvestres del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) se encuentran desde el centro de México hasta el Norte de Argentina, particularmente en las regiones de niveles mesotérmicos, vegetación baja y estación alterna. Difieren de las formas cultivadas en la ramificación más largas y profundas; en el tamaño menor de las hojas, vainas y semillas, estas últimas de testa más dura e impermeable, la latencia es más larga e irregular y en ciertos tipos de raíces carnosas y profundas; indican que su ciclo de vida puede exceder del año. En varios sitios del área de dispersión de las poblaciones naturales (León 2000).

Se asume actualmente que el cultivo del frijol se domesticó independientemente de poblaciones silvestres, en dos regiones; Mesoamérica y los Andes centrales y posiblemente en una tercera que es Colombia. Lo que resulta más problemático es la falta de restos arqueológicos que demuestren en las regiones, la transición de frijoles silvestres a cultivados. Los primeros frijoles cultivados no presentan diferencias considerables con los cultivares en tamaño, forma y color, esto sugiere que la domesticación de los frijoles comunes debió ser un proceso rápido y que ocurrió mucho antes de los 6000-7000 años que tienen los restos más antiguos de Mesoamérica y los 7000-8000 años de los frijoles de los Andes Centrales (León 2000).

Las poblaciones silvestres de *P. vulgaris* (el frijol común) están ampliamente distribuidas tanto en Mesoamérica como en Sur América, las cuales han sido llevadas a domesticación al menos una vez en cada una de estas dos regiones y de manera independiente. La edad más antigua para el frijol común domesticado proviene de la cueva Guitarrero en Perú. A primera vista, este resultado sugiere que el frijol común fue posiblemente domesticado en el Perú y posteriormente introducido en Mesoamérica donde los registros arqueológicos son más recientes (Chacón 2009).

Phaseolus vulgaris silvestre se distribuye desde el estado de Chihuahua en el norte de México hasta San Luis en el norte de Argentina a una altura entre 700 y 2.700 msnm. A lo largo de su rango de distribución el frijol común silvestre es variable, por ejemplo, las poblaciones silvestres en Mesoamérica presentan semilla pequeña mientras que las

poblaciones andinas presentan semillas más grandes. En el área intermedia desde Costa Rica hasta Perú, el tamaño de la semilla es intermedio. En Mesoamérica, el frijol común silvestre se encuentra en alturas que van desde los 1.500 hasta los 1.900 msnm mientras que en los Andes se encuentra en alturas que van desde 1.200 hasta 2.500 msnm. Además de las diferencias morfológicas y ecológicas, existen también diferencias a nivel bioquímico y genético a tal punto que se han reconocido dos acervos genéticos en el frijol común silvestre, el Mesoamericano y el Andino. Igualmente en el frijol común domesticado se reconocen dos acervos genéticos, uno de semilla pequeña de razas criollas mesoamericanas (razas Mesoamérica, Durango, Jalisco y Guatemala) y uno de semilla grande de razas criollas andinas (razas Perú, Nueva Granada y Chile) (Chacón 2009).

2.1.1 Tipos de frijoles

2.1.1.1 Frijol silvestre.

Esta variedad se distribuye en México desde el norte de Chihuahua hasta el sur del estado de Chiapas, a lo largo de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. La variedad silvestre muestra los cuatro hábitos de crecimiento, pero predominan los de tipo indeterminado; con hipocótilo color rosa o morado; el número de ramas en el tallo principal promedio es 7.2; flores color morado, que emergen a los 43 días y finalizan a los 75 días (García *et al.* 1997). La madurez fisiológica se alcanza a los 113 días y el número de vainas por planta promedio es de 55.4; estas son de color morado con gran cantidad de fibra tanto en la pared como en la zona de sutura, lo que facilita la dispersión de la semilla en el momento de la maduración del fruto. Las semillas son numerosas y planas, en ocasiones angulares y de tamaño variable según las condiciones ecológicas, pero por lo general muestran 6.7 a 8.5 mm de longitud, de 4.7 a 6 mm de largo y de 2.2 a 3.1 mm de ancho, con un peso de 0.04 a 0.11 g (Babot *et al.* 2007).

2.1.1.2 Frijol domesticado.

A través del proceso de domesticación las variedades de frijol común se han seleccionado a partir de sus ancestros silvestres por sus características de importancia antropocéntrica. *Phaseolus vulgaris L.* se distribuye en todas las regiones agrícolas en México; muestra un hábito de crecimiento determinado con hipocotilo color rosa; el número de ramas en el tallo principal es de 4.3; flores color blanco que van de los 51.8 y 78.4 días después de la siembra (García *et al.* 1997). La madurez fisiológica la alcanzan a los 105.3 días y el número de vainas por planta promedio es de 13.7; estas son de color crema y no presentan

acumulación de fibra en la pared y en la zona de sutura. Las semillas amplia diversidad de tamaño, formas, colores y patrón de moteados, como consecuencia de las preferencias del consumidor. Las semillas son más permeables al agua comparada con sus parientes silvestres y presentan grandes dimensiones: 10 a 13 mm de longitud, 7mm de largo y 5.5 mm de ancho en promedio con un peso de 0.2 a 0.3 g (Babot *et al.* 2007).

2.2 Producción de frijol.

2.2.1. Países productores de frijol en el mundo.

Entre los países más productores se destacan en orden de importancia, expresados en porcentaje de producción mundial: India 19%, Brasil 17%, Myanmar 12%, China 8.5%, Estados Unidos 6% y México 6%. Estos países contribuyen con el 68.5% del total de la producción (IICA 2014).

2.2.2 Rendimiento a nivel mundial.

La producción a nivel mundial, es de 17.9 millones de toneladas métricas y el rendimiento promedio a nivel mundial es de 0.7 T/Ha. Se destacan por sus favorables rendimientos, en primer lugar Estados Unidos con 1.8 T/Ha, seguido por Indonesia y Canadá con 1.6 T/Ha y China con 1.1 T/Ha (SAGARPA y FAO 2012).

2.2.3 Producción de frijol a nivel regional

Para el periodo 2011/12 la región cultivó 770,000 Ha de frijol, el 95% del área cultivada se concentró en Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras. Con relación a la productividad, El Salvador tiene el promedio de rendimiento más alto de la región durante estos últimos 10 periodos agrícolas con 1.89 T/Ha, seguido por Guatemala con 1.86 T/Ha, luego sigue Nicaragua y Belice con 1.67 T/Ha, Honduras con 1.6 T/Ha, Costa Rica con 1.46 T/Ha, y finalmente con el rendimiento más bajo se tiene a Panamá con 0.83 T/Ha (IICA 2014).

2.2.4 Rendimiento de frijol en El Salvador.

Para el periodo agropecuario de 2013-2014 el rendimiento de frijol a nivel nacional fue de 2.16 T/Ha, obteniendo una producción de 259,175 T, en una superficie de terreno de 120,002.4 Ha. La región I (Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate) cultivo una superficie de 39,231.5 Ha con una producción de 89,342.8 T obteniendo así un rendimiento de 2.27 T/Ha; la región II (Chalatenango, La Libertad, San Salvador y Cuscatlán) cultivo una superficie de

43,932 Ha con una producción de 97,354.2 T obteniendo así un rendimiento de 2.21 T/Ha; la región III (La Paz, Cabañas y San Vicente) cultivo una superficie de 16,345 Ha con una producción de 32,914.7 T obteniendo así un rendimiento de 2.01 T/Ha; y la región IV (Usulután, San Miguel, Morazán y La Unión) cultivo una superficie de 20,494.6 Ha con una producción de 39,563.3 T obteniendo así un rendimiento de 1.93 T/Ha, Todos estos obtenidos en la época de siembra postrera (MAG y ENAPM 2014).

2.2.5 Consumo per-cápita.

El frijol es el producto de mayor importancia dentro de la canasta alimenticia básica de la población salvadoreña. El consumo per cápita por año en El Salvador es de los más altos de Centroamérica, con un consumo al año de 23,000 gramos (Fonseca *et al.* 2014).

2.2.6 Productores de grano.

En El Salvador existen 395,588 productores agropecuarios, de los cuales 370,692 son productores de granos básicos, y de ellos 157,481 se dedican a la producción de frijol, en donde el 99% son productores individuales y el resto son cooperativas o empresas privadas o públicas. Muchos de los productores están asociados a los diversos Centros de Acopio y Servicios existentes en el país (IICA 2014).

2.2.7 Productores de semilla de frijol.

Existen en la actualidad 312 productores de semilla de frijol, de los cuales 183 están asociados a 4 pequeñas empresas conformadas en 2012 con el acompañamiento de FAO (Agro Zapotitán, ubicada en el distrito de riego Zapotitán; SEDEOCCI, que integra a productores de la región occidental; ACOCEP en la región central y paracentral; y PROCOMAO, formada por productores de la región oriental). El resto son agricultores independientes. En total cultivan 1,075.2 Ha, con una producción total de 4,000 T, obteniendo un rendimiento de 3.73 T/Ha, la cual es vendida mayoritariamente al gobierno para el programa de entrega de paquetes agrícolas. Se cultivan 5 variedades: CENTA PIPIL, CENTA SAN ANDRES, CHAPARRASTIQUE, CENTA NAHUAT y CENTA CPC, siendo las variedades principales el CENTA PIPIL y CENTA SAN ANDRES. La zona de mayor tradición y producción de semilla de frijol es el valle de San Andrés, donde se cultivan anualmente entre 140 a 199.5 Ha (IICA 2014).

2.2.8 Importaciones de frijol.

En nuestro país para el año 2013 se produjo la importación de 14,110.07 T frijol y de ello cuatro tipos, frijol blanco se importaron 71.23 T, frijol negro 986.56 T, así mismo frijol pinto 95.21 T, y el mayor y más importante fue el frijol rojo del que se importaron 12,957.07 T. Con procedencia de Nicaragua, Honduras y Etiopía (MAG y ENAPM 2014).

2.2.9 Exportaciones de frijol.

Existe un mercado fundamental en la economía del país y está representado por los productos nostálgicos, sin duda el frijol forma parte de esos productos por lo cual para el año 2013 se exportaron en total 3,615.15 T de frijol y de ello 114.72 T de frijol negro, 50.03 T de frijol blanco y 3,450.40 T de frijol rojo (MAG y ENAPM 2014). Existen 14 empresas que adquieren frijol, lo procesan y lo exportan especialmente al mercado nostálgico de salvadoreños en Estados Unidos. Para 2011 se reportaron exportaciones por \$7.8 millones, siendo el principal destino los mercados de Guatemala y los Estados Unidos, en diferentes presentaciones como: casamiento, frijoles molidos sin congelar, frijoles en polvo en bolsa, frijoles empacados al vacío, frijoles molidos enlatados, pupusas de frijol con queso, frijoles enteros borrachos en bolsa, frijoles molidos fritos congelados, frijoles volteados pre fritos congelados, riguas de maíz con frijoles, empanadas de plátano rellenas con frijoles (IICA 2014).

2.2.10 Propiedades alimentarias del frijol.

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína). El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de Calcio, Hierro, Fósforo, Magnesio y Zinc y de las vitaminas Tiamina, Niacina y Ácido Fólico (Ulloa *et al.* 2011).

2.3 Descripción Botánica.

2.3.1 Taxonomía.

Solo en las dos últimas décadas se ha establecido bases universales en la taxonomía de *Phaseolus*, este género ha sido bien diferenciado de otros como *Vigna* y *Macroptilium*, con los cuales se tenía confusiones respecto a su clasificación y se les conoce como de origen exclusivo americano. El frijol común desde el punto de vista taxonómico es el prototipo del

genero *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus Vulgaris L.* asignado por Linneo en 1753; pertenece a subtribu Phaseolinae, de la tribu Phaseolae en la subfamilia Papilionoidae, de la familia Leguminosae, del orden Rosales. El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas: *P. vulgaris L.*; *P. lunatus L.*; *P. coccineus L.*, y *P. acutifolius A. Gray* (CIAT 1984).

2.3.2 Morfología.

2.3.2.1 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. Aunque generalmente se distingue la raíz, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad. Presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos tienen forma poliédrica, 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 (CENTA 2008).

Los pelos absorbentes son órganos epidérmicos localizados principalmente en las partes jóvenes de las raíces, y juegan un papel muy importante en la absorción de agua y de nutrientes. Las características del suelo tales como la estructura, la porosidad, el grado de aireación, la capacidad de retención de humedad, la temperatura, el contenido de nutrientes; son importantes en la formación del sistema radicular y su tamaño. Sin embargo el sistema radicular se concentra generalmente cerca del tallo, en condiciones favorables las raíces pueden alcanzar más de un metro de longitud (CIAT 1984).

2.3.2.2 Tallo y ramificaciones.

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el

punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en el tallo. El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis (CIAT 1984).

La planta de frijol se ramifica del eje central en ramas primarias, secundarias y hasta terciarias, la norma de ramificación es característica hereditaria del cultivar; tanto el tallo y las ramas se forman de entrenudos cilíndricos o aristados que se engruesan en la parte superior para constituir el nudo, en cada uno de estos hay una estipula aguda y caediza en posición opuesta a la hoja trifoliada; en la axila, formada por la inserción de la hoja y el tallo, hay tres yemas que se desarrollan en ejes florales o vegetativos. Por lo común las yemas de la parte basal del tronco y ramas inferiores solo forman ejes vegetativos, en cambio de las axilas en la parte central y superior de la planta ramillas floríferas y vegetativas o solo floríferas, en las plantas maduras el tallo es aristado o cilíndrico, se compone de epidermis con una capa de células de paredes externas engrosadas, pubescentes o lisas (León 2000).

2.3.2.3 Hábitos de crecimiento.

Este concepto morfo agronómico podría ser definido como el resultado de la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final, debido a que algunos de estos caracteres son influenciados por el ambiente, el hábito de crecimiento no incluye solamente fenómenos de crecimiento; aumento de volumen y peso de las estructuras de la planta, también fenómenos relativos al desarrollo; procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos, como la aparición de flores o de vainas (CIAT 1984). Los principales caracteres morfológicos y agronómicos que ayudan a definir el hábito de crecimiento del frijol son: el desarrollo de la parte terminal del tallo el cual permite calificarlo como determinado o indeterminado, número de nudos, longitud de los entrenudos y en consecuencia, altura de la planta, aptitud para trepar, grado y el tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía, el cual es definido como la parte del tallo y/o ramas que sobresalen por encima del follaje del cultivo (CENTA 2008) (Figura A1).

2.3.2.3.1 Hábitos del crecimiento determinado.

Tipo I: Hábito de crecimiento determinado arbustivo; El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada, cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y las ramas generalmente se detienen. El tallo es fuerte con un bajo número de entrenudos, de 5 a 10 y comúnmente cortos, la altura varía de 30 a 50 centímetros, la etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo (CIAT 1984).

2.3.2.3.2 Hábitos del crecimiento indeterminado.

Tipo II Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo: pertenecen a este grupo las plantas con las siguientes características: tallo erecto sin aptitud para trepar aunque termina en una guía corta, Las ramas no producen guías, pocas ramas pero en número superior de la tipo I y generalmente cortas con respecto al tallo, el número de nudos del tallo es superior al de las del tipo I y generalmente más de 12, continúan creciendo durante la etapa de floración aunque en un ritmo menor (CIAT 1984).

Tipo III Hábito de crecimiento indeterminado postrado: las características sobresalientes de las plantas son; plantas postradas o semi-postradas con ramificación bien desarrollada, La altura de las plantas es superior a la de las plantas de tipo I y II (generalmente mayor de 80 centímetros), la longitud de los entrenudos es superior respecto a los hábitos anteriormente descritos y tanto el tallo como las ramas terminan en guías. Algunas plantas son postradas desde las primeras fases de la etapa vegetativa. Otras son arbustivas hasta pre-floración y luego son postradas, dentro de estas variaciones se puede presentar aptitud trepadora especialmente si las plantas cuentan con algún soporte en cuyo caso suelen llamarse semi-trepadoras (CENTA 2008).

Tipo IV Hábito de crecimiento indeterminado trepador: se caracteriza porque a partir de la primera hoja trifoliada el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión lo que se traduce en su habilidad trepadora, ramas muy poco desarrolladas a consecuencias de la dominancia apical, El tallo puede tener de 20 a 30 nudos, puede alcanzar más de dos metros de altura con un soporte adecuado, La etapa de floración es significativamente más larga que la de otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan a un mismo tiempo las etapas de floración, formación de las vainas, llenado de vainas y maduración (CIAT 1984).

2.3.2.4 Hoja.

Las hojas del primer par que aparecen arriba de los cotiledones son opuestas, simples y acorazonadas, las superiores son compuestas alternas y se forman de tres folíolos con el central aovado y simétricos, los laterales asimétricos, el peciolo tienen una base engrosada, el tamaño y forma de los folíolos varían considerablemente según el cultivar y los factores

ambientales (León 2000). En la base del peciolo, cerca del tallo o de las ramas está el pulvinulos, los cuales están relacionados con los movimientos nictinásticos de las hojas, en condiciones normales existen una gran variación en cuanto a color y pilosidad; estos caracteres pueden o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo o las ramas, esta variación está relacionada con el cultivar, con la posición de la hoja en la planta y la edad (CIAT 1984).

2.3.2.5 Inflorescencia.

La inflorescencia es un racimo axial con pedúnculo cilíndrico o aplanado hasta 10 cm de largo; el raquis donde emergen las flores mide de uno a ocho centímetros y está cubierto por pubescencia fina. En los nudos del raquis, encima de una bráctea, aparecen tres primordios florales, los dos laterales desarrollan las flores y el central permanece latente; por esto las flores de frijol surgen en pares que se abren simultáneamente, en algunos casos la yema central puede dar origen a un eje floral secundario o una flor terminal (León 2000).

2.3.2.6 Flor y Biología floral.

Es típica flor papilionácea y en el proceso de desarrollo se pueden distinguir dos estados: el botón floral y la flor compuesta. El botón floral bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila, en su estado inicial está envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda y en su estado final la corola que aún está cerrada sobresale y las bractéolas cubren el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de la antesis, la flor se abre, la cual tiene simetría bilateral presentando las siguientes características: un peciolo glabro o subglabro con pelos unculados y en su base una pequeña bráctea pedicelar, el cáliz es gamosépalo, campanulado con cinco dientes triangulares dispuestos como labios en dos grupos en la siguiente forma: dos en la parte alta completamente soldados y tres más visibles en la parte baja, en la base del cáliz hay dos bractéolas ovoides multinerviales que persisten hasta poco después de la floración, la corola es pentendra y papilionácea con dos pétalos soldados por su base y tres no soldados en la cual se distinguen: el pétalo más sobresaliente corresponde al estandarte y es uno de los no soldados, es glabro, simétrico, con un apéndice ancho y difuso en la cara interna, puede ser de color blanco, verde, rosado o purpura pero nunca amarillo.

Dos alas cuyo color puede ser muy variado, blanco, rosado o purpura, en general las alas son más oscuras que las otras partes de la corola, pero puede ocurrir todo lo contrario. La

quilla presenta forma de espiral muy cerrada es asimétrica y formada por dos pétalos estigmados completamente unidos y la quilla envuelve completamente el androceo y gineceo. El androceo está formado por nueve estambres soldados por su base en un tubo y por un estambre libre llamado vexilar que se encuentra al frente del estandarte internos lateral terminal. El gineceo es supero e incluye el ovario comprimido; el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal, debajo del estigma se puede observar una agrupación de pelos en forma de brocha (CIAT 1984).

2.3.2.7 Fruto.

El fruto es una vaina con dos valvas las cuales provienen del ovario comprimido, dos suturas aparecen en la unión de las valvas: una en la sutura dorsal la cual se le conoce como placenta y otra se le denomina sutura ventral. Los óvulos que son las futuras semillas alternan en la sutura placentar, en consecuencia las semillas también se alternan en las dos valvas. Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños, pueden ser de diferentes colores, uniformes o con rayas, existiendo diferencia entre las vainas jóvenes o estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas, el color depende del cultivar (CIAT 1984).

La dehiscencia, es la presencia de fibra en las suturas y en las capas pergaminosas adheridas a la superficie interna de las valvas determinada, la característica se utiliza para clasificar los cultivares de frijol, la textura de la vaina permite considerar tres tipos de dehiscencia: el tipo de textura pergaminosa de la vaina que posee fibra orientadas en la capa pergaminosa induce una fuerte dehiscencia en la maduración, el tipo coriáceo es aquel en el cual se separan las dos suturas levemente sin que haya separación total de las dos valvas y en el tipo carnoso o no fibroso la vaina es casi indehisciente, las valvas no poseen fibras (CIAT 1984).

2.3.2.8 Semilla.

La semilla es el óvulo fecundado y maduro que se desarrolla dentro de la vaina (Jara 2015). Está compuesta por un embrión rodeado por los cotiledones que son un alimento de reserva; estos le dan la oportunidad al embrión de crecer y desarrollar raíces, ramas y hojas para aprovechar la luz solar y tomar los nutrientes del suelo. Posee además una protección exterior llamada tegumento o cascara (Araya y Hernández 2007). Las semillas pueden ser redondas, esféricas o arriñonadas de acuerdo con la variedad de 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 son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos y proteína 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 inferior del grano (CIAT 2008).

2.3.3 Etapas de crecimiento y desarrollo.

La fase vegetativa incluye Cinco etapas de desarrollo; la Germinación (Etapa V0), es la etapa que inicia con la siembra, la semilla se coloca en un ambiente favorable, para el comienzo del proceso se debe de tomar como iniciación la etapa V0 (Figura A2), el día en que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo de la germinación, es decir, el día del primer riego, de la primera lluvia o de siembra en suelo seco. Emergencia (Etapa V1), se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas aparecen al nivel del suelo (Figura A2) El hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo. Hojas primarias (Etapa V2), comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas (Figura A2), para el cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. 1ª hoja trifoliada (Etapa V3), esta etapa se inicia al desplegarse la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo (Figura A2). El entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el peciolo de esta ultima son todavía cortos; al inicio de la etapa, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las primeras. También se puede observar en esta segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido, los cotiledones se han secado o se han caído. Al final se empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada. 3ª hoja trifoliada (Etapa V4), Inicia cuando la planta presenta la tercera hoja trifoliar completamente desplegada (Figura A2), se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta la tercera hoja trifoliada desplegada En la axila de cada hoja, se encuentra una triada de yemas que se pueden originar estructuras vegetativas o reproductivas; generalmente las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. El tipo de ramificación principalmente el número y longitud de las ramas depende de factores como el genotipo y las condiciones del cultivo, la primera rama que se desarrolla forma su primer

nudo con su hoja trifoliada desplegada cuando el tallo principal tiene en promedio de tres o cuatro hojas trifoliadas desplegadas. (CIAT 1982).

2.3.4 Etapas de la fase de reproducción.

Cuando las yemas apicales de las plantas de hábito de crecimiento determinado se desarrollan en botones florales y en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo, termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta en la cual se pueden diferenciar cinco etapas: Prefloración (Etapa R5), comienza la fase reproductiva, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento (Figura A2). En las variedades de los Tipos II, III y IV, los primeros racimos florales parecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el fotoperíodo y otros (Blogspot 2010). Floración (Etapa R6), inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta (Figura A2), en condiciones del cultivar se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta dicha característica. Fructificación (Etapa R7), después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7 (Figura A2); en ese momento, la corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas, la etapa R7 termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud, y sólo entonces comienza definitivamente el crecimiento de los granos. Llenado de vainas (Etapa R8), comienza cuando el 50% de las plantas empiezan a llenar la primera vaina (Figura A2), inicia entonces el crecimiento activo de las semillas; vistas por las suturas o de lado, las vainas presentan abultamiento que corresponde a la semilla en crecimiento. Maduración (Etapa R9), se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado (Cuadro A2); las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha (CIAT 1986).

2.4 Importancia económica y social de cultivo de frijol.

2.4.1 Importancia económica.

La importancia de esta leguminosa como cultivo es fundamental para la economía campesina, como una fuente de ocupación e ingreso, así como una garantía para su seguridad alimentaria (Hernández Ríos *et al.* 2003). El frijol es cultivado por agricultores de escala en regiones de América Latina, África y Asia, donde se encuentran más los 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 manejado como un cultivo de alta tecnología que genera un rubro de exportación de aproximadamente el 23% de la producción mundial (Díaz Gálvez 2001). A nivel regional el cultivo de frijol genera más de 619,400 empleos y participan más de un millón y medio de productores, de los cuales cerca del 70% lo hacen para su autoconsumo con ventas marginales de excedentes (IICA 2014).

2.4.2 Importancia Social.

Durante todo el proceso de manejo del cultivo de frijol se generan muchas fuentes de empleos directos e indirectos, que van desde su producción hasta su comercialización, de ahí la importancia social en los países donde este cultivo se desarrolla (Díaz Gálvez 2001).

2.4.3 Condiciones para el cultivo de frijol.

2.4.3.1 Calidad de Semilla.

La calidad de semilla no está determinada por el aspecto: tamaño uniforme, color similar y sin daños ni defecto. Esto no garantiza que la semilla no esté contaminada con hongos, bacterias o virus, si es pura (no está mezclada con semilla de otras variedades), ni su porcentaje de germinación y vigor. La calidad de semilla se logra con una oportuna fiscalización de su producción y cosecha en el campo, de un apropiado beneficiado o proceso de la semilla más un análisis de laboratorio. La mayoría de los procesos de certificación tienen las siguientes categorías de semilla: genética, fundación, registro y certificación. Este proceso se inicia con la primera semilla obtenida, luego seleccionar y liberar oficialmente una variedad mejorada. El incremento de la semilla genética da origen a la fundación, en el segundo incremento (siembra de la semilla de fundación) se obtiene la registrada y finalmente el proceso con el último incremento (siembra de la registrada) su cosecha da origen a la certificación (Araya y Hernández 2007).

2.4.3.2 Requerimientos Ambientales.

Los factores que más influyen en el desarrollo del cultivo son: temperatura y la luminosidad, tanto en 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 promedios de 15° C y 27°C. En términos generales, las bajas temperaturas retarda el crecimiento, mientras que las altas temperaturas causa 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 luminosidad juega un papel fundamental 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 luminosidad por día puede retardar la maduración de dos a seis días (Vargas 2013). El frijol no es muy exigente en el suelo, pero debe tener buen drenaje a una elevación entre 400 – 1,200 msnm (Pérez y Reyes 2002).

En cuanto a los requerimientos de agua son convenientes 1000 a 1500 mm en el año; lluvias durante la floración provocan caídas de flor. Requiere de 350 a 400 mm durante el ciclo de cultivo y prospera en regiones con precipitación anual entre 600 y 2000 mm. Son convenientes 110-180 mm entre siembra y floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Los 15 días previos a la cosecha, deberían ser secos. Las necesidades de agua durante el periodo de cultivo son de 300 a 500 mm. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50% del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo (Ruiz *et al.* 2013). Esta especie requiere una atmósfera moderadamente húmeda y es afectada por una atmósfera excesivamente seca y cálida periodos alternados de alta y baja humedad relativa favorecen la incidencia de enfermedades como mancha angular *Isariopsis griseola* (Benacchio 1982).

2.4.3.3 Requerimientos edáficos.

Puede desarrollarse en suelos pocos profundos pero requiere de un mínimo de 60 cm de suelo; aunque son mejores para la obtención de máximos rendimientos los suelos profundos. La absorción de agua se produce principalmente en los primeros 0.5 a 0.7 m de profundidad. Textura: Los suelos óptimos son los de texturas ligeras como los franco-arcillosos y franco-arenosos; en tanto que los suelos pesados de tipo barrial son un poco

menos productivos. En sistemas de producción bajo humedad residual la productividad de los terrenos varía en forma descendente en el siguiente orden: suelos aluviales, arenosos y arcillosos. Prefiere suelos sueltos y ligeros de textura franca o franca limosa. Drenaje: Requiere suelos aireados y con buen drenaje. No tolera alcalinidad, el pH óptimo va de 5.5 a 6.0, Suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento. Por debajo de 5.0 el cultivo desarrolla síntomas de toxicidad de Aluminio y/o Manganeso, en tanto que valores superiores a 8.2 presentan inconvenientes de sal, exceso de Sodio, alcalinidad y deficiencia de elementos menores (Navarro 1983).

2.4.3.4 Preparación del terreno.

2.4.3.4.1 Maquinaria agrícola.

La preparación del terreno se inicia con un pase de arado a una profundidad de 20 a 30 cm, seguido de dos pases de rastra y el surcado; mediante una preparación adecuada obtenemos suelos sin terrones, sueltos que ofrecen condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo del cultivo, así la reducción de la presencia de plagas y enfermedades. En la siembra del frijol en relevo con maíz, es aconsejable limpiar entre hileras con cuma, azadón o herbicidas (Glifosato) antes de la siembra (CENTA 2008).

2.4.3.4.2 Labranza mínima.

Es la técnica actualmente más prometedora, se busca incidir lo menos posible con los equipos en el terreno; como forma de preservarlo de la erosión y la degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas. Para ello se reducen al mínimo posible las labores de arado y mullido del suelo. Si el terreno es de ladera, la siembra debe hacerse siguiendo las curvas de nivel, para reducir la pérdida de suelo y lavado de sus nutrientes. Para incrementar la productividad de frijol y otros cultivos, y conservar el suelo y agua, se recomienda la utilización de coberturas de las cosechas anteriores (ISCAH 1991).

2.4.4 Épocas de siembra en El Salvador.

En El Salvador se reconocen tres épocas: la de invierno del 15 de mayo al 15 de junio, cuando las lluvias están establecidas, postrera del 15 de agosto al 15 de septiembre esta época de siembra generalmente está condicionada a la madurez fisiológica del maíz cuando se siembra en relevo con el cultivo y la de apante del 15 de noviembre al 15 de diciembre, es la siembra que se efectúa bajo riego o humedad residual (CENTA 2008).

2.4.5 Sistemas de siembra.

Frijol solo o Monocultivo: Puede hacerse en cualquier época de siembra y consiste en sembrar el frijol solo, con distanciamientos entre surco de 50 a 60 cm y 7.5 a 10 cm entre plantas (10-13 plantas por metro lineal). Frijol Asociado: El frijol puede sembrarse en asocio con todos aquellos cultivos con los cuales no existe competencia por luz, incluyendo cultivos perennes en sus primeros años de plantación. En El Salvador el asocio más común es con maíz o con caña de azúcar. Asocio Frijol-Maíz: se recomienda al mismo tiempo, pero cuando hay atrasos en algunos de los cultivos, el periodo de siembra del segundo no debe exceder a los 5 días. Los distanciamientos de siembra para la asociación maíz frijol son: para maíz 90 a 100 cm entre surcos y 20 a 40 cm entre plantas, poniendo una o dos semillas por postura; para el frijol el surco debe ir separado de 20 a 25 cm del surco de maíz y de 10 a 20 cm entre plantas, colocando una o dos semillas por postura respectivamente. Frijol intercalado: Es el sistema de siembra más utilizado en el país y consiste en sembrar frijol en un terreno donde hay maíz que ha llegado a su madurez fisiológica, intercalando el frijol entre los surcos de maíz. El frijol se siembra a ambos lados del surco de maíz, separados de éste 20 a 25 cm; el distanciamiento entre plantas es 10 a 20 cm, colocando una o dos semillas, respectivamente (CENTA 2008).

2.4.6 Manejo de malezas.

Es difícil establecer un patrón general de manejo de malezas en las áreas de frijol debido a la diversidad de sistemas de cultivo. Sin embargo, algunos principios generales pueden ser aplicados. Un aspecto a ser considerado en cualquier programa de manejo de malezas en frijol, es el uso de cultivares competitivos, o sea de aquellos capaces de crecer rápidamente durante estadios tempranos y de producir abundante follaje. Si el cultivar carece de esta característica, lo más aconsejable, siempre que sea posible, será reducir la distancia tanto de las plantas en la hilera como la distancia entre las hileras, para así aumentar su competencia con las malezas. Cuando son perennes predominan, la combinación de la labranza profunda y pase de rastra debe ser utilizado (FAO 1996). Luego complementar el control manual, dos deshierbas, entre los 15 a 20 y 30 a 35 días después de la siembra (CENTA 2008).

El frijol es usualmente intercalado con maíz, cuyo método tiende a reducir la densidad de las malezas. Sin embargo, el control de malezas se debe desarrollar en estadios tempranos del cultivo, ya que el frijol sufre bastante la incidencia temprana de las malezas. Las labores de cultivo entre hileras son útiles para el control de malezas durante el primer mes después de

la emergencia de la planta cultivable y puede ser combinada con la aplicación de un herbicida selectivo a lo largo de las hileras de ésta (FAO 1996).

2.4.7 Fertilización.

Cuando los suelos son pobres o están “agotados”, una fertilización adecuada proporciona los nutrientes necesarios para el buen crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo. En lo posible, procurar incorporar los residuos de las cosechas anteriores, si no hubo presencia de enfermedades en el cultivo anterior, ya que esta materia orgánica mejora la calidad del suelo y los rendimientos, y reduce la cantidad de fertilizante que necesita aplicar al cultivo. De preferencia, resultará más efectivo fertilizar siguiendo las recomendaciones de un análisis de suelo, caso contrario puede aplicar los abonos en función de la experiencia en frijol y al grado de conocimiento de las parcelas a cultivar (CENTA 2008). En esta leguminosa, la fijación biológica de N atmosférico no es eficiente, pero satisface parte de sus requerimientos de N en asociación con *Rhizobium*. Es sensible a toxicidad de Al y Mn, así como a toxicidad o deficiencias de Zn, B, Mo y Mg. Responde a aplicaciones de Ca, Mg, S y B. El frijol absorbe en promedio 134, 16, 117, 23, 64 y 21 kg/ha de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio; de éstos, las cantidades extraídas del suelo y exportadas a 1000 kg de semilla son de 36.2, 5.4, 17.2, 10, 4 y 4 kg de N-P-K-S-Ca-Mg (Escoto 2011). El frijol absorbe cantidades de N, K, Ca y en menores cantidades S, Mg, P, las exigencias son; N 97 Kg/ha, P 9 Kg/ha, K 93 Kg/ha, Ca 54 Kg/ha Mg 18 Kg/ha y S 25 Kg/ha. (FAO s.f.).

2.4.8 Manejo de plagas del frijol.

La previsión y el manejo adecuado y oportuno de insectos y enfermedades resultan más efectivos y rentables que los controles realizados a la suerte o por costumbre, y permiten a la planta un mejor desarrollo, pues no sufre daños que alteren su crecimiento ni afecten la calidad de la cosecha. Es importante saber reconocer los insectos y las enfermedades que afectan al cultivo, y el momento y método para prevenirlos y/o controlarlos, (Figura A3) (CENTA 2008).

2.4.9 Manejo de enfermedades del frijol.

Al igual que los insectos, las enfermedades ocasionan pérdidas considerables en el rendimiento del frijol cuando no son prevenidas en forma oportuna. Cuando una enfermedad se desarrolla completamente sobre el cultivo, es difícil su control, por lo que se recomienda

la utilización de diferentes prácticas de prevención o control (manejo integrado) para disminuir el ataque de los patógenos. Un gran número de enfermedades causadas por virus, hongos y bacterias afectan al cultivo de frijol (CENTA 2008). El manejo recomendado para el control de enfermedades es preventivo, como primera medida es la utilización de semilla libre de enfermedades, utilización de variedades resistentes, labranza mínima y uso de coberturas vegetales sin contaminación así como rotación de cultivos, (Figura A4) (IICA 2009).

2.5 Genética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

El frijol es una especie diploide ($2n = 2x = 22$), anual y predominantemente autógena. El tamaño del genoma de frijol es pequeño (635 Mpb / genoma haploide) y similar en su naturaleza como diploide verdadero al de arroz (340 hasta 560 Mpb / genoma haploide). El tamaño de los cromosomas mitóticos y meióticos es de aproximadamente 1-3 μ m de longitud, la mayoría de cromosomas son metacéntricos o submetacéntricos, y presentan una media de 1.9 quiasmas por cromosomas bivalentes en la meiosis por un entrecruzamiento por brazo del cromosoma (Maréchal, citado por Franco 2011). En cuanto a estudios de genómica en frijol común se han reconocido familias pequeñas de genes, como los genes de la actina donde se describieron seis miembros. También se han descrito familias grandes, como los genes análogos de resistencia y genes que codifican para las quinasas. Además se han identificado muchos genes involucrados en resistencia, producción de isoflavonas y color de la testa (Broughton *et al.* 2003).

2.6 Mejoramiento genético del frijol.

Contar con variabilidad genética es el principal paso dentro de un programa de mejoramiento, la cual permite la selección de cultivares para diversos fines, como mayor rendimiento, contenido de proteínas o aceites, tolerancia a factores bióticos o abióticos, entre otros (López 2011). Dentro de las herramientas de mejoramiento genético disponibles para incrementar la diversidad genética, se mencionan como más importantes, la hibridación, la recombinación y la mutación (natural o inducida) (Atak, citado por López 2011).

2.6.1 Fitomejoramiento.

Al fitomejoramiento genético se considera el arte y la ciencia de conservar, mejorar o cambiar el genotipo o la herencia de las plantas cultivadas, formando nuevas variedades o mejorando las ya existentes y de cultivo común para los agricultores. El término

Fitogenotecnia, es el indicado para describir las técnicas y prácticas de los procesos de mejoramiento de las características heredables de las plantas, por medio de los métodos desarrollados por la genética vegetal aplicada, con la finalidad de hacerlas más eficientes en el aprovechamiento de las condiciones ecológicas, bajo las cuales se desarrollan. Las bases de estas tecnologías son: la genética, la bioestadística y un conjunto de conocimientos agronómicos que capacitan al mejorador para formar un arquetipo de planta capaz de alcanzar la mayor producción y la mejor calidad. De otra parte, la mejora vegetal desempeña un papel fundamental en el aumento del rendimiento y de la calidad de los cultivos, desarrollando variedades adaptadas a las distintas condiciones ambientales, con mejor aprovechamiento de los insumos e integrada en sistemas agrarios sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico. Esta disciplina ha evolucionado hasta convertirse en una ciencia compleja, que debe integrar instrumentos propios de la biología molecular, celular e informático en los métodos clásicos de selección (Peralta *et al.* 2012).

2.6.2 Cultivo de tejidos en frijol.

El cultivo de tejidos vegetales es una herramienta útil para promover la inducción de variabilidad genética y la producción de híbridos interespecíficos mejorados con tolerancia a patógenos y algunas condiciones edáficas. Sin embargo, las legumbres de grano llegan a ser recalcitrantes cuando éstas están bajo proliferación a través de estas técnicas (Chandra y Pental 2003). El frijol común ha sido considerado recalcitrante en su capacidad de regeneración *in vitro*, por lo que fue necesario estudiar diferentes factores, por ejemplo efecto dependiente del genotipo, el tipo de explante, edad de la planta, tipo y concentración de reguladores. La regeneración *in vitro* de frijol se ha documentado como un proceso de baja eficiencia y pobre repetitividad (Martínez 2014).

2.6.3 Uso de la biotecnología para el mejoramiento del frijol.

Existe un considerable interés mundial por el desarrollo de métodos no convencionales de mejoramiento genético en la agricultura, tales como la modificación genética, vía transgénesis o por inducción de mutaciones por irradiación o por métodos químicos. El objetivo es generar plantas tolerantes a factores de estrés biótico (plagas, patógenos, enfermedades) o abiótico (condiciones ambientales adversas) que no pueden ser obtenidas por métodos tradicionales, los cuales pueden utilizar solamente la variabilidad genética disponible en los recursos genéticos primarios de la especie, tales como variedades locales, o especies silvestres relacionadas y reproductivamente compatibles con ella (Jiménez 2008).

2.6.4 Mejoramiento genético asistido con marcadores moleculares.

El mejoramiento asistido con marcadores genéticos (SAM) es una esperanzadora tecnología que permite acelerar el desarrollo de nuevas variedades con rasgos determinados sin necesidad de intervenir en el genoma de las variedades actualmente existentes. Esta técnica se basa en identificar una secuencia singular o única del ADN (marcador molecular) cercana a un carácter de interés agronómico (por ejemplo un gen de resistencia). Un vez logrado esto las plantas portadoras de este carácter agronómico son marcadas, y rápidamente seleccionadas en poblaciones segregantes según presenten o no el marcador desarrollando nuevas variedades con los genes deseados (Gómez 2007).

Se basan en la amplificación del ADN o parte del mismo, que pueden ser regiones codificantes o no codificantes o secuencias conocidas que permite comparar los genomas dentro y entre especies. La amplificación de los segmentos de ADN se realiza con la técnica del PCR, (Polimerasa Chain Reaction, en inglés; Reacción de cadenas de la polimerasa), como en el caso de los ADN polimórficos amplificados al azar o RAPDs (Random Amplified Polymorphism DNA), o en la generación de sitios de corte en la secuencia del ADN, como en el caso de los polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción o RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphisms) y dentro de ellos se pueden diferenciar varios tipos como veremos más adelante. Los marcadores moleculares se caracterizan porque su detección es fácil y rápida, muchos son codominantes, hay ausencia de pleiotropismo y epistasia, la expresión es temprana, su distribución es homogénea en muchos casos y presentan un alto polimorfismo (pleiotropia = un único par de genes actúa en la manifestación de varios caracteres) (Gómez 2007).

2.6.5 Mejoramiento del frijol utilizando ingeniería genética.

Broughton (2003) reportó que los esfuerzos para la transformación de frijol común han tenido éxito limitado. En la actualidad, aun no existe un protocolo eficiente para la transformación de frijol. El primer reporte de transformación de frijol fue hecho en la década de 1990's usando aceleración de partículas por bombardeo. En Brasil, las investigaciones usando la técnica de bombardeo de partículas para producir frijol transgénico han generado líneas con resistencia al virus del mosaico dorado (BGMV) sin embargo la eficiencia de transformación reportada es aun baja menor a 0.7 % (Bonfim *et al.* 2007),

La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ha realizado estudios para la resistencia a la mancha angular en frijol y determina que esta posee extensa variabilidad genética, por lo que algunos genotipos evaluados hasta ahora son resistentes a unas razas y susceptibles a otras. Según los resultados de las reacciones de líneas y testigos de frijol a la inoculación con tres razas de *P. griseola*, se presentan líneas resistentes. Como resultado de las evaluaciones fenotípicas con la inoculación con las razas 31- 31, 63-31 y 63-43 de *Pseudocercospora griseola* en casa de malla, se identificaron cuatro líneas avanzadas de frijol (ALS 0532-6, ALS 0531-41, ALS 0532-38 y NIC 604-29) resistentes (Monserrate y Espinoza 2015).

2.6.6 Métodos de transformación genética.

Para realizar transformación genética, existen dos vías, mediante técnicas directas como la electroporación, micro inyección y biolística, o por agro infección que utiliza a la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* (Lorenzo 2010). La electroporación consiste en la aplicación de un campo eléctrico mediante el cual se puede inducir un cambio en el potencial de membrana de la célula dando lugar a la aparición de “microporos” que la hacen permeable a moléculas de gran tamaño, incluso en células vegetales provistas de pared celular. La aparición de poros o aperturas en la pared y membrana celular se puede provocar también mediante la utilización del láser o de ultrasonidos (Weber *et al.* 1990).

La técnica de biolística o aceleración de partículas consiste en bombardear células o tejidos con partículas de oro o tungsteno, recubiertas por ADN. Las partículas se aceleran mediante la utilización de un gas inerte, que provoca el impacto sobre el material vegetal y permite que las partículas penetren la pared celular, la membrana celular y membrana nuclear, por lo que una vez en el núcleo el ADN se libera y se da una recombinación para su incorporación dentro del genoma de la célula (Sanford 2006). Dentro de las técnicas indirectas, la utilización de *Agrobacterium* (*A. tumefaciens*, *A. rhizogenes*) es la técnica más versátil y de amplia utilización por su repetitibilidad, pues se sabe que esta bacteria es capaz de introducir un fragmento de ADN en las células vegetales e insertarlo en el genoma. Los primeros reportes científicos de plantas transgénicas utilizando *Agrobacterium* son del año 1983 con el desarrollo de callos resistentes a antibiótico (Tzfira y Citovsky 2000).

2.6.7 Las mutaciones en especies vegetales.

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 (Estrada 2007).

2.6.7.1 Uso de mutaciones puntuales.

Plantas autogamas: a) Uso directo de las mutaciones, uso de los mutantes como variedades. b) Mejoramiento por cruzamientos con mutantes; cruce de un mutante con el parental, cruce de diferentes mutantes del mismo parental, cruce de diferentes mutantes de diferentes parentales y cruce de un mutante con una variedad o línea diferente. Plantas alogamas: inducción de mutaciones para incrementar la variabilidad. Mejoramiento de la heterosis: inducción de mutaciones en líneas mejoradas. Inducción de esterilidad masculina (Suárez Crestelo 2006).

2.6.7.2 Uso de agentes mutagénicos para problemas específicos de mejoramiento.

Uso de radiación para producir haploides, mutágenos para incrementar o reducir la frecuencia de quiasmas, radiación para la producción de sexualidad transitoria en apomícticos, uso de radiación para reducir incompatibilidad en cruces alejados y mutaciones inducidas para estudios específicos de los procesos genéticos, fisiológicos, morfológicos y bioquímicos en las plantas (Estrada 2007).

2.6.7.3 Mejoramiento mediante inducción de mutaciones.

2.6.7.3.1 Mutágenos químicos.

El número de mutágenos químicos es muy grande y continuamente se está incrementando, sin embargo para propósitos de mejoramiento en plantas cultivadas solo unos pocos son realmente útiles. La mayoría de ellos pertenecen al grupo de los agentes alquilantes y dentro de ellos se pueden señalar los siguientes: metanosulfonato de etilo (EMS), sulfato de dietilo (dES) y a los compuestos nitrosos como la N-metil-N-nitrosourea (MNH). Una sustancia química de interesantes características, cuya utilización como inductor de mutaciones es la acida sódica. Los principales grupos de mutágenos químicos son los que se relacionan:

análogos de bases, antibióticos, agentes alquilantes y otros compuestos (Suarez Crestelo 2006).

2.6.7.3.2 Radiación mutagénica.

En los últimos años existe la tendencia a incrementar el uso de las radiaciones sobre los mutágenos químicos. Los principales tipos de radiación son los siguientes: Rayos X, Radiación Gamma: Cesio137 y Cobalto60 las principales fuentes de rayos Gamma utilizados en trabajos de radiobiología. El Cesio137 es usado en muchas instalaciones teniendo en cuenta que tiene una vida media más larga que el Cobalto60; 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; Radiación Beta: Las partículas Beta (electrones) como de ^{32}P y ^{35}S producen un efecto similar a aquellos rayos X o Gamma, pero con más baja habilidad de penetración; Neutrones: Tienen un amplio rango de energía y son obtenidos de la fisión nuclear en un reactor nuclear con ^{235}U . Los neutrones han mostrado ser muy efectivos en la inducción de mutaciones en plantas; Partículas de aceleradores: Protones, deuterones, partículas alfa. Se ha utilizado básicamente para estudios fundamentales en la determinación de los efectos radiobiológicos (Estrada 2007).

2.6.7.3.3 Dosis de irradiación.

En experimentos con radiaciones es esencial determinar la dosis letal media (DL50), evaluar una serie de dosis de radiaciones y comparar la supervivencia de los explantes cultivados con el control no irradiado. Los mutágenos deben ser usados a dosis de DL50. La misma genera un amplio espectro de mutaciones inducidas y permite un tamaño razonable de la población para recuperar mutantes útiles. La estimación de la dosis más apropiada a aplicar, medida en Gy (Gray), equivalente a 1 J Kg^{-1} , o bien a 100 rads. Es un procedimiento basado en la radiosensibilidad del tejido, la cual es estimada a través de la respuesta fisiológica del material irradiado. Se debe determinar la dosis que causa un 50% de reducción del crecimiento vegetativo del material tratado (DL50) cuando es comparado al testigo en el primer ciclo vegetativo después del tratamiento (Pabón Calderón 2011).

2.6.7.4 Efectos sobre el ADN, mecanismos de reparación y mutagénesis.

La acción directa de las radiaciones ionizantes sobre la materia viva comprende las ionizaciones y excitaciones que las partículas ionizantes provocan directamente sobre los blancos, o estructuras vitales de la célula. Una macromolécula ionizada modificará su

actividad química, perdiendo o alterando su funcionalidad específica (Estrada 2007). Cuando sea excitada podrá volver a su estado original emitiendo fotones o rompiendo enlaces covalentes, lo cual puede suponer un daño biológico. Lógicamente, la gravedad del daño producido dependerá de la relevancia biológica de la célula afectada. En este sentido, el blanco más importante de la célula es el ADN, molécula que contiene la información biológica esencial para el correcto funcionamiento de la célula. Además de la molécula de ADN, otros componentes celulares pueden ser dañados con importantes consecuencias para la célula. Las ionizaciones pueden producir cambios en los lípidos de la membrana celular, alterando su permeabilidad. Asimismo, la radiación puede desregular la actividad enzimática y desnaturalizar proteínas por cambio en su estructura (Pabón Calderón 2011).

Los daños en la molécula de ADN pueden, si no son reparados, dar lugar a efectos celulares como aberraciones cromosómicas, necrosis, o apoptosis. Esto es debido a que la incorporación en la molécula de ADN de una base incorrecta o alterada, así como la presencia de una lesión que distorsione la doble hélice o impida el perfecto apareamiento de las bases, obstaculiza la replicación y síntesis de proteínas. Sin embargo, frente a la relativamente elevada probabilidad de sufrir modificaciones en el genoma, se encuentra la necesidad de mantener la integridad genética, tanto estructural como informativa, para garantizar la vida y la continuación de la especie. (Suárez Crestelo 2006)

En general, la reparación se basa en el intercambio de secuencias de ADN con otras zonas del genoma, más o menos alejadas del punto lesionado, que guardan cierta homología con éste. Es decir, la reparación de dos cadenas se realiza por procesos de recombinación genética, que a su vez pueden ser más o menos precisos (Pabón Calderón 2011).

2.7 El cambio climático.

Bascopé (2013) define el cambio climático como la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales como antropogénicas (derivadas de la acción del hombre).

El cambio climático afecta a la agricultura en general. Los expertos creen que incluso un pequeño grado de calentamiento global reducirá la producción de cosechas y provocará la

variabilidad en la producción en regiones de latitudes bajas. Los efectos adversos en la producción agrícola se verán agravados por unos episodios de clima extremo cada vez más frecuentes (como por ejemplo, inundaciones, olas de calor y sequía). Los minifundistas y los agricultores de subsistencia se verán especialmente afectados, porque también tienen una capacidad de adaptación menor. Se prevé que esta circunstancia aumente el riesgo de hambruna, especialmente en el continente africano (CE 2008).

2.7.1 Impactos sobre la producción agrícola

Principales factores: Cambio en cantidad e intensidad de la precipitación; mayor erosión del suelo, aumento inundaciones. Déficit o exceso hídrico; aumento en la temperatura promedio y eventos térmicos extremos, pérdida materia orgánica por calentamiento, afecta crecimiento raíces y germinación semillas, efecto negativo en el ganado. Aumento de la concentración de CO₂; en principio se estimula la fotosíntesis en plantas C₃, aumenta el desarrollo de malezas y la producción de polen limitado por la disponibilidad de agua. Eventos climáticos extremos y variabilidad climática; enfermedades en vegetales o aumento en plaga (González 2011).

2.7.2 Efectos del cambio climático sobre la producción agrícola.

2.7.2.1 Huracanes.

Los huracanes tropicales son la catástrofe más extendida y dañina. Producen daños en la agricultura no sólo por acción del viento, sino también por las inundaciones. Durante los últimos años ha habido varios desastres naturales que causaron importantes daños a la infraestructura agropecuaria y redujeron la producción de alimentos causando inseguridad alimentaria tanto a productores como a consumidores. Las tormentas tropicales, los ciclones y las inundaciones pueden arrasar en un solo instante cultivos en pie, reservas de semillas y de alimentos, infraestructuras, herramientas, animales de granja y estanques de peces de agua dulce (FAO 2005).

2.7.2.2 Altas temperaturas.

De acuerdo a investigaciones realizadas sobre Cambio Climático se ha reportado una serie de impactos en los cultivos. De acuerdo a las proyecciones realizadas, la productividad de los cultivos aumentará ligeramente en latitudes medias a altas para aumentos de la temperatura media, de hasta 1 a 3° C, en función del tipo de cultivo, para seguidamente

disminuir por debajo de ese nivel en algunas regiones. De otro lado, en latitudes inferiores, especialmente en regiones estacionalmente secas y tropicales, la productividad de los cultivos disminuiría para aumentos de la temperatura local aún menores, de entre 1 y 2° C, que incrementarían el riesgo de falta de alimentos. (SAGARPA y FAO 2012).

2.7.2.3 Sequía.

Por “sequía” se entiende el fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de tierras (Valiente 2001). En el contexto de agricultura, la sequía “no comienza cuando cesa la lluvia, sino cuando las raíces de las plantas no pueden obtener más humedad del suelo” y puede ser definida sobre la base de la humedad del suelo. Dado que la reserva de humedad productiva del suelo depende del suelo y del cultivo (especie, variedad, fase de desarrollo), existe sequía agrícola, cuando la humedad del suelo en la rizósfera se encuentra en un nivel tal que limita el crecimiento y la producción del cultivo. El resultado de ello es la disminución de los rendimientos agrícolas, condiciones inadecuadas de pastoreo, una baja rentabilidad de los trabajos y de las inversiones agrícolas, una menor disponibilidad de madera para la combustión, un incremento del peligro potencial de ocurrencia de incendios en la vegetación, un alto riesgo de desertificación y la ocurrencia de impactos socio económicos negativos ligados a la sequía, incluida la inseguridad en los suministros alimentarios (Solano *et al.* 2007).

2.7.3 Mecanismos de tolerancia a sequía.

Según Soriano (1980) los organismos adaptados a la sequía poseen estructuras y estrategias que le confieren a ciertas plantas su aptitud para evitar la sequía o para tolerarla, ya sea impidiendo la deshidratación o conservando sus funciones vitales a pesar de ella. Lo que en realidad evita o tolera la planta gracias a sus adaptaciones es el estrés hídrico derivado de un balance de agua desfavorable. Entre los mecanismos procesos y estructuras que confieren ventajas a ciertas plantas frente a la sequía, los hay de muy variada complejidad, algunos de ellos: comportamiento de las membranas y las macromoléculas celulares, las propiedades elásticas de la pared celular, ajuste osmótico, el comportamiento de los estomas, la producción de ABA, los cambios en la orientación de las hojas, la fijación del carbono por la vía CAM, la estructura y funcionamiento de los sistemas subterráneos, los procesos de dormición o reposo, los caracteres morfológicos de hojas y tallos que reducen la

pérdida de agua, la relación raíz: tallo, la regulación del ciclo de vida y del tamaño de órganos y del individuo, según la disponibilidad de agua (Domínguez 1997).

2.7.4 Impactos de la sequía en Centro América.

Los impactos de la reciente sequía de 2014, que afecta la región desde el mes de julio, son abrumadores, alrededor de dos millones y medio de personas en Centro América, se encuentran en situación de inseguridad alimentaria. De hecho, en las áreas mayormente afectadas, se registraron pérdidas durante la producción agrícola de primera, esto es, de abril a septiembre, entre el 70% y el 100%. Bajo condiciones de cambio climático, Centroamérica tendrá graves impactos en la disponibilidad de agua, siendo Nicaragua particularmente afectada junto con El Salvador y Honduras, ya que la demanda podría aumentar entre un 20% y un 24%. Los escenarios de cambio climático muestran que las variaciones en las lluvias serían en promedio de 5%, pero si el incremento llegara a oscilar entre 10 y 20% se podría reducir la producción de frijol, maíz y arroz (OXFAM 2014).

2.7.4.1 Situación de la sequía en El Salvador.

En nuestro país para la cosecha 2014/2015 la sequía presenta las siguientes características: Días consecutivos sin lluvias del 4 de julio al 3 de agosto, 1 mes. Las zonas geográficas con mayor afectación se ubican en la zona oriental y son La Unión, San Miguel, Morazán y Usulután. El déficit hídrico verificado este año, es el más severo de los últimos 44 años. A mediados de Septiembre, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) destacó 103,589 productores afectados en 105 municipios de 12 departamentos. Se estiman pérdidas por 70.1 millones de dólares. Cifras de daños, Pérdidas en los cultivos de granos básicos principalmente frijol rojo de seda 7 mil productores de frijol afectados. Se estiman la pérdida de 31,698 hectáreas a consecuencia del estrés hídrico, las pérdidas equivalentes a 45 mil quintales de frijol para la cosecha 2014-2015, es decir, casi el 90% de la producción total tomando como referencia la producción 2013-2014 que fue de 2.6 millones de quintales (PM 2014)

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del lugar de la investigación

Se realizó en el Cantón los Naranjos, municipio de Cojutepeque, Departamento de Cuscatlán, con una altura de 880 msnm, con coordenadas LN 13°42'11.19" y LW 88°54'57.62" (figura A5). Con una precipitación promedio anual de 1847.5 milímetros y temperatura promedio de 22.9°C. En un periodo de noviembre de 2014 a febrero de 2015.

3.2 Metodología de Campo

El experimento se estableció en el periodo que corresponde a la siembra de apante, para lo cual se realizó la delimitación del área que se utilizó, el manejo agronómico del cultivo, y toma de datos.

3.2.1 Preparación del terreno.

Al inicio del mes de noviembre de 2014, quince días antes de la siembra, se limpió el terreno y luego un paso de arado con bueyes con una profundidad de 20 a 30 cm. Posterior con azadón se niveló el suelo.

3.2.2 Delimitación del área del experimento.

En un área de 580 m² se establecieron bloques de 3.0 m de ancho por 3.0 m de largo, cada uno tenía un área de 9 m² dejando 1.20 m entre familia y 1 m entre bloque, las calles entre cada bloque tenían 1 m, los surcos dentro de cada familia fueron a 0.60 cm (Figura A6).

3.2.3 Material utilizado para la siembra.

En el año 2009 docentes de la facultad de Ciencias Agronómicas iniciaron el proyecto de mutaciones en semillas de frijol, para lo cual se utilizó la variedad Sangre de Toro y la mutación se realizó con rayos gamma utilizando Co60 en una dosis de 175 Gray, esta práctica se realizó en el país vecino Guatemala. Al principio de este proyecto de semillas irradiadas se contaban con un número mayor de familias pero en el estudio de cada fase se hicieron valoraciones y actualmente se ha llegado a las 26 familias de frijol que se encuentran en una M7. Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Cuadro 1: Material utilizado para la siembra del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

CODIGO	LINEA	CODIGO	LINEA
M09 ST 01	T1	M09 ST 15	T15
M09 ST 02	T2	M09 ST 16	T16
M09 ST 03	T3	M09 ST 17	T17
M09 ST 04	T4	M09 ST 18	T18
M09 ST 05	T5	M09 ST 19	T19
M09 ST 06	T6	M09 ST 20	T20
M09 ST 07	T7	M09 ST 21	T21
M09 ST 08	T8	M09 ST 22	T22
M09 ST 09	T9	M09 ST 23	T23
M09 ST 10	T10	M09 ST 24	T24
M09 ST 11	T11	M09 ST 25	T25
M09 ST 12	T12	Sangre de Toro	T26
M09 ST 13	T13	M09 ST 27	T27
M09 ST 14	T14		

3.2.4 Siembra del cultivo.

La siembra se realizó el 26 de noviembre de 2014, de forma manual, colocando 2 semillas por postura a 2 cm de profundidad, los distanciamientos fueron 30 cm entre postura y 60 cm entre surco.

3.2.5 Riego

Durante la fase vegetativa del cultivo se aplicó riego de forma manual, utilizando alrededor de 600 litros por cada riego; durante fase reproductiva se aplicaron aproximadamente 1,000 litros por riego. Considerando la época de siembra, condiciones del suelo y el desarrollo de

la planta. La frecuencia de riego para todas las etapas de desarrollo fue de un día intermedio entre riego.

3.2.6 Fertilización

Se aplicaron dos fertilizaciones durante el ciclo del cultivo con fertilizantes granulados y cuatro aplicaciones de fertilizantes foliares, la primera se aplicó ocho días después de la siembra con fórmula 15-15-15 a dosis de 2 qq/Mz, y la segunda 35 días después de la siembra con urea a dosis de 1.0 qq/Mz; En ambas se incorporó el fertilizante de forma manual a 4 - 5 cm. del tallo de la planta. Las fertilizaciones foliares se aplicaron; la primera en la prefloración, la segunda en la floración, la tercera y la cuarta aplicación con intervalos de cuatro días entre una y otra; el producto utilizado contenía macro y micro nutrientes y la aplicación fue a una dosis de 1.0 L/mz, utilizando bomba de mochila de cuatro galones. La fertilización foliar y granulada (dosis e intervalos) del cultivo se realizó en base a las recomendaciones técnicas del manejo de parcelas de investigación del cultivo de frijol.

3.2.7 Manejo de malezas.

Se realizó un control químico siete días antes de la siembra utilizando Glifosato con una dosis de un litro por manzana, y el control manual en dos épocas; el primero a los 20 y el segundo a los 35 días después de la siembra.

3.2.8 Manejo de plagas y enfermedades.

El control de las plagas y enfermedades en el cultivo se desarrolló de forma preventiva, después de la siembra se aplicó Imidacloprid WG (Confidor 70 WG) a dosis de 0.25 Kg/Ha para prevenir o controlar gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) y gusanos cortadores (*Agrotis ipsilon*, *Agrotis bilitora*, *Feltia experta*, *Feltia subterranea*). Durante el desarrollo del cultivo se aplicó Clorotinilo-Piretroide (Monarca 11,5 SE) a una dosis de 0.25 L/Ha, para prevenir o controlar gusanos desfoliadores (*Trichoplusia ni*, *Estigmene acrea*, *Anticarsia gemmatalis*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera ornithogalli*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tortuguillas (*Cerotoma spp.*, *Diabrotica spp.*), en intervalos de aplicación de una semana. También se aplicó Spinosyn (Exalt SC) a una dosis de 8 ml/L para el control de trips (*Empoasca spp.*), en intervalos de 15 días según la incidencia de estos. Para la prevención o control de ácaros (*Tetranychus spp.*) se aplicó Abamectina (Verlaq 1.8 EC) a dosis de 0.25 L/Ha.

Para la prevención y control de enfermedades durante el desarrollo del cultivo, como mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) se aplicó un fungicida orgánico Regalia Maxx 20 SC (Reynoutria Sachalinensis) a una dosis de 2 L/Ha. en intervalos de una semana según el ataque de las enfermedades. También se aplicó Oxicloruro de cobre (Cupravit) a dosis de 0.35 Kg/Mz. para la prevención o control de mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) y bacteriosis común (*Xanthomonas campestris pv. phaseoli*) en intervalos de aplicación de dos semanas según lo requería el cultivo

Debido a que se tenían variables morfológicas, fenológicas y agronómicas de interés en la investigación, se realizó el manejo de las plagas y enfermedades de forma preventiva para todas las líneas mutantes en estudio. Se tomó dicho parámetro para considerar cuales líneas mutantes de frijol eran susceptibles, resistentes, o tolerante al ataque de estas; en las condiciones agroecológicas del lugar donde se estableció la investigación.

3.2.9 Cosecha.

La cosecha se realizó cuando el cultivo finalizó la etapa de maduración del grano, cada parcela en evaluación (tratamiento), se arrancó y se juntó con su respectiva repetición, luego se transportaron hacia un lugar bajo techo para terminar la etapa de secado. Cuando las vainas de frijol estuvieron secas se aporrearón cada tratamiento por separado, obteniendo de esta forma los granos de frijol, luego se pesaron a una humedad de semilla del 12%; así se obtuvieron los rendimientos de cada tratamiento (línea de frijol).

3.2.10 Variables fenológicas cuantitativas evaluadas

Se midieron las características de acuerdo al descriptor varietal de arroz, frijol, maíz y sorgo de Muñoz *et al.* (1993).

3.2.10.1 Días a emergencia.

Se tomó el periodo en días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que emergió al menos el 50% de la población estimada para cada unidad experimental.

3.2.10.2 Días a prefloración.

Se contó el periodo en días transcurridos desde la siembra hasta el momento que se observó la apertura de la primera flor, en la población en cada unidad experimental.

3.2.10.3 Días a floración.

Se contó el periodo en días transcurridos desde la siembra hasta el momento que se observó la apertura de la primera flor, en al menos el 50% de la población en cada unidad experimental.

3.2.10.4 Días a fructificación.

Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que al menos el 50% de las plantas en la unidad experimental presentaron formación de vainas.

3.2.10.5 Días a madurez fisiológica.

Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de la población de plantas de la unidad experimental presento un cambio de color en las vainas.

3.2.10.6 Días a cosecha.

Se contaron el número de días comprendidos entre el momento de la siembra hasta el momento en que la semilla alcanzo su madurez de campo, cuando las plantas presentaron un 90% de defoliación.

3.2.11 Variables morfológicas cuantitativas.

Se midieron las características de acuerdo al descriptor varietal de arroz, frijol, maiz y sorgo de Muñoz *et al.*(1993).

3.2.11.1 Número de ramas.

Se contaron el número de ramas que las plantas poseían, al final de la floración, en la quinta semana después de su emergencia.

3.2.11.2 Número de nudos

Se contaron desde la base de hojas cotiledonales, hasta el último botón floral del tallo principal.

3.2.11.3 Número de vainas por planta.

Se determinó contando las vainas que tuvieran por lo menos una semilla en plantas muestreadas del área útil.

3.2.11.4 Longitud del tallo principal.

Se midió en centímetros desde el punto de inserción de las raíces hasta el último meristemo apical del tallo que termina en yema floral, al final de la floración en la quinta semana después de su emergencia (Figura A6).

3.2.11.5 Longitud de la vaina inmadura.

Se midió en centímetros, desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo del ápice, utilizando 20 vainas de las plantas del área útil (Figura A7).

3.2.11.6 Longitud de la vaina a cosecha.

Se midió en centímetros, desde su inserción en el pedicelo hasta el extremo del ápice, utilizando 20 vainas de las plantas del área útil (Figura A7).

3.2.11.7 Semillas por vaina.

Se determinó utilizando las mismas vainas que se emplearon para la determinación de la longitud de vaina a cosecha y se contabilizó el número de semillas que estas tenían (Figura A7).

3.2.11.8 Tamaño predominante de la semilla.

Esta medida se determina siguiendo las normas internacionales de la ISTA, se califica según el modelo siguiente: tomando el peso de 100 semillas

Semilla pequeña: si su peso es menor a 250 gr

Semilla mediana: si su peso está entre 250 y 400 gr

Semilla grande: si su peso es mayor a 400 gr

3.2.12 Variables morfológicas cualitativas

3.2.12.1 Habito de crecimiento.

Se determinó observando la arquitectura de la planta de acuerdo a lo mencionado en el Descriptor Varietal: arroz, frijol, maíz, sorgo (Muñoz *et al.*1993) y se clasificó de la siguiente manera (Figura A1).

1a= arbustivo determinado.

2a= arbustivo indeterminado, con guía corta.

3a= postrado indeterminado, con guía no trepadora.

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

3.2.12.2 Tipos de ramificación.

Se determinó observando el crecimiento de las plantas y se clasificaron basado en los tipos de crecimiento (CIAT 1993).

I= Plagiotropico (hacia los lados)

II= Ortotropico (hacia arriba).

3.2.12.3 Color de flor.

Este parámetro se calificó observando la coloración predominante de las flores y se comparó con la tabla de colores UPOV en referencia a la RHS.

3.2.12.4 Color de la vaina en estado inmaduro.

Se observó el estado inmaduro de la vaina se compararon las vainas correspondientes al cuarto nudo, considerando como número uno el de los cotiledones. Se comparó con la tabla de colores.

3.2.12.5 Color de la vaina en estado maduro.

Se observó frecuentemente el cambio de color de la vaina se compararon las vainas correspondientes al cuarto nudo, considerando como número uno el de los cotiledones. Se comparó con la tabla de colores.

3.2.12.6 Color de vaina a cosecha.

Se observó la coloración de las vainas cuando cambiaron gradualmente desde el verde hasta un color pajizo (secas) y se comparó con la tabla de colores.

3.2.12.7 Perfil predominante de la vaina

Se observaron las vainas y se clasificaron según las formas que describe el descriptor para frijol (CIAT 1993). (Figura A8).

1. Recta
2. Suavemente curva
3. Curvada
4. Recurvada

3.2.12.8 Orientación del ápice de la vaina

Se observaron los ápices de las vainas y se clasificaron según los tipos del descriptor para frijol (CIAT 1993) (Figura A9).

1. Romo
2. Puntigudo

3.2.12.9 Grado de curvatura del ápice de la vaina

Se observaron los ápices de las vainas y se clasificaron según los tipos del descriptor para frijol (CIAT 1993) (Figura A9).

1. Recto
2. Medianamente curvo
3. Curvado

3.7.12.10 Sutura placentar del ápice de la vaina de frijol

Se observaron los ápices de las vainas y se clasificaron según los tipos del descriptor para frijol (CIAT 1993) (Figura A9).

1. Normal
2. Inverso

3.2.12.11 Color primario de la semilla.

Se tomó la semilla mas cercana al ápice de la vaina y se comparó con el grupo de color UPOV en referencia a la RHS (Cuadro A10).

3.2.12.12 Forma predominante de la semilla.

Se observó la forma de la semilla y se calificó como redonda, ovoide, elíptica, pequeña casi cuadrada, alargada ovoide en un extremo e inclinada en el otro, alargada casi cuadrada, arriñonada recta en el lado del hilo y arriñonada curvada en el lado opuesto al hilo (Figura A11).

3.2.13 Variables agronómicas.

3.2.13.1 Rendimiento ton/ha.

El rendimiento se obtuvo mediante el peso de las semillas al 12 % de humedad obtenida del área útil, tomando en consideración la cantidad potencial de 55,556 plantas en una hectárea, en medidas de 0.30 metros entre planta y 0.60 entre surco de siembra.

3.2.13.2 Resistencia a plagas y enfermedades.

Las evaluaciones en el cultivo se realizó para las enfermedades de mustia hilachosa y mancha angular (comunes en frijol) atreves de la observación visual de los síntomas visibles o no visibles, utilizando la escala del sistema estándar para evaluación de germoplasma de frijol común propuesta por el CIAT 1993. (Figura A3 y A4).

3.3 Metodología de laboratorio

3.3.1 Prueba de germinación.

Las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) que se utilizó para realizar la investigación y que se usó para realizar esta prueba, previamente estuvo en un proceso de conservación bajo ambiente controlado, 24 horas antes de realizar la prueba de germinación, se sacaron para evitar un shock térmico, se contaron diez semillas de cada línea y se depositaron en platos desechables de durapax con papel toalla humedecida, luego se colocaron bajo condiciones de sombra y se les aplico riego según lo necesitaron. Finalizado el tiempo de germinación se tomaron los datos de las semillas germinadas, para determinar los porcentajes de germinación.

3.3.2 Medición de la humedad de la semilla.

De los granos de frijol cosechados y previamente secados al sol, se tomó una muestra de 30 g. que se utilizó para medir el porcentaje de humedad de estos, con la ayuda de un medidor de humedad marca GEHAKA AGRI modelo G 600.

3.4 Metodología Estadística.

3.4.1 Diseño experimental

Para el establecimiento del experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA) 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 4 bloques y 27 tratamientos, debido a que el terreno presentaba una gradiente de humedad. Cada tratamiento experimental lo conformaron cinco surcos de 3.0 m de largo y 0.60 m entre surco. El área total de la parcela

fue de 513.4 m² (30.2 m de largo por 17 m de ancho), con una población total de 1350 plantas y cada unidad experimental con 50 plantas en un área de 9.0 m² (3 m de largo y 3 m de ancho). (Figura A12)

3.4.2 Tamaño de la muestra

La muestra dentro de cada tratamiento fue de 20 plantas, las cuales representan 20 repeticiones por cada tratamiento, que represento 1.35 m² de área útil en cada unidad experimental. El total de plantas muestreadas por las 27 unidades experimentales fue de 540 (Figura A12).

3.4.3 Tratamientos

Los tratamientos fueron constituidos por 26 líneas mutantes y uno tratamiento testigo, conocido como sangre de toro T26 (Figura A12).

3.4.4 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 prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 5%. (Figura A13).

4 RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en la investigación se han separado en aquellos que corresponden a características cuantitativas fenológicas, cuantitativas y cualitativas morfológicas; cuantitativas y cualitativas agronómicas según las variables en investigación.

4.1 Caracteres Fenológicos cuantitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

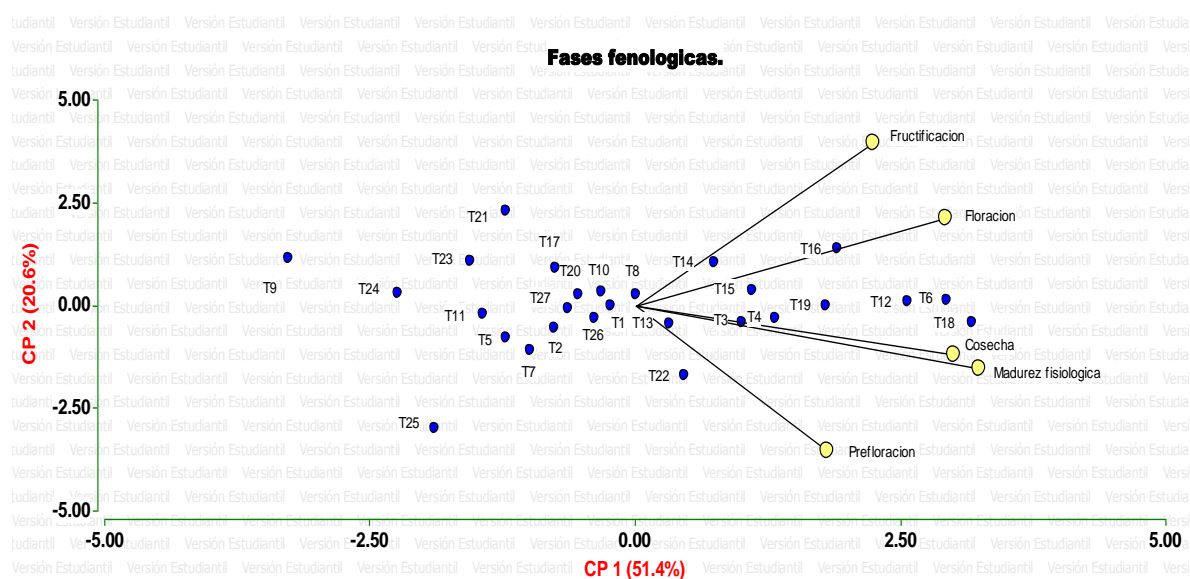


Figura 1. Análisis exploratorio entre las fases fenológicas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

En la figura 1 se observa que el Componente 1 (CP1- eje X) explica el 51.4% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 20.6%. Es decir que en el eje X, las variables días a floración, días a cosecha, días a madurez fisiológica y días a prefloración, están siendo mejor explicadas por las líneas mutantes; M09ST16, M09ST12, M09ST18 y M09ST22, no así las líneas mutantes M90ST25, M09ST09, M09ST24 y M09ST23 T25, que fueron las más tempranas en mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje Y la variable que mejor explica es días a fructificación con los materiales M09ST21 y M90T17. La variable que mejor explica a la fenología de cultivo, son las fases evaluadas de; días a madurez fisiológica y días a cosecha, días a fructificación y a prefloración; tal como se observa en el cuadro de autovectores (Cuadro A14). En el análisis exploratorio utilizando componentes principales se determina que la línea mutante más precoz fue el M09ST09 y la línea mutante más tardía fue la M09ST18

4.1.1 Etapa de Emergencia

Los tratamientos en estudio no presentaron diferencias en cuanto a la variable días a emergencia, el testigo sangre de toro (T26) y las 26 familias mutantes, presentaron el mismo número de días en cuanto a esta característica que fue de ocho días, desde la siembra hasta que el 50% de la población emergió. Datos presentados por MAG y CENTA (2011), basados en estudios locales revelan que el frijol emerge entre los cinco y ocho días, estudios realizados a nivel regional por IICA (2009) demuestran que en condiciones favorables las semillas de frijol emergen entre los cinco y siete días; por lo que los materiales en estudio presentaron buenos resultados en relación a la variable antes mencionada.

4.1.2 Etapa de prefloración

En la figura 2 se puede observar con relación a la variable días a prefloración, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A15 y A16), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante más precoz fue la M09ST09 con 25,5 días después de la siembra, la más tardía fue el M09ST13 con 28,75 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 28.5 días después de la siembra.

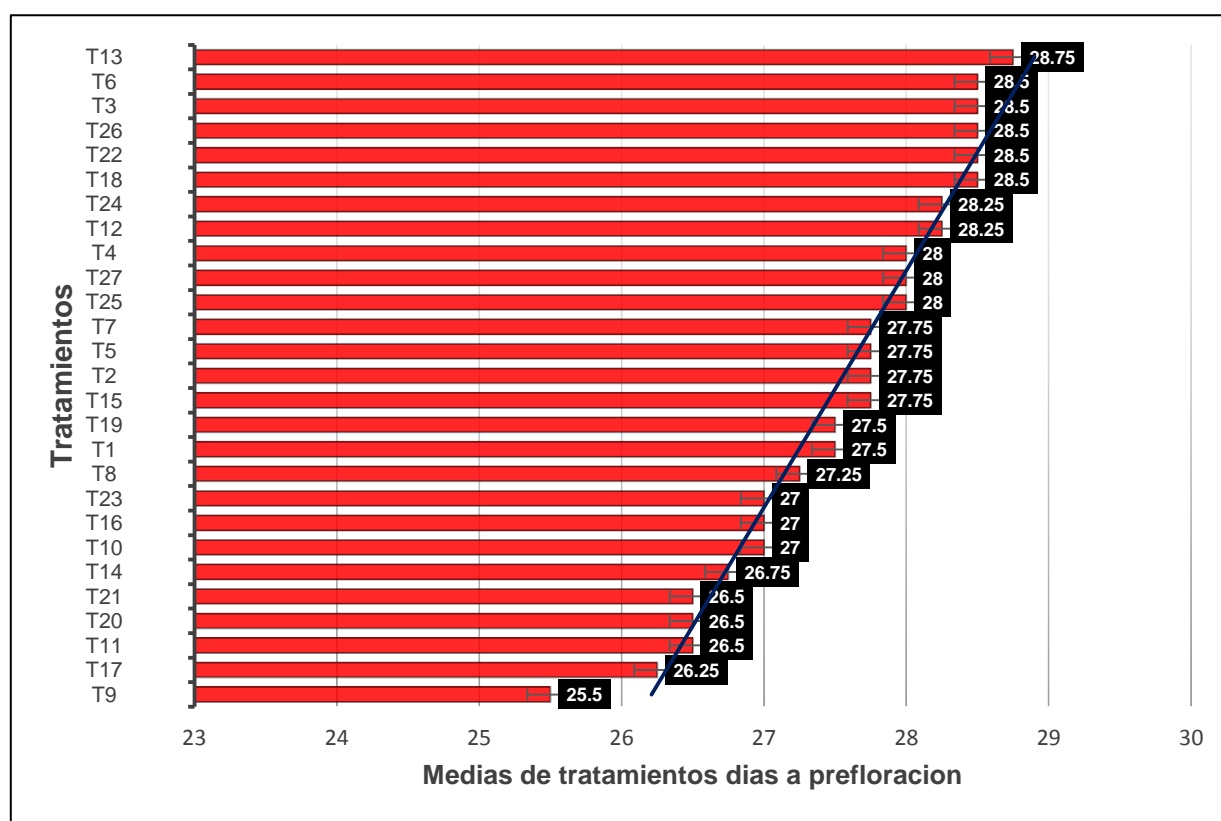


Figura 2. Días a prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Según datos de IICA (2009), la variedad “Rojo de seda” tarda entre los 23 y los 32 días en completar la etapa de prefloración en etapa de siembra primera con condiciones favorables para su desarrollo, con los materiales en estudio podemos notar que existe un indicador favorable ya que la familia 9 es muy precoz para presentar esta variable.

4.1.3 Días a floración.

En la figura 3 se puede observar con relación a la variable días a floración, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A17 y A18), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; las líneas mutantes más precoces fueron M09ST11, M09ST20, M09ST22, M09ST23, M09ST24, M09ST25, M09ST07, M09ST09 con 38 días después de la siembra, las líneas mutantes más tardías fueron M09ST16, M09ST18 y M09ST06 con 41,75 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 40 días después de la siembra. Con respecto a las demás líneas mutantes expresaron la entre un rango de 39 y 41 días después de la siembra.

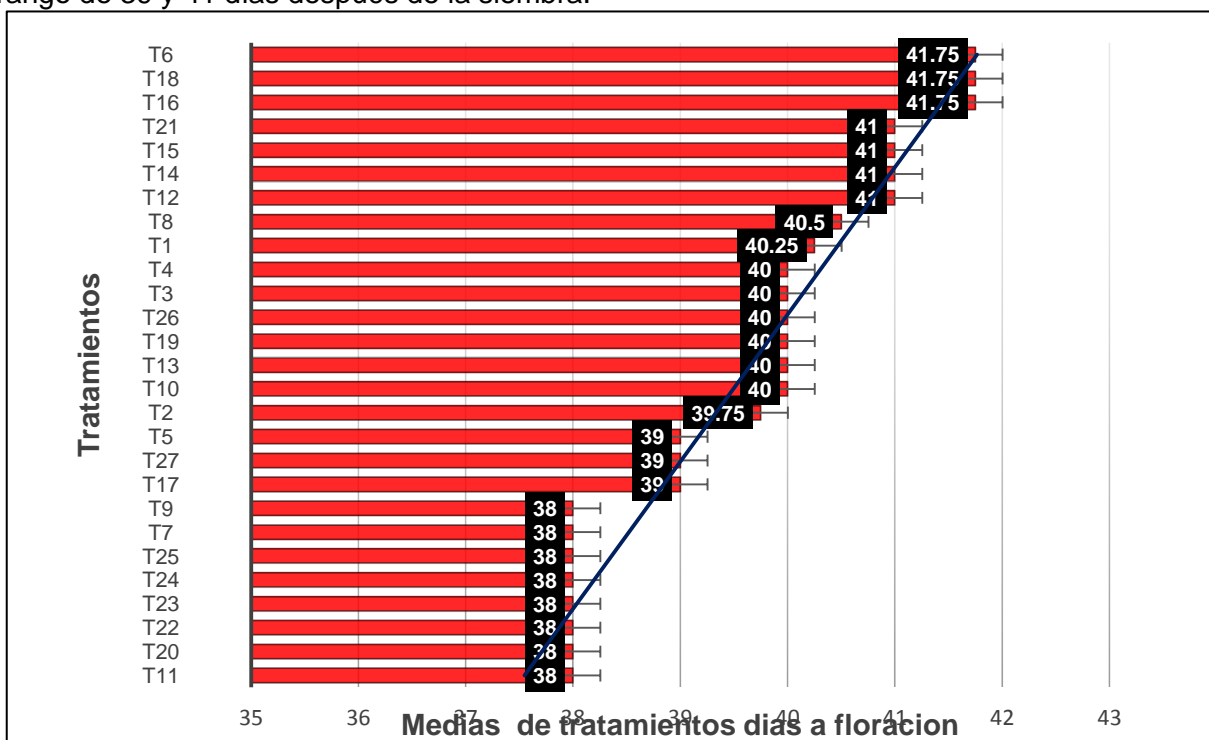


Figura 3. Días a floración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Según datos recopilados por el MAG y CENTA, la variedad “Centa 2000” alcanza la floración a los 35 días después de la siembra, el “Centa San Andrés” a los 32 días después de la

siembra y el “Centa pipil” a los 34 días después de la siembra, esto en condiciones favorables para producción. Por otra parte Rosas J, Gallardo O y Jiménez J (2003) en investigaciones mediante enfoques participativos encontraron que la variedad tío canela, tardó 42 días después de la siembra para alcanzar la floración en condiciones óptimas para el desarrollo de variedades.

4.1.4 Días a fructificación

En la figura 4 se puede observar con relación a la variable días a fructificación, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A19 y A20), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante más precoz fue el M09ST05 con 50.5 días después de la siembra, las líneas mutantes más tardías fueron M09ST12, M09ST16 y M09ST06 con 55 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 52.5 días después de la siembra. Con respecto a las demás líneas mutantes expresaron la entre un rango de 50.75 y 54.5 días después de la siembra.

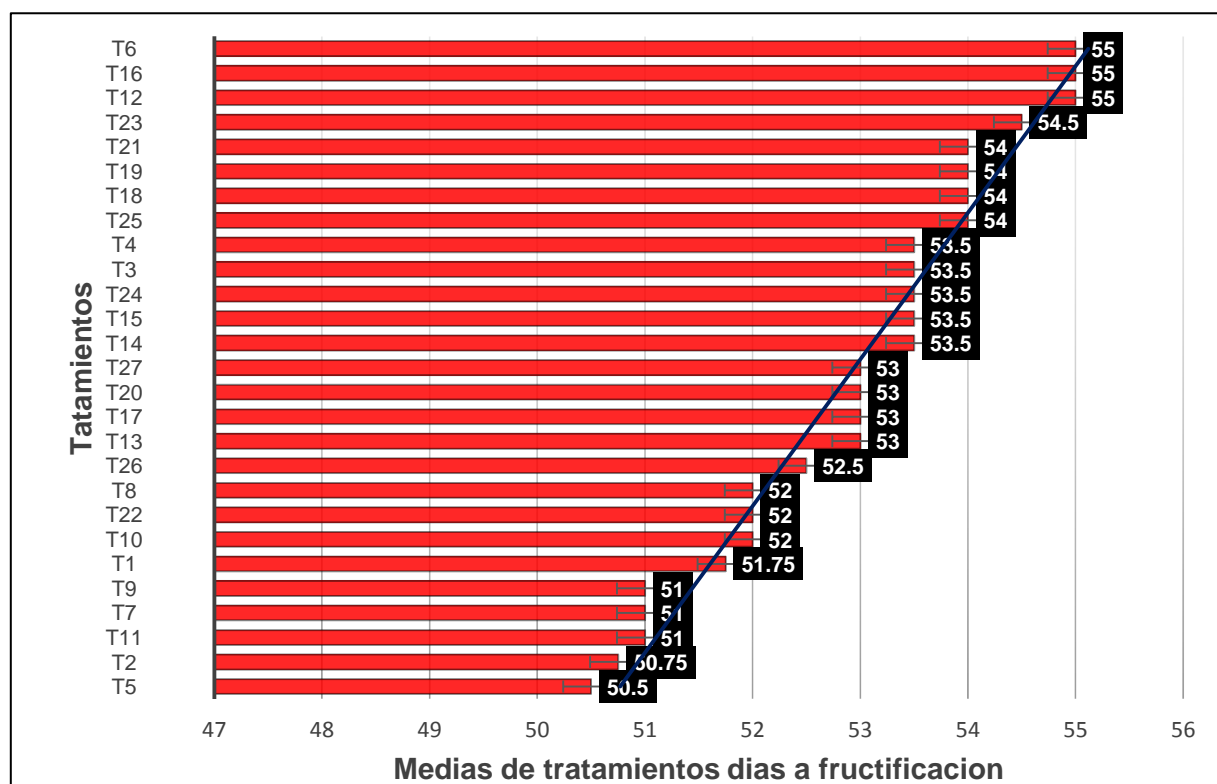


Figura 4. Días a fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Según datos de IICA (2008), la etapa de llenado de vainas se da entre los 44 y los 62 días después de la siembra, esto para la mayoría de variedades de uso común en la región de América Central, donde se incluyen los materiales locales. Chavarin I, Ildelfonso R y López J (2008), en estudios realizados con ensayos para determinar las etapas fenológicas de tres variedades de frijol cultivados de diferentes habito de crecimiento, determinaron que la variedad tapatío alcanzo la etapa de llenado de vaina a los 61 días después de la siembra.

4.1.5 Días a madurez fisiológica.

En la figura 5 se puede observar con relación a la variable días a madurez fisiológica, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A21 y A22), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante más precoz fue el M09ST24 con 72 días después de la siembra, la línea mutante más tardía fue M09ST18 con 80 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 78 días después de la siembra. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango de 73 y 78 días después de la siembra.

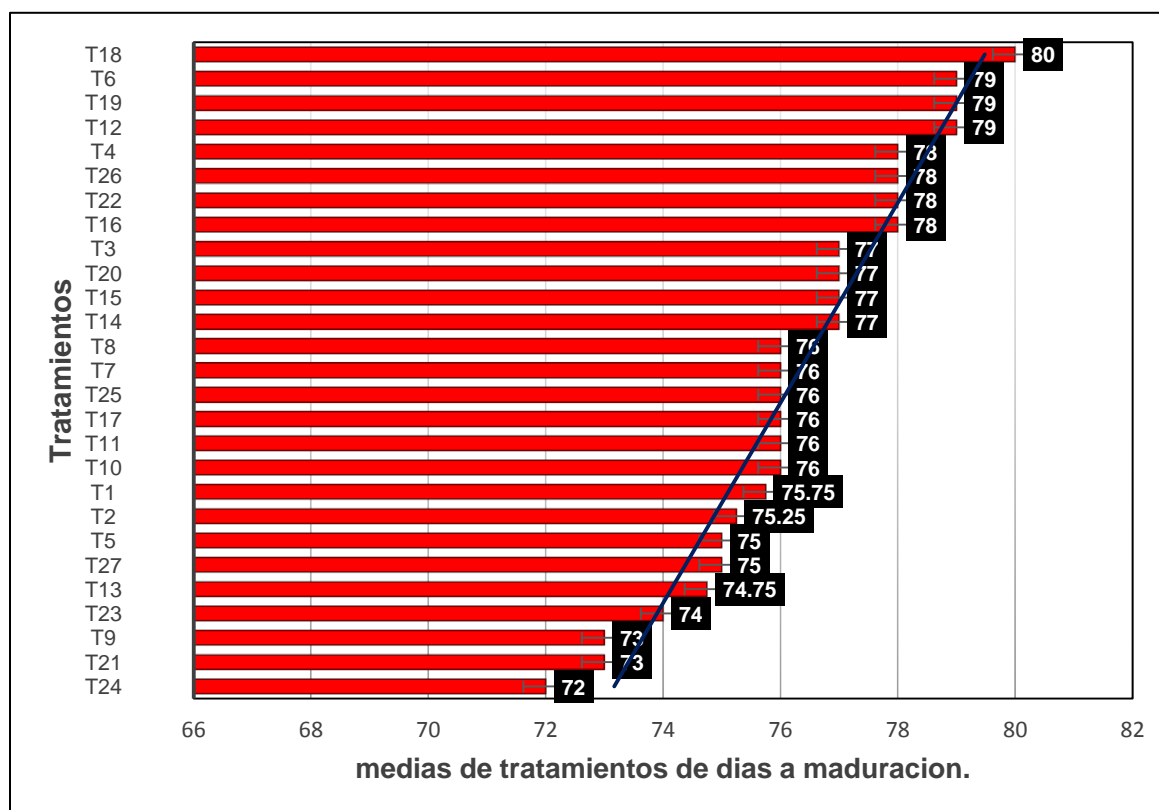


Figura 5. Días a madurez fisiológica del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCA. Tesis 2015.

De acuerdo a Cabrera C y Reyes C (2008), las variedades locales “Centa 2000” y “Centa San Andrés” alcanzan la madurez fisiológica a los 68 días después de la siembra, mientras que la variedad “Centa pipil” alcanzan la madurez fisiológica a los 70 días después de la siembra. Hernández Fonseca (2009), al realizar estudios en tres variedades de granos rojos comprueba que en buenas condiciones de manejo la madurez fisiológica se alcanza a los 72 días después de la siembra; coincidiendo con la línea mutante M09ST24.

4.1.6 Días a cosecha

En la figura 6 se puede observar con relación a la variable días a cosecha, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A23 y A24), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante más precoz fue el M09ST24 con 77.25 días después de la siembra, la línea mutante más tardía fue M09ST18 con 84.75 días después de la siembra y el testigo sangre de toro T26 con 83 días después de la siembra. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango de 78 y 84.25 días después de la

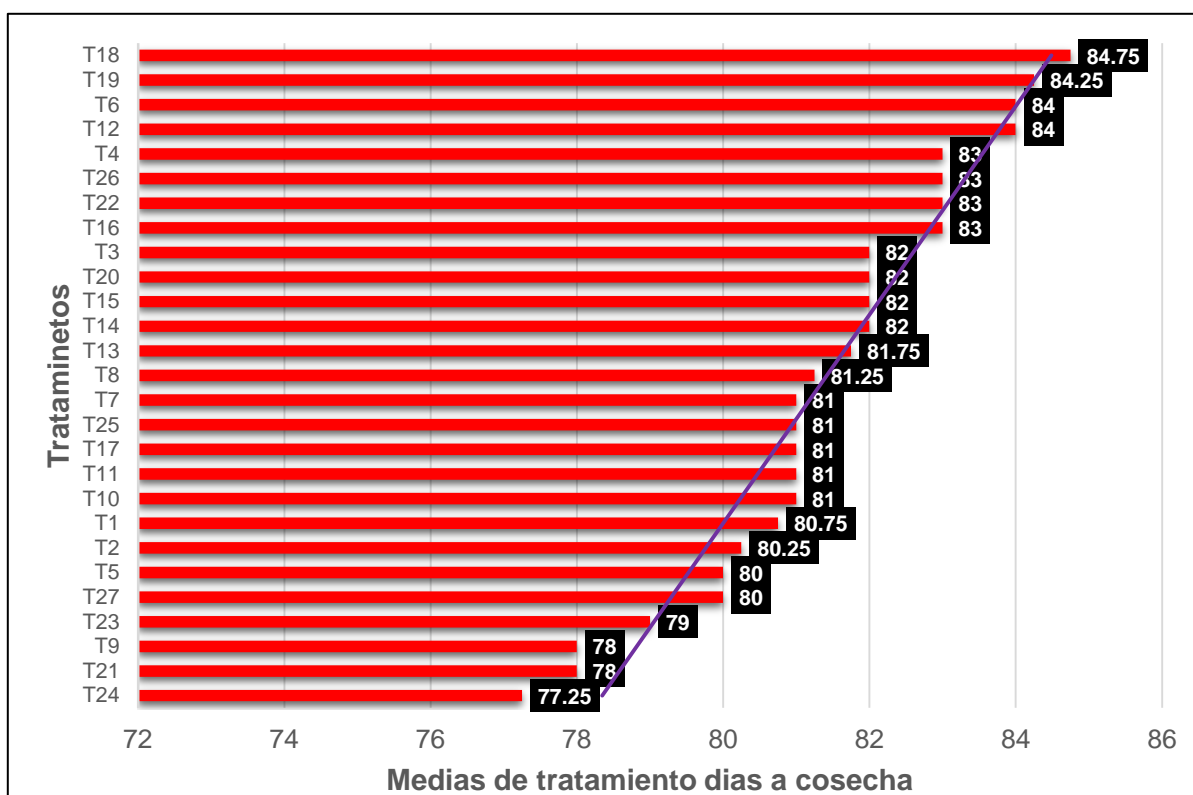


Figura 6. Días a cosecha del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

siembra.

El IICA (2009), expresa que en condiciones óptimas las variedades “Vaina blanca” y “Ferromas” se cosechan a los 80 días después de la siembra. Araya R, Hernandez JC (2009) reportan que la variedad “Diquis” evaluada mediante ensayos reporto de 76 a 82 días a cosecha después de la siembra.

4.2 Caracteres morfológicos cuantitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.2.1 Número de ramas

En la figura 7 se puede observar con relación a la variable número de ramas, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A25 y A26), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; el testigo sangre de toro T26 presento menor promedio con 4.2 ramas y la línea mutante M09ST19 con mayor promedio de 6.2 ramas. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 4.25 y 6

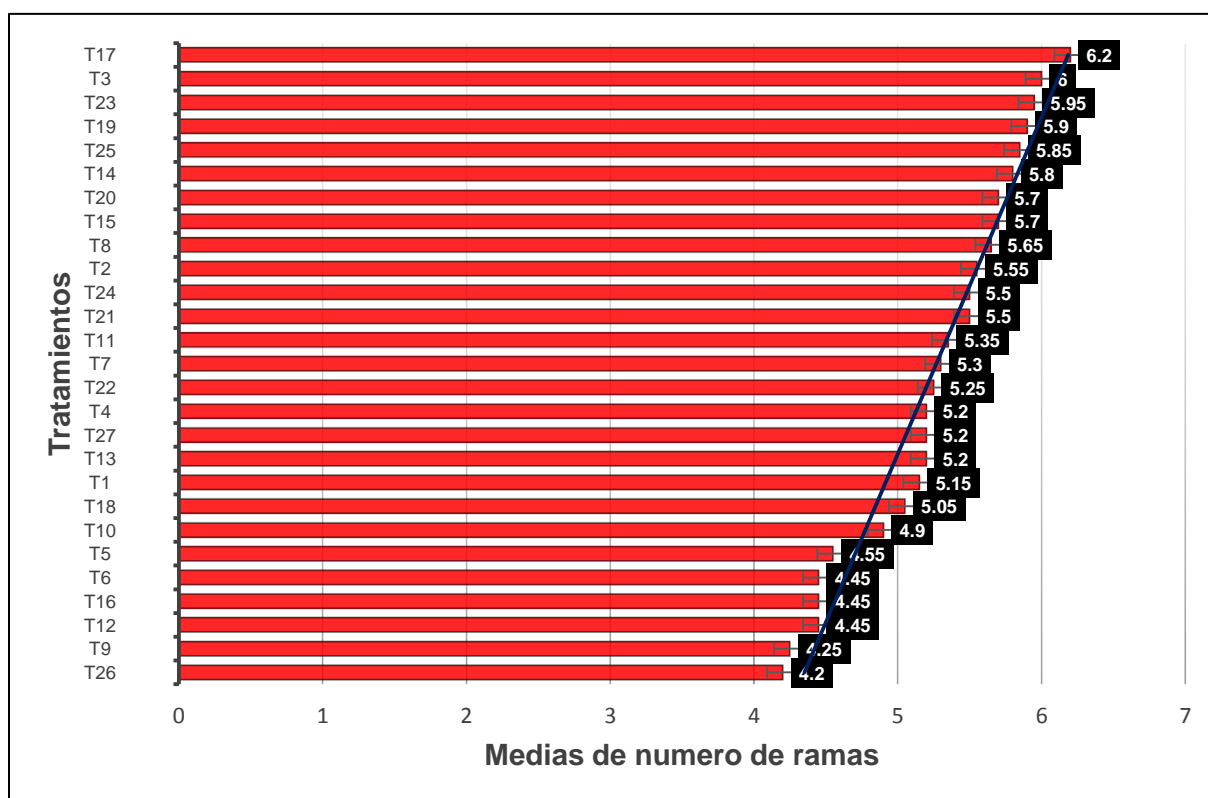


Figura 7. Número de ramas del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranios. Coiutepeque. UES-FFCCAA. Tesis 2015.

ramas.

Estudios realizados por Esparza *et al.* (2000) demuestran que la variedad azufrado regional un material con crecimiento indeterminado guía corta postrado, presenta 31.9 ramas por

planta, pero afirman que dicho carácter es fuertemente influenciado por el medio ambiente. De igual forma López (1985), afirma que el tipo de crecimiento determinado normalmente posee un bajo número de ramas y en las variedades de crecimiento indeterminado el número de ramas es mayor.

4.2.2 Número de nudos

En la figura 8 se puede observar con relación a la variable número de nudos, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A27 y A28), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante M09ST24 presento menor promedio con 13.65 nudos, la línea mutante M09ST15 con mayor promedio de 17.05 nudos y el testigo sangre de toro T26 presento un promedio de 15.2 nudos. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 13.65 y 16.65 nudos.

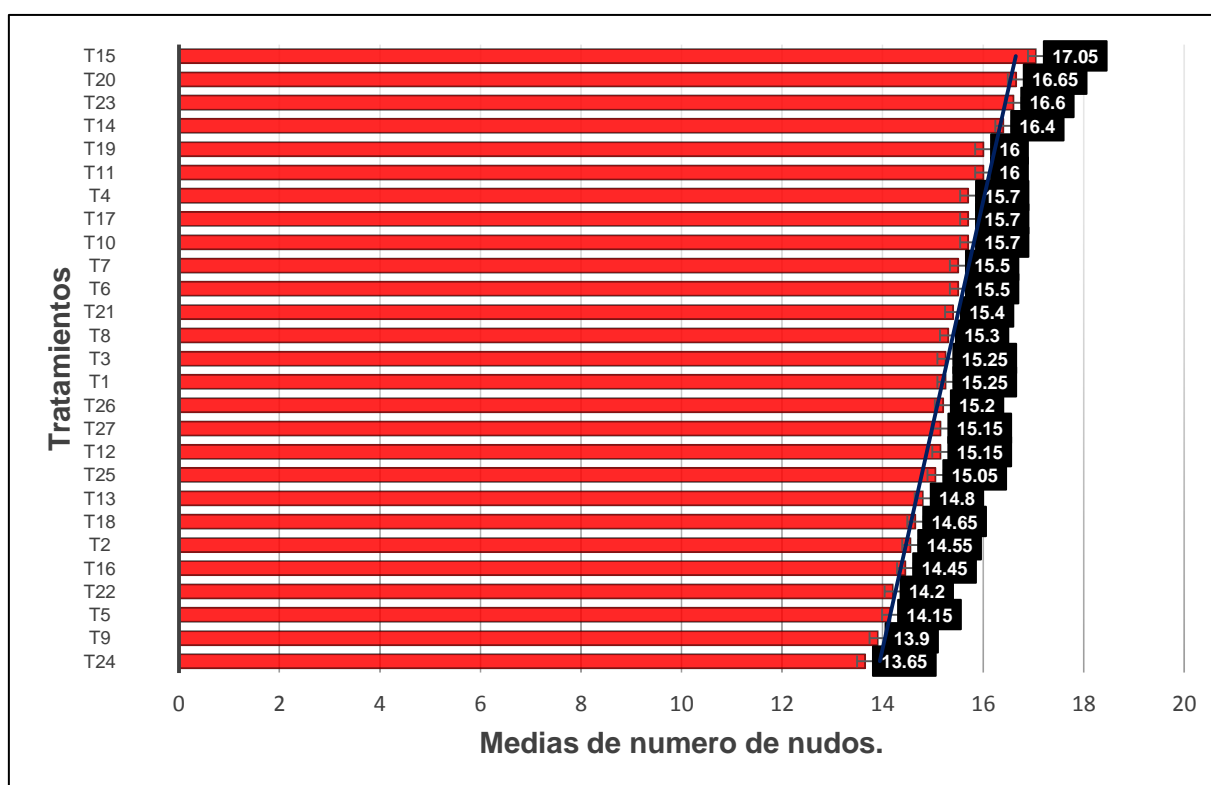


Figura 8. Número de nudos del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Esparza *et al.* (2000), en estudios realizados demostraron que la variedad azufrado regional un material con crecimiento indeterminado guía corta postrado, presento 42.8 nudos por panta. De igual forma López (1985), afirma que el tipo de crecimiento determinado

normalmente posee un bajo número de nudos y en las variedades de crecimiento indeterminado el número de nudos es mayor. Al comparar los materiales en estudio podemos notar que presentan menor número de nudos esto puede ser una característica propia de los materiales de nuestro país con respecto a los demás, pero así mismo no se descarta que las características cuantitativas son altamente influenciadas por el ambiente.

4.2.3 Número de vainas por plantas

En la figura 9 se puede observar con relación a la variable número de vainas por planta, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A29 y A30), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante M09ST06 presento menor promedio con 21.35 vainas por planta, la línea mutante M09ST20 con mayor promedio de 45.9 vainas y el testigo sangre de toro T26 presento un promedio de 24.95 vainas. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 22.75 y 38.95 vainas

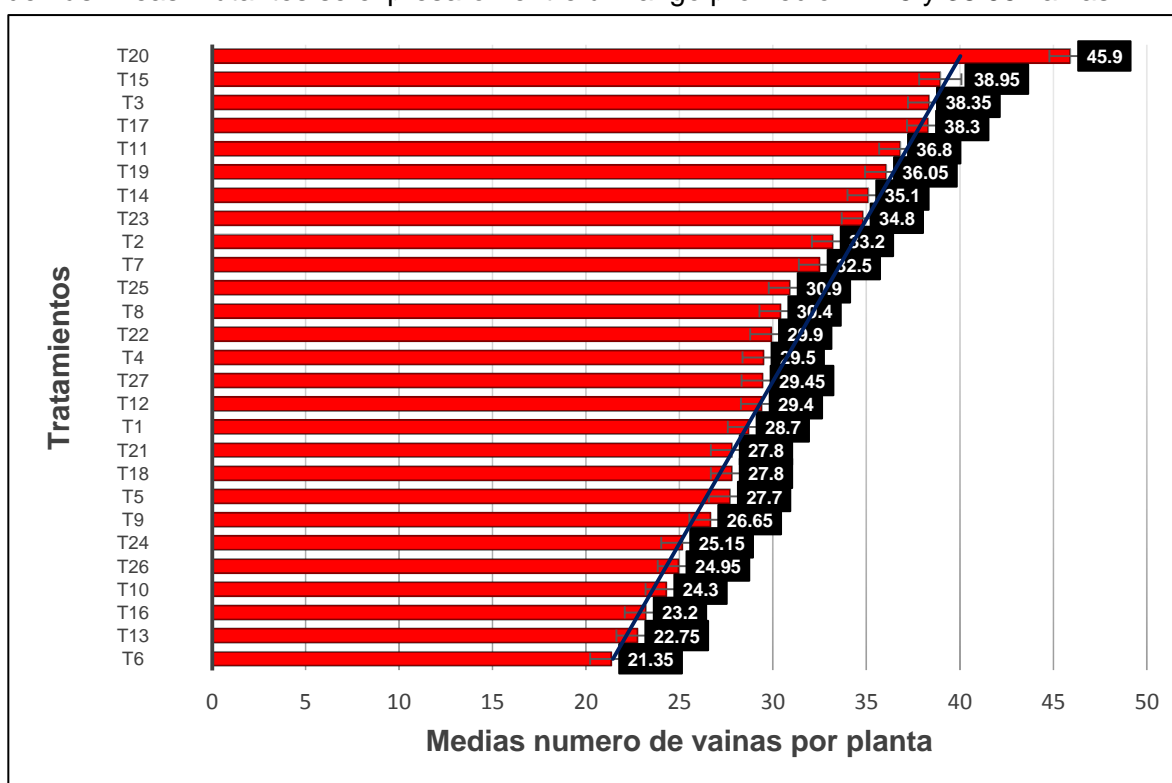


Figura 9. Número de vainas por planta del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris*), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

De acuerdo a datos recopilados por Amaya A y Gómez V (2011), en evaluación de variedades de frijol en zonas bajas en los departamentos de La Unión, Usulután y San Miguel; obtuvieron promedios de vainas por planta de la siguiente manera, "Capitán" 10.7,

“Rojo de Seda” 5.9, “Segoviano” 9.8, “Centa Cuscatleco” 13.8, “Dor 582” 8.1, “Centa Costeño” 10.8, “Rojo Salvadoreño” 12.1, “Centa 2000” y “Centa Pipil” con 13 vainas por planta. Y determinaron que las variedades “Centa cuscatleco”, “Centa pipil”, “Rojo Salvadoreño”, “Centa Costeño” y “Capitán”, poseen el mayor número de vainas por planta y son estadísticamente iguales; le siguen las variedades “Centa 2000” y “Segoviano”, que son estadísticamente iguales y las variedades que poseen el menor número de vainas por planta se encuentran la “Dor 582” y el “Rojo de seda”, que son estadísticamente iguales. Estos reflejan un número menor de acuerdo a los materiales en estudio es quizá sea influenciado por la altura en la cual fueron cultivados las variedades.

4.2.4 Análisis de componentes principales para número de ramas, número de nudos y número de vainas.

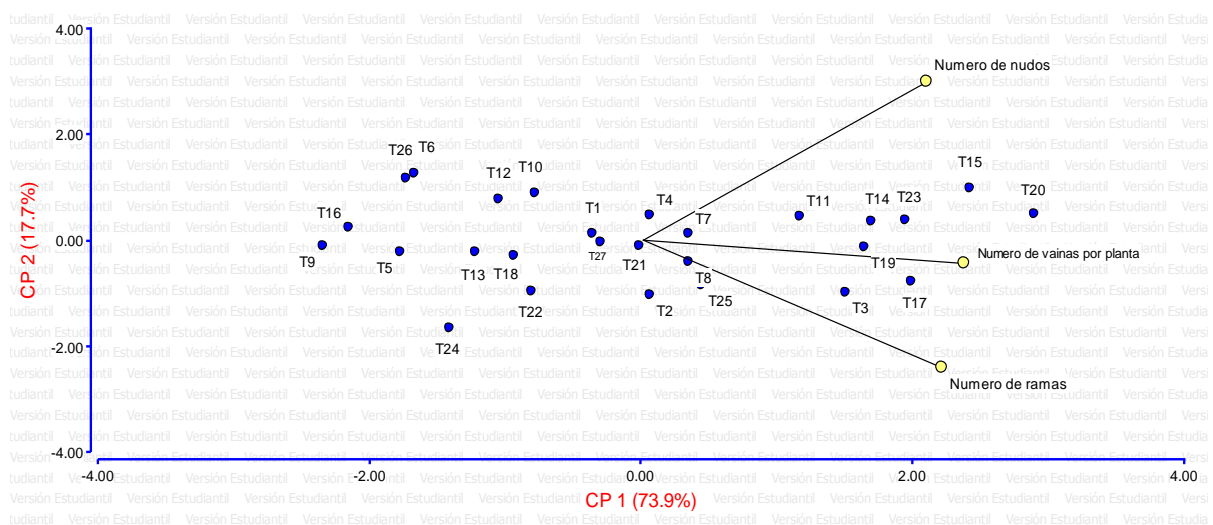
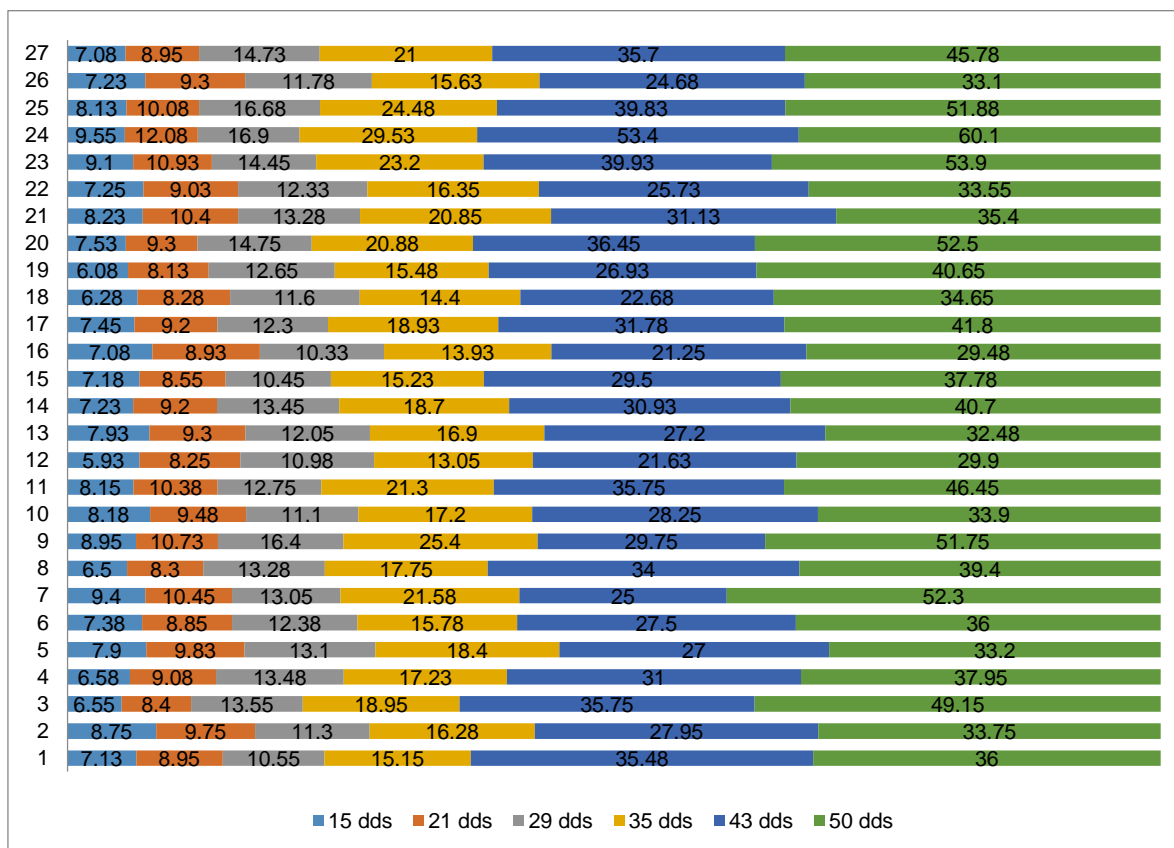


Figura 10. Análisis de componentes principales para número de ramas, número de nudos y número de vainas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015

Como se observa en el gráfico 10, el componente 1 (CP1- eje X) explica el 73.9% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 17.7%. Es decir que en el eje X las variables número de vainas y número de ramas, están siendo explicadas por los materiales M09ST17 y M09ST03, no así los materiales M09ST09 y M09ST16 que fueron las que presentaron menor número de las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje Y la variable que mejor explica a los materiales M09ST26, M09ST06 M09ST12 y M09ST10, es número de nudos. Las variables que mejor explican a las líneas mutantes y el testigo sangre de toro son; número de vainas y número de nudos; tal como se observa (cuadro A31).

4.2.5 Longitud de tallo principal

Cuadro 2. Medias de Longitud de tallo principal del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.



En el cuadro 2 se observa el crecimiento semanal a partir de los 15 dds (después de la siembra) de testigo sangre de toro T26 y las 26 familias mutantes, los cuales fueron similares durante las primeras dos semanas (15 y 21 dds) en cada uno de los tratamientos, pero a partir de la tercera semana (29 dds) el crecimiento fue acelerado y las mayores medias en alturas registradas a las seis semanas después de la siembra fue para la M09ST24 con 60,1 cm, mostrando que el número de nudos no influyo en su crecimiento ya que mostro la mayor altura y el menor número de nudos, esto produce que los entrenudos en esta línea mutante son más largos; a diferencia de la M09ST23 que fue el que alcanzo la segunda mayor altura con 53,9 cm pero con un mayor número de nudos por lo que este si influyo en su crecimiento en cuanto a la variable longitud del tallo principal, seguido de la M09ST20 con 52,5 cm y la M09ST07 con 52,3 cm siendo estos los que reportan las mayores alturas al termino de las seis semanas. A diferencia de estas las líneas mutantes que presentaron menor altura a los

50 dds fueron la M09ST16 con 29,48 cm; M09ST12 con 29,9 cm; y la M09ST05 con 33,2 cm respectivamente, el testigo sangre de toro T26 con 33,1 cm.

Reportes del IICA (2010), señalan que la variedad rojo de seda puede alcanzar alturas promedios de 69,41 cm y la variedad vaina blanca alcanza los 52 cm. Delgado J (2006), en estudios desarrollados mediante fitomejoramiento participativo reportan que en la etapa de floración de la variedad de frijol común Sacapobres alcanzo una longitud de tallo principal de 26,6 cm. En el estudio realizado por Salazar S (1984), determina que la altura de las plantas disminuye en la primera generación usando la irradiación gamma, pero que en la segunda generación esta característica no es notable.

4.2.6 Longitud de vaina inmadura

En cuanto a la longitud de vaina antes de llegar a su madurez fisiológica se muestran en la figura 11, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A32 y A33), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante T10 presento menor promedio con 9.62 cm. La línea mutante M09ST21 con mayor promedio de 10.82 cm y el testigo sangre de toro T26 presento un promedio de 10.09 cm. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 9.99 y 10.66 cm.

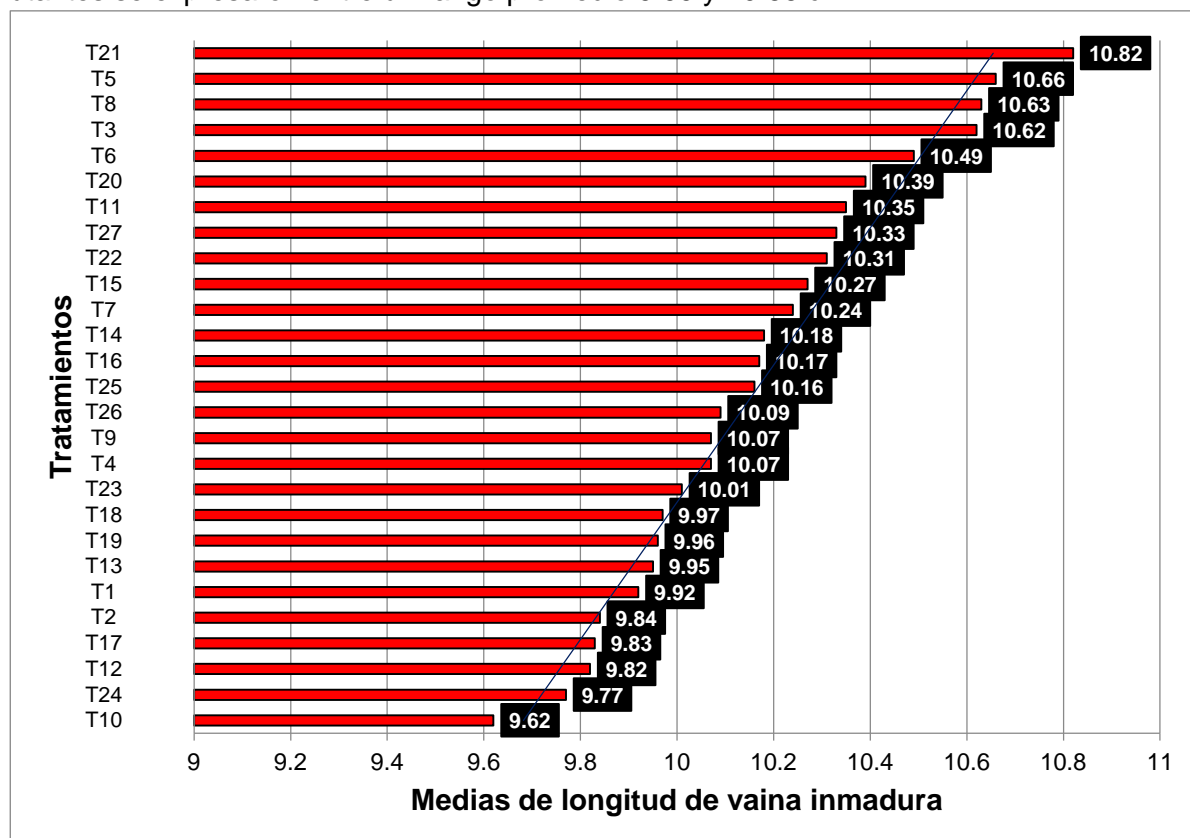


Figura 11. Longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

El IICA (2011), determina en estudios que en materiales criollos de frijol la longitud de vaina inmadura tiene que ser de un promedio de 10.2 cm, esto para obtener excelentes rendimientos a nivel regional.

4.2.7 Longitud de vaina a cosecha

En cuanto a la longitud de vaina a cosecha se muestran en la figura 12, existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A34 y A35), existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante M09ST14 presento menor promedio con 8.81 cm. la línea mutante M09ST05 con mayor promedio de 11.25 cm y el testigo sangre de toro T26 presento un promedio de 10.39 cm. Con respecto a las demás líneas mutantes se expresaron entre un rango promedio 9.06 y 11.14 cm. Estos resultado indican que algunas líneas mutantes son inferiores al testigo sangre de toro T26 y pueden considerarse como consecuencia del efecto de la mutación.

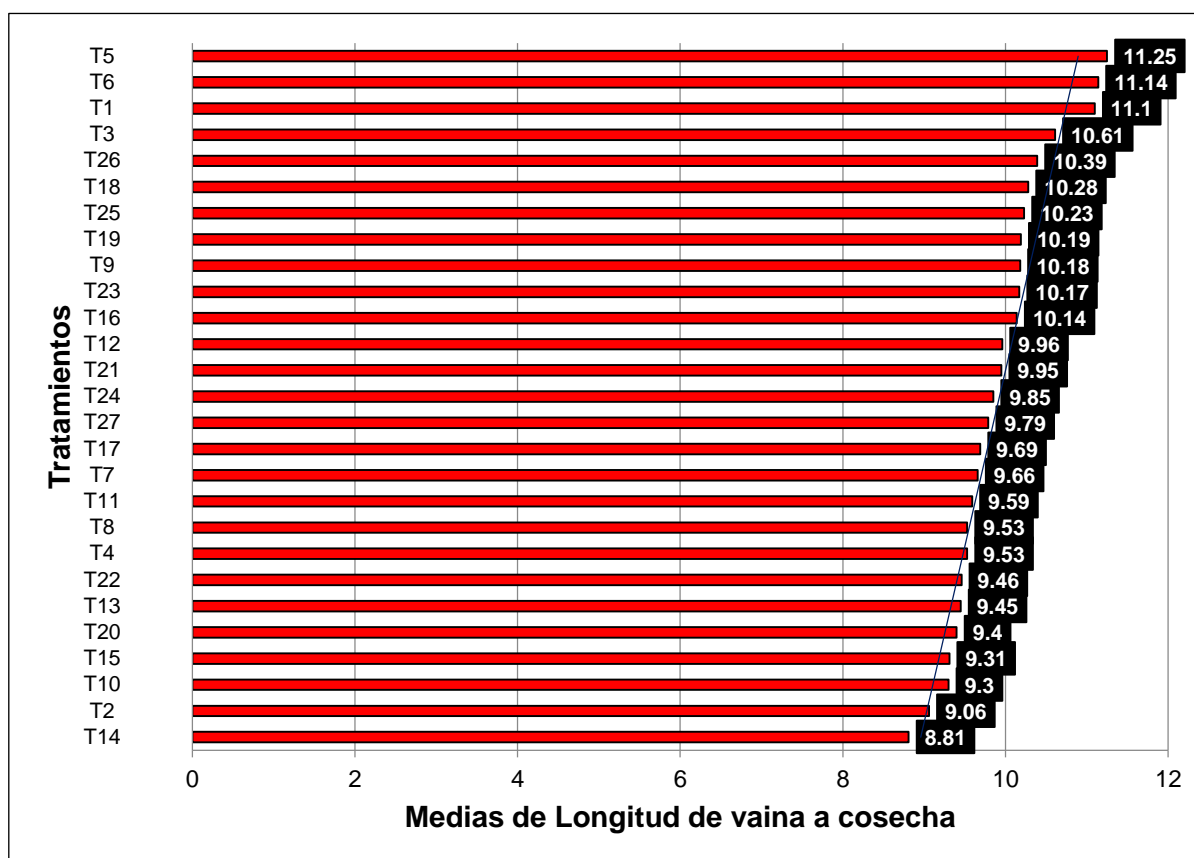


Figura 12. Longitud de vaina madura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

En investigaciones realizadas se afirma que la longitud ideal de la vaina es de 9 a 10 cm, considerándose como grande cuando alcanzan una longitud mayor a este rango y pequeñas cuando su longitud es menor a este, (Rodríguez *et al.* 2006)

4.2.8 Semillas por vainas

En cuanto a la variable se muestran en la figura 13, no existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo (T26) y las líneas mutantes (Cuadro A36 y A37), no existiendo mucha variación entre las medias de los tratamientos los cuales se expresaron las líneas mutantes M09ST09, M09ST08, M09ST7, M09ST06, M09ST05, M09ST04, M09ST24, M09ST23, M09ST20, M09ST02, M09ST19, M09ST18, M09ST16, M09ST15, M09ST13, M09ST12, M09ST11, M09ST10 y M09ST01 con 6 semillas por vaina seguido del M09ST03, testigo sangre de toro T26, M09ST25, M09ST22, M09ST17 y M09ST14 con 6,25 semillas por vaina; y por último el M09ST27 y M09ST21 resulto con el mejor promedio con 6,5 semillas por vaina.

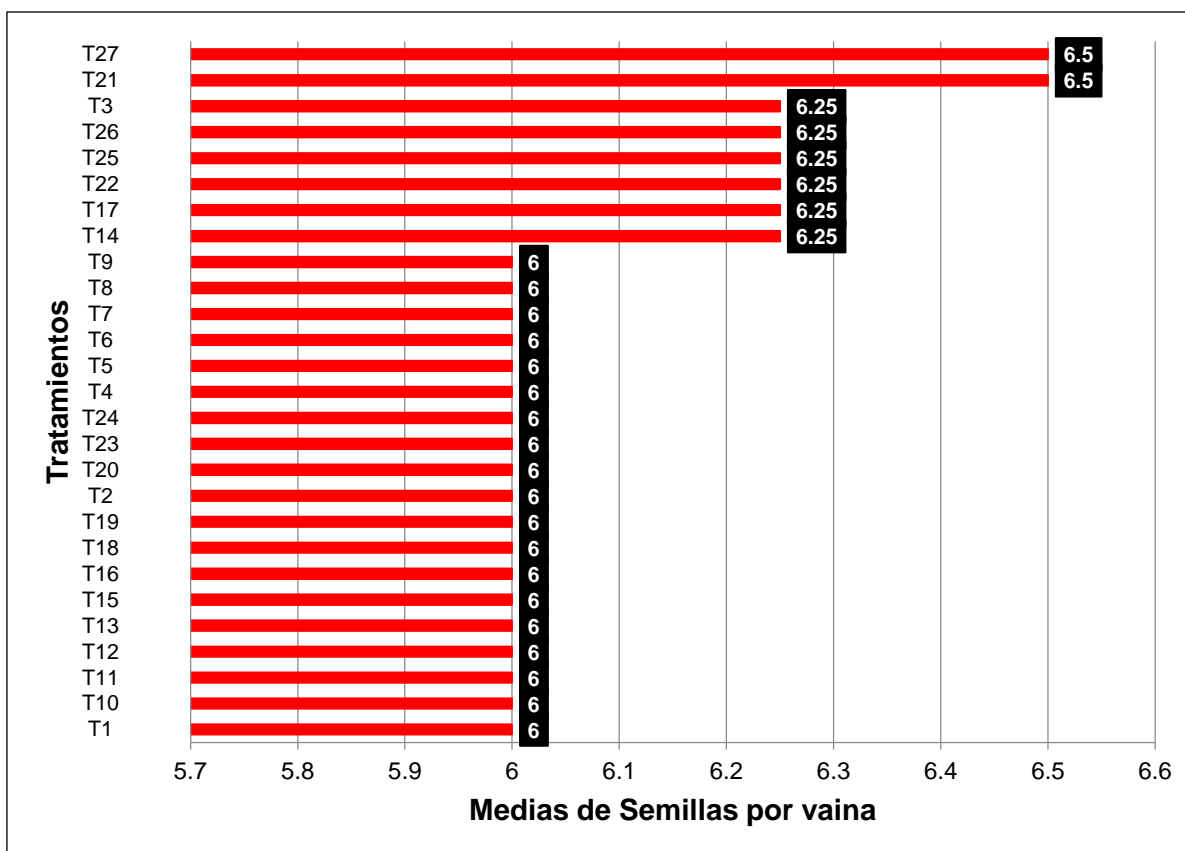


Figura 13. Número de semillas por vaina del testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Estudios realizados por Vallejos y Martínez (2005), señalan que la vaina debe tener 6 granos en promedio para obtener buenas producciones, coincidiendo con los ensayos realizados por MAG y CENTA (2008), en las variedades “Centa 2000”, “Centa San Andrés” y “Centa Pipil” en condiciones favorables, por lo que se considera que la cantidad de semillas en los tratamientos de esta investigación son similares a los resultados presentados por estas instituciones, ya que se dieron las mejores condiciones y el manejo fue oportuno en cada una de las fases de las plantas.

4.2.9 Análisis de componentes principales para longitud de vaina inmadura, longitud de vainas maduras y semilla por vaina.

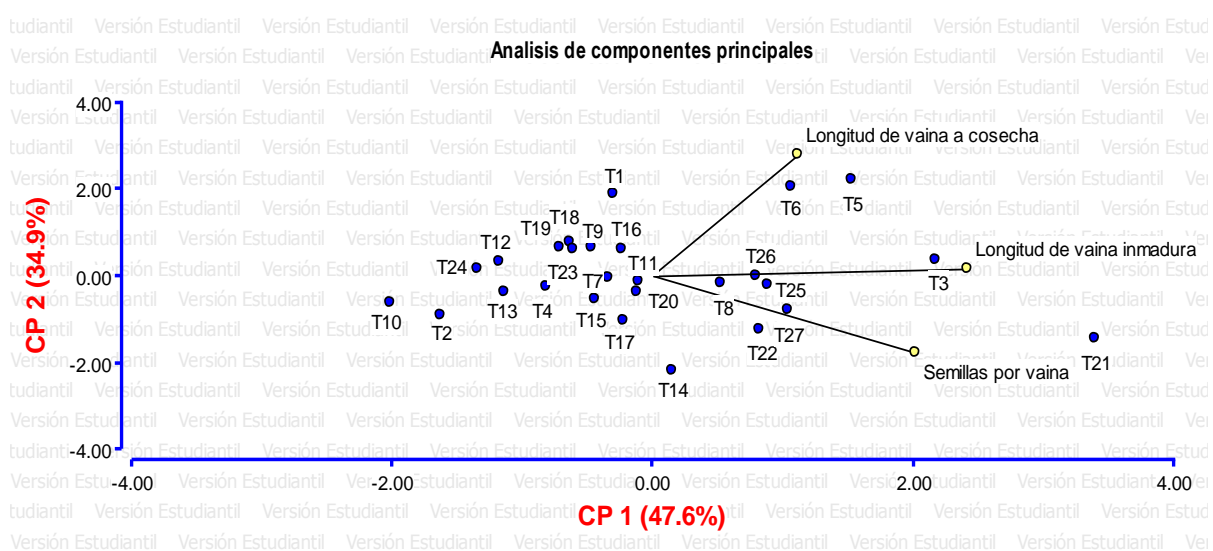


Figura 14. Análisis de componentes principales para longitud de vaina inmadura, longitud de vaina a cosecha y semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Como se observa que en el gráfico 14, el Componente 1 (CP1- eje X) explica el 47.6% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 34.9%. Es decir que en el eje X las variables longitud de vaina inmadura y semillas por vaina, están siendo explicadas por las familias mutantes M09ST03 y M09ST21, no así las familias mutantes M09ST10 y M09ST24 que fueron las que presentaron menor número de las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje Y las familias mutantes M09ST01, M09ST18, M09ST19 y M09ST23, que mejor explican a la variable longitud de vaina a cosecha. La variable que mejor explica a los materiales evaluados es longitud de vaina inmadura y longitud de vaina a cosecha; tal como se observa (cuadro A38)

4.3 Caracteres morfológicos cualitativos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.3.1 Hábito de crecimiento

El testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes en estudio se obtuvo un mismo resultado en cuanto a la variable hábito de crecimiento y podemos notar que el 100% de las plantas en estudio presentaron el hábito de crecimiento arbustivo indeterminado, con guía corta (IIb) (cuadro A39). Según datos del MAG y CENTA (2008), reportan que las variedades CENTA 2000 y CENTA San Andrés presentan un hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (IIA) tallo erecto, sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta; en el mismo estudio se determina que la variedad CENTA pipil presentan un hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (IIB) tallo erecto con aptitud para trepar, termina en una guía larga.

Con respecto a la investigación anterior se presentan una diferencia con el estudio realizado por lo que se considera que para este carácter hubo efecto de la mutación en la séptima generación de estos materiales, así mismo se contrasta y coincide con el estudio realizado por Sandoval (1987), que 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; así mismo 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).

4.3.2 Tipo de ramificación

Según nos muestra el gráfico 15, hay una tendencia mayor que es el 88% de los tratamientos en estudio presentaron un tipo de ramificación ortotrópicas (compacta) y el complemento que es de 12% presentaron el tipo de ramificación plagiotrópicas (abierta) (cuadro A40).

Esta investigación coincide con Valladares (2010), que afirma que los materiales con hábito de crecimiento indeterminado se ramifican menos y llegan a tener un tipo de ramificación compacta a diferencia de los materiales con hábito de crecimiento determinado. León (2000), afirma que la planta de frijol se ramifica a partir del eje central en ramas primarias, secundarias y hasta terciarias y que la norma de ramificación es una característica hereditaria del cultivar.

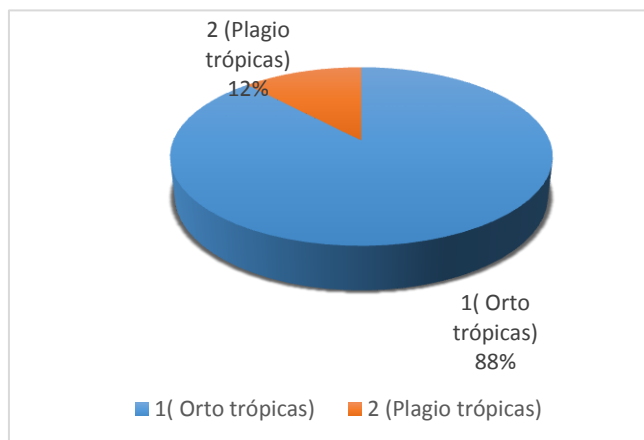


Figura 15. Tipo de ramificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

En otro estudio realizado por Clará (2013), afirma 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.

4.3.3 Color de Flor

Para la variable color de flor no se encontraron diferencias entre el testigo sangre de toro (T26) y 26 líneas mutantes en estudio, presentaron el 100% color de flor blanca esto es una característica del testigo sangre de toro (T26) y no se encontraron diferencias (cuadro A41), por lo cual puede afirmarse que la mutación no provocó ningún efecto para esta variable. Estudios realizados por CENTA (2012), a nivel nacional revelan que las variedades San Nicolás FP-01 y Guazapa 1 poseen flor blanca, y señalan que es un carácter muy propio de los genotipos. Hernández y Amaya (2013), en una investigación sobre caracterización Molecular y Morfológica de Acciones de Germoplasma de Frijol Común de El Salvador determinó que el 66% de las accesiones poseen flores blancas; mientras que un 24% son de color lila y el resto son combinaciones de estos dos colores.

Miranda (1969), asegura que el color de la flor depende de una serie de alelomorfismos 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 estos. En el estudio realizado sobre 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, tienen menor polinización cruzada donde existe alta actividad de insectos y la producción de vainas y el rendimiento es igual.

4.3.4 Color de Vaina en estado inmaduro

Según muestra el gráfico 16 se tiene una distribución de dos diferentes colores en cuanto a la variable en estudio y se tiene un bajo porcentaje del 1% que representa el color 142A (verde medio), seguido del 99% que representa el color 142B, 142C y 142D (verde claro). (Cuadro A42) Esto determina que la población de plantas en estudio presentó mayor similitud con el tipo de color verde claro, para este carácter. En una investigación realizada por el CENTA (2012), en variedades de frijol desarrolladas mediante mejoramiento participativo, determinaron que los materiales locales San Nicolás FP-01 y Guazapa 1, presentaron que las vainas son verde durante el llenado de granos, siendo similar a lo obtenido en esta investigación. De la misma forma el INTA (2014), reporta que la variedad mejorada INTA frijol norte presenta un color de vaina verde en estado inmadura.

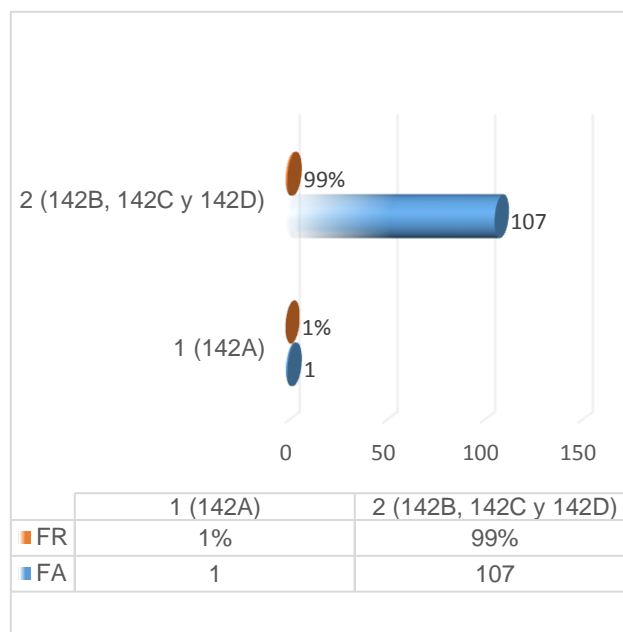


Figura 16. Color de vainas en estado inmaduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

4.3.5 Color de vaina en estado maduro

Según muestra el gráfico 17, para el color de vaina madura se distribuyó en tres grupos de diferentes tipos de colores mostrándose una mayor tendencia hacia uno de ellos y una leve

diferencia para uno quedando entonces el resultado de la siguiente manera; el grupo uno presento el 7% que corresponde al tipo de color amarillo claro (13D), el grupo dos presento el 11% que corresponde al tipo de color naranja amarillento (16C, 16D, 17C y 18A), el grupo tres presento el 82% que corresponde al tipo de color naranja amarillento claro (18B, 18C, 18D, 19B y 20D).

Esto refleja que el tipo de color naranja amarillento claro, tuvo similitud para los tratamientos en estudio con respecto a la variable color de vaina madura (cuadro A43). Investigaciones realizadas por el INTA (2009), reportan que los síntomas para determinar que una variedad de frijol común llegó a su fase de madurez se manifiesta por el cambio de color del follaje, cambio de color de epidermis de las vainas, de verde a rojo, morado o blanco, según la variedad utilizada.

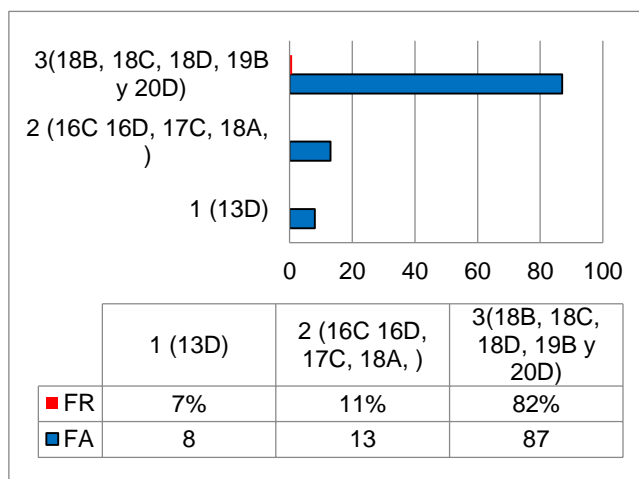


Figura 17. Color de vaina en estado maduro del testigo T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

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, así mismo el IICA (2009), reporta que en semillas de frijol rojo las vainas pueden ser rojas, ligeramente moradas, morada, crema, etc. Por otra parte Rubaihayo, citado por Salazar (1984), realizó trabajos en semillas de frijol a distintas dosis de radiación gamma con Co60 y observo 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.

4.3.6 Color de vaina a cosecha

Como se muestra en el grafico 18, para el color de vaina a cosecha se obtuvieron dos tipos de colores pero siendo uno que tuvo mayor distribución, de tal modo que se

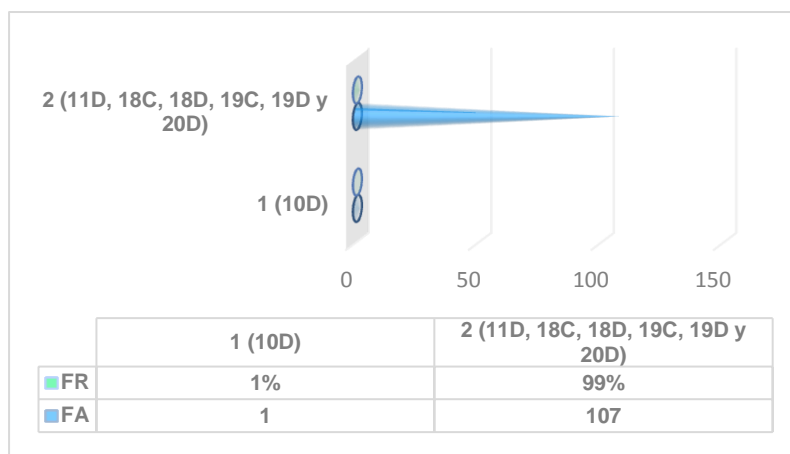


Figura 18. Color de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

obtuvo lo siguiente; el grupo uno que refleja el 1% y corresponde al tipo de color amarillo claro (10D), el grupo dos que refleja el 99% y corresponde al tipo de color naranja amarillento claro (11D, 18C, 18D, 19C, 19D y 20D). Obteniendo de esta manera con mayor porcentaje de la población de plantas en estudio el tipo de color naranja amarillento claro (cuadro A44). Estudios realizados por el CENTA (2012), determinan que las variedades de frijol locales San Nicolás FP-01 y Guazapa 1, presentaron que las vainas son color crema uniforme en la etapa de cosecha, siendo similar a lo obtenido en esta investigación.

4.3.7 Perfil predominante de la vaina

Como se representa en el gráfico 19 para la variable en estudio, se obtuvo que el 99% de los materiales en estudio presentaron el perfil recto y tan solo un 1% fue de un perfil curvado (cuadro A45), lo que nos indica que estos materiales irradiados son similares en cuanto a esta variable en estudio. López *et al.* (2014), en una evaluación de materiales criollos y mejorados de frijol irradiados con rayos gamma determinan que los materiales Rojo de seda, Vaina blanca, Ferromas y Chaparrastique presentaron el perfil de vaina curvado.

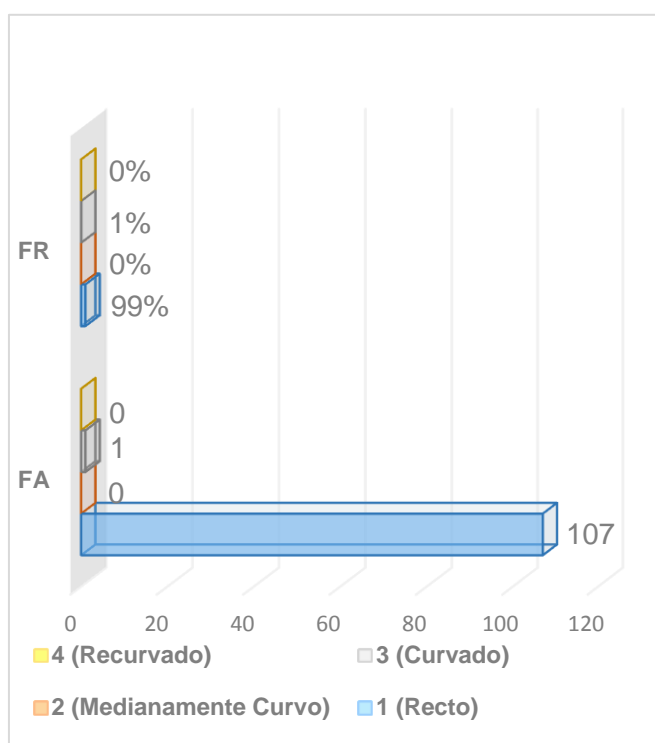


Figura 19. Perfil predominante de la vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCAA. Tesis 2015.

Por otra parte estudios realizados por Delgado (2006), en líneas de frijol desarrolladas mediante fitomejoramiento participativo determinaron que los materiales en estudio presentaron el perfil de vaina medianamente curvo, lo que señala es que es un factor propio de cada cultivar, y que puede ser una característica importante en las variedades centroamericanas.

4.3.8 Orientación del ápice de la vaina

Para esta variable se obtuvo un resultado del 100% de los tratamientos en estudio presentaron el tipo de ápice punteagudo, sin ninguna excepción se puede afirmar que los materiales irradiados son similares para esta variable (cuadro A46). De acuerdo a datos recopilados por Clará (2013), las variedades de frijol Chaparrastique y Ferromas evaluados en condiciones óptimas presentan el tipo de orientación del ápice romo, coincidiendo con los datos recopilados para esta investigación, recordando que son materiales diferentes pero con la similitud de ser locales. De igual forma, Delgado (2006), en líneas de frijol desarrolladas mediante fitomejoramiento participativo obtuvieron el tipo de ápice romo para las variedades evaluadas.

4.3.9 Grado de curvatura

El grado predominante de curvatura del ápice de las vainas se califica con base a tres características, y para este estudio se obtuvieron los siguiente: para el grado de curvatura recto el 90% de los tratamientos; para el grado de curvatura medianamente curvo no se obtuvo resultado alguno; y para el grado de curvatura curvado se obtuvo el 10% de los tratamientos en estudio. Lo que podemos resaltar que para esta investigación el grado de curvatura recto fue el que más se expresó dentro de los materiales irradiados (cuadro A47). De igual forma Delgado (2006), realizando estudios en líneas de frijol determino que el grado de curvatura del ápice de las vainas presentaba medianamente curvo a lo que concluye que puede ser efecto de la variabilidad genética presente en las variedades de cada país.

4.3.10 Sutura placental

La dirección predominante de la curvatura del ápice de las vainas con respecto a la sutura placental se identifica por normal cuando sigue la dirección de la sutura placental e inversa cuando sigue la dirección contraria a la sutura placental CIAT (1993) (cuadro A48). Para esta investigación se obtuvo que un 100% de la población en estudio presentó el tipo de sutura placental normal afirmando que todos los materiales presentan la características de seguir la dirección de la sutura placental respecto al ápice de las vainas. Clará (2013), señala que las variedades locales Rojo de seda y Vaina blanca presentan una sutura placental del ápice inversa, esto en condiciones óptimas de desarrollo del cultivo, lo que no coincide con los materiales en estudio resaltando que son variedades con diferentes características, además este mismo señala que este carácter puede ser influenciado por condiciones de estrés hídrico y que podría ser un indicador de la radiación gamma inducida a mutación en los materiales en estudio.

4.3.11 Color primario de la semilla.

Como se muestra el grafico 20, con respecto a la variable en estudio se obtuvieron dos diferentes tipos de colores, el primero fue el tipo de color rojo (44A, 44B, 45A, 46A) con un promedio de 44% respecto a la variable, el segundo fue el tipo de color rojo purpura oscuro (53A) con un promedio del 56% respecto a la variable (cuadro A49). Lo que evidencia que de los materiales en estudio los mayores porcentajes obtenidos corresponden al color rojo purpura oscuro

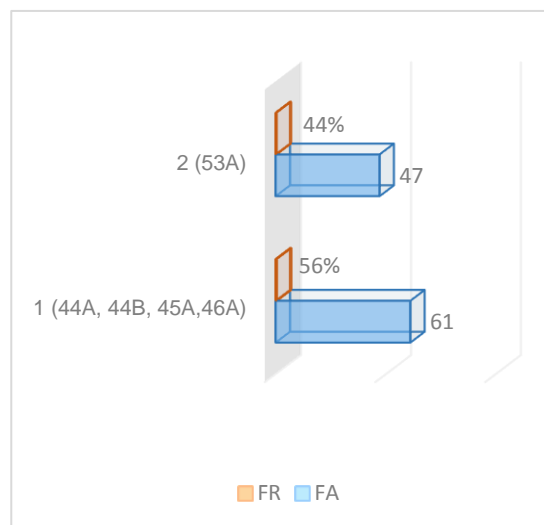


Figura 20. Color primario de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

El MAG y CENTA (2008), reportan que las variedades CENTA San Andrés presenta el tipo de color rojo brillante mientras que las variedades CENTA 2000 y CENTA pipil presentan el tipo de color rojo semioscuro. Así mismo el CENTA *et al.* (2011), da a conocer que las variedades Ferromás presenta el tipo de color rojo claro y la variedad Chaparrastique rojo claro brillante. Por otra parte Delgado (1970), afirma que el modo de acción de los genes que determinan el color del grano del frijol, pueden agruparse en tres categorías 1) el factor básico P de pigmentación, el cual no produce por si mismo ningún color, 2) los genes de colores complementarios que expresan su color cuando el factor P está presente y 3) los factores o genes modificadores, que no producen color con el factor básico pero influyen en los colores producidos por los 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.

De acuerdo con Vallejos y Martínez (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. De acuerdo con Hernández *et al.* (2001), la

decoloración del grano es una característica no deseable y muy frecuente en variedades de grano rojo, por lo que, la estabilidad en el color del grano de las variedades bajo diferentes condiciones de manejo, localidades, épocas de siembra y almacenamiento, le han conferido una gran aceptación por parte del agricultor y los comerciantes.

4.3.12 Tamaño predominante de la semilla.

El tamaño de la semilla se determinó con la toma del Peso de 100 semillas escogidas al azar determinando su peso en gramos con un 12% de humedad, teniendo las siguientes clasificaciones: pequeña, menos de 25g; mediana de 25g a 40g; y grande más de 40g. CIAT (1987) (cuadro A50). Obteniendo para ello un resultado homogéneo ya que todos los materiales en estudio presentaron el tamaño de semilla pequeña con un 100% del total de los datos obtenidos. Esto afirma que para esta variable los materiales evaluados no presentaron diferencias. En un estudio realizado por Vidal (2012), en evaluaciones de potencial de rendimiento en dos variedades locales de frijol rojo afirma que el genotipo “Centa San Andrés” presentó el mayor peso de 100 semillas reportando un total de 27.078g, siendo esta una semilla mediana dentro de la clasificación, a esto añade que los materiales locales dan mejor peso y por ende tienen un mayor tamaño.

Según Hernández y Barquero (2003), el peso de 100 granos está determinado por el largo, ancho, grueso y densidad del grano, así mismo mencionan que el peso del grano tiene efecto similar al número de vainas por planta y número de granos por vaina en la determinación del rendimiento, es decir que es un componente importante en la determinación de rendimiento. El peso del grano del frijol además de ser un carácter cuantitativo influenciado por el medio ambiente, es también un carácter influenciado por factores hereditarios afirma (Joya y Leiva 2006).

4.3.13. Forma predominante de la semilla

Como se representa en el gráfico 21, para la variable en estudio se obtuvieron los siguientes resultados, forma ovoide un 6%, elíptica el 2%, pequeña casi cuadrada el 18%, alargada ovoide el 14%, alargada casi cuadrada el 27%, y arriñonada recta en el lado del hilo el 34%. Teniendo de esta manera la forma arriñonada y alargada como las más similares dentro de la población de plantas en estudio con los mayores porcentajes (cuadro A51).

El CENTA *et al.* (2011), da a conocer una nueva variedad de frijol rojo con alto potencial de rendimiento el Ferromas y afirma que dentro de las características de la semilla posee forma ovoide. De igual forma el MAG *et al.* (2015), da a conocer la variedad CENTA SSC con forma de semillas ovoide. Según Clará (2013), en condiciones óptimas las variedades Vaina blanca y Rojo de seda poseen forma arriñonada curva en el lado opuesto al hilo, y las variedades Chaparrastique y Ferromas forma arriñonada recta en el lado del hilo,

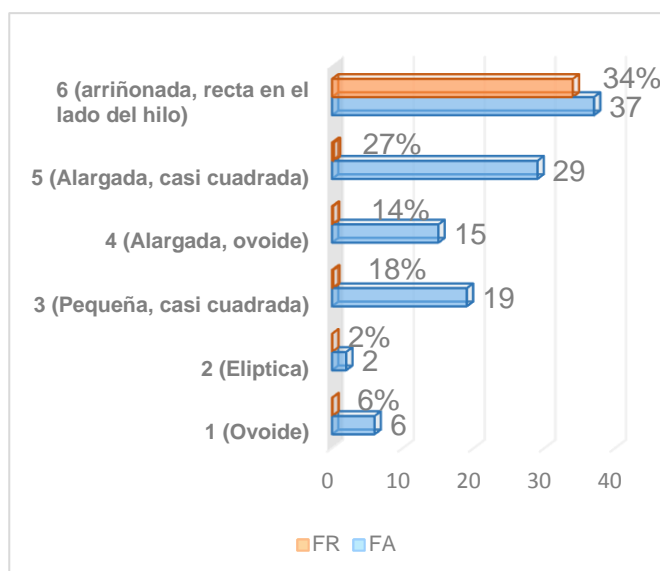


Figura 21. Forma predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

así mismo afirma que este carácter puede cambiar en condiciones de estrés hídrico. Para Vallejos y Martínez (2005), la forma de semilla es un carácter de gran importancia para los consumidores de frijol, ya que prefieren que el tamaño sea de pequeño a mediano.

4.4 Caracteres agronómicos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Las características agronómicas son muy importantes para medir la potencialidad del frijol como cultivo.

4.4.1 Rendimiento en ton/ha

En cuanto a la variable se muestran en la figura 22, que existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 0.05% entre el testigo sangre de toro (T26) y las líneas mutantes, existiendo una variación entre las medias de los tratamientos de la manera siguiente; la línea mutante M09ST16 presento menor promedio potencial de 1.83 ton/ha, la línea mutante M09ST20 con mayor promedio potencial de 4.71 ton/ha, el testigo sangre de toro T26 con un promedio potencial de 2.19 ton/ha y las cuatro líneas mutantes que siguen en mejor potencial de rendimiento son; M09ST15 con 3.79/ha, M09ST17 con 3.72 ton/ha, M09ST03 con 3.43 ton/ha, y M09ST07 con 3.32 ton/ha.

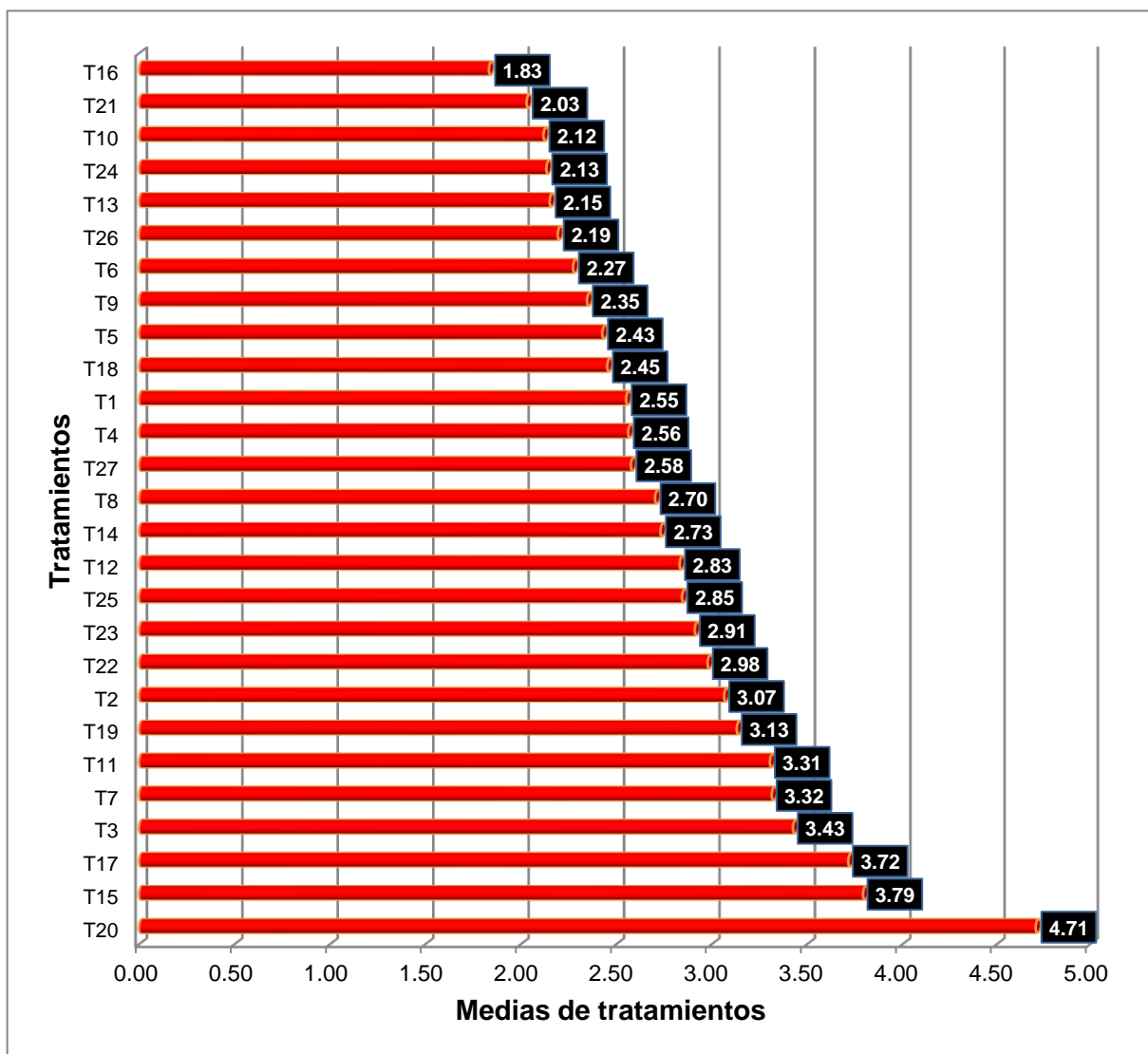


Figura 22. Rendimiento ton/ha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris*), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Márquez citado por Oporta y Rivas (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 semillas, tal y como se ha obtenido en la investigación los mejores resultados son representados por el M09ST20 y M09ST15 y de la misma forma son lo que presentan los mayores resultados en cuanto a la variable número de vainas por planta. El MAG y CENTA (2008), reportan que las variedades “Centa 2000”, “Centa San Andrés” y “Centa Pipil” presentan un rendimiento de 35 qq/mz, notándose que es un resultado por debajo de algunos tratamientos utilizados en esta investigación, algo que podría ser efecto de la mutación. En el estudio realizado por

Granados (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.

De la misma forma Sandoval (1987), determino que los mejores resultados los presentan las semillas irradiadas con respecto a las variedades originales y que los resultados de rendimiento se ven influidos por la competencia inter e intra específica. Las afirmaciones de los estudios anteriores son similares a los resultados obtenidos en esta investigación ya que los mayores rendimientos fueron presentados por los tratamientos irradiados a diferencia del testigo que está representado por el T26.

4.4.2 Resistencia a plagas

Para la variable resistencia a plagas la investigación mostro el siguiente resultado, el 100% de los tratamiento en estudio presentaron tolerancia a las plagas comunes que atacan en todas las fases del cultivo, gallina ciega (*Phyllophaga spp*), Gusano cortador (*Agrotis ipsolon*), falso medidor (*Trichoplusia ni*), falso medidor (*Ceratoma spp*), ácaros (*Tetranychus spp*), pulgones (*Aphis spp*), lorito verde (*Empoasca Spp*), picudo de la vaina (*Trichapion godmani*) (cuadro A55), esto es una características importante porque si bien hay un daño este no afecta totalmente la planta sino que es un daño parcial el cual puede ser controlado si se identifican las plagas y se da el tratamiento debido.

El CENTA (2012), mediante variedades de frijol rojo desarrolladas a través de fitomejoramiento participativo demuestra que las materiales “San Nicolás” y “Guazapa” son resistentes a las principales plagas, y el material La Presa es tolerantes a las plagas que afectan el cultivo. El MAG *et al.* (2008), con estudios validados por el Zamorano reporta que la variedad CENTA Nahuat presenta tolerancia a los insectos lorito verde (*Empoasca Spp*), picudo de la vaina (*Trichapion godmani*) y gorgojos de almacén (*Zabrotes Subfaciatus*). La resistencia o tolerancia a las plagas de almacén es una característica que debe considerarse para buscar mercados exteriores.

Guzmán (2011), señala que los estándares y normativas para mercados internacionales exigen como requisito cero plagas vivas o muertas. Hallman y Garcia (1985), demuestra que la asociación de frijol con maíz proporciona una reducción en los niveles de población de la plaga en comparación con el frijol en monocultivo. El uso de coberturas como paja de arroz y papel aluminio entre los surcos redujo los niveles de población de plagas y aumentó el

rendimiento y concluye que las líneas tolerantes pierden menos en el rendimiento que las susceptibles bajo el mismo nivel de población de la plaga.

4.4.3 Resistencia a enfermedades

En cuanto a la resistencia a las principales enfermedades del cultivo del frijol dentro de la investigación se encontró que el sangre de toro y las 26 líneas mutantes en estudio (Cuadro A56) presentaron 7% presente susceptibilidad y un 93% de los materiales presente tolerancia a las principales enfermedades; pudrición del tallo (*Rhizoctonia solani*), Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), Marchitez bacteriana (*Fusarium oxysporum*), Mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), Actracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) Mosaico dorado amarillo (BGYMV), (cuadro A56), encontrando así que ningún material es resistente por lo que se tendría que buscar otros métodos para lograr esta variable.

Estudios realizados por el MAG y CENTA (2008), señalan que la variedad "Centa Pipil" presenta resistencia al virus del mosaico común y dorado, es susceptible a la roya y mustia hilachosa, y tolerante a la antracnosis y bacteriosis común; la variedad "Centa San Andrés" presenta resistencia al virus del mosaico común y dorado, es susceptible a la roya, la mustia hilachosa y antracnosis, y tolerante a la bacteriosis común; la variedad "Centa 2000" presenta resistencia al virus del mosaico común y dorado, es susceptible a la mustia hilachosa, antracnosis y bacteriosis común y tolerante a la roya. Araya (2000), en avances en la selección de fuentes de resistencia a las principales enfermedades del frijol común encontró que de un grupo de 23 genotipos seleccionados, se identificaron materiales con resistencia combinada a antracnosis y a mancha angular y que algunas líneas mostraron reacción resistente a las poblaciones de ambos patógenos.

Rosas *et al.* (2000), en un estudio sobre mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común, determinaron que utilizando líneas tolerantes al calor de la clase comercial rojo-pequeño con resistencia moderada-alta al VMDF, se desarrollaron líneas mejoradas de alto valor agronómico y comercial para la clase de grano rojo pequeño mesoamericano que recombinan tolerancia a altas temperaturas y resistencia al VMDF, así como resistencia moderada a otros factores como bacteriosis, mancha angular, roya y/o mustia hilachosa.

5 CONCLUSIONES

La irradiación de semillas de frijol sangre de toro, utilizando Co60 en dosis de 170 Gray. Puede inducir a mutaciones que se mantienen hasta la M7.

La línea mutante M09ST09 (T9) fue la que presentó mayor precocidad en la mayoría de las etapas fenológicas con respecto al testigo sangre de toro (T26).

Las líneas mutantes presentaron diferencias notables en algunas variables morfológicas cualitativas estudiadas, con respecto al testigo sangre de toro (T26).

La línea mutante M09ST20 (T20) presentó el mejor resultado en las variables número de vainas por planta y potencial de rendimiento en comparación con las demás líneas y el testigo sangre de toro (T26).

El uso de Co60 en dosis de 170 Gray para inducción a mutaciones con rayos gamma, durante la evaluación hasta llegar a la M7, ha dado como resultado líneas mutantes con excelentes características en cuanto a las variables en estudio.

6 RECOMENDACIONES

Realizar evaluaciones en diferentes época de siembra para determinar e identificar que líneas mutantes, tienen a generar resultados diferentes según las variables en estudio.

Realizar evaluaciones en diferentes zonas del país con las líneas mutantes M09ST20 (T20), M09ST15 (T15), M09ST17 (T17), M90ST03 (T3) Y M09ST07 (T7), las cuales presentaron los mejores resultados con respecto a la variable potencial de rendimiento.

Realizar análisis bromatológico del contenido nutricional de las todas las líneas mutantes.

Realizar investigaciones con las 26 líneas mutantes para determinar tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas y enfermedades, altitud de siembra, distanciamientos de siembra, asocio con otros cultivos, tolerancia a la salinidad.

Realizar una caracterización molecular de las 26 líneas mutantes de frijol en la M7 obtenidas por mutación utilizando rayos gamma.

7 BIBLIOGRAFÍAS

1. **Amaya, AE; Gómez, VE. 2011.** Evaluación de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en zonas bajas en los departamentos de La Unión, San Miguel y Usulután (en línea). Revista de Investigación. 2(1):20-23. Consultado 22 ene. 2016. Disponible en http://www.univo.edu.sv:8081/revista/021457/021457_Par4.pdf
2. **Araya, CM; Araya, R. 2000.** Avances en la selección de fuentes de resistencia a las principales enfermedades del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica (en línea). Agronomía Mesoamericana 11(2): 25-29. Consultado 1 feb. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n02_025.pdf
3. **Araya, R; Hernández, JC. 2009.** Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica: DIQUIS (en línea). Ed. PITTA frijol. Costa Rica, UCR. 6 p. Consultado 1 feb. 2016. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/pitta-frijol-plegable-Diquis.pdf>
4. **Araya Villalobos R, Hernández Fonseca JC. 2007.** Protocolo para la producción local de semilla de frijol. Programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica. Alajuela, CR. P.10-16.
5. **Babot, M; Oliszewski, N; Grau, A. 2007.** Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae, Faboideae) silvestres y cultivados del noroeste argentino: una aplicación en arqueobotánica (en línea). Darwiniana 45(2): 149-162. Consultado 31 mar. 2015. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:42Eylrwg7TMJ:www.scielo.org.ar/scielo.php%3Fpid%3DS0011-67932007000200001%26script%3Dsci_arttext+%&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=sv
6. **Bascopé, A. 2013.** Cambio climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequía (en línea). Santiago de Chile, CL, ODEPA. 38 p. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1388169148cambioClimatico.pdf

7. **Benacchio S. 1982.** Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Venezuela. 202 p.
8. **Bonfim, K; Faria, J; Nogueira, E; Mendes,E; Aragao, F. 2007.** RNAi-Mediated Resistance to *Bean golden mosaic virus* in Genetically Engineered Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) (en línea). *Molecular Plant-Microbe Interactions* 20(6): 717-726. Consultado 27 mar. 2015. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI-20-6-0717>
9. **Blogspot. 2010.** Cultivo de Frijol (en línea). Cali, CO. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en <http://cultivosdefrijol.blogspot.com/p/descripcion-de-las-etapas.html>
10. **Broughton, J; Hernández, G; Blair, M; Beebe, S; Gepts, P; Vanderleyden, J. 2003.** Beans (*Phaseolus* spp.): model food legumes (en línea). *Plant and Soil* 252: 55-128. Consultado 20 ene. 2015. Disponible en <http://www.plantsciences.ucdavis.edu/gepts/broughton%20et%20al.%202003.pdf>
11. **Chacón Sánchez, MI. 2009.** Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: El caso del maíz y el frijol (En línea). *Acta Biológica Colombiana* 14: 351-364. Consultado 20 mar. 2015. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/10807/21273>
12. **Chandra, A; Pental, D. 2003.** Regeneration and genetic transformation of grain legumes: an overview (en línea). *Current Science* 84(3): 381-187. Consultado 15 mar. 2015. Disponible en http://www.currentscience.ac.in/cs/Downloads/article_id_084_03_0381_0387_0.pdf
13. **Chavarín, IE; Lépez, R; López, JJ. 2008.** Avances en la investigación científica en el CUCBA: Fenología y acumulación de materia seca en variedades de frijol arbustivo de diferente hábito de crecimiento (en línea). Guadalajara, Jalisco, MX, UDG. 6 p. Consultado 25 dic. 2015. Disponible en [http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/avances/avances2008/Agromonia/ProduccionAgricola\(pp%201-86\)/ChavarinEspinozalrisEtelvina/25-30.pdf](http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/avances/avances2008/Agromonia/ProduccionAgricola(pp%201-86)/ChavarinEspinozalrisEtelvina/25-30.pdf)

14. **Clará, A. 2015.** Caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos en frijol. (Correo electrónico). La Libertad, SV, CENTA
15. **CE (Comisión Europea, BE). 2008.** La agricultura en la UE: aceptar el reto del cambio climático (en línea). Bruxelles, BE, Comunidades Europeas. 8 p. Consultado 3 abr. 2015. Disponible en http://ec.europa.eu/agriculture/index_es.htm
16. **CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2012.** Variedades de frijol rojo desarrolladas a través de fitomejoramiento participativo en El Salvador. La Libertad, SV. 2p.
17. **CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal Enríquez Álvarez Córdova, SV). 2008.** Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol: Programa de granos básicos (en línea). La Libertad, SV. Consultado 25 mar. 2014. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
18. **CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO); ZAMORANO (Escuela Agrícola Panamericana, HN). 2011.** CENTA FERROMAS: Variedad de frijol grano rojo con mejor valor nutricional, alto potencial de rendimiento y tolerante a las principales plagas y enfermedades (en línea). La Libertad, SV, CENTA. 2 p. Consultado 1 abr. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Boletin%20CENTA%20Ferromas.pdf>
19. **CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1982.** Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (en línea). Cali, CO. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://books.google.com.sv/books?id=A2SjDr0kqIC&printsec=frontcover&dq=fenologia+de+la+planta+del+frijol&hl=es&sa=X&ei=kFVYU_qXN6jK8wGN5oHYAg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=true

20. **CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1984. Morfología de la planta de frijol común (en línea).** Cali, CO. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://books.google.com.sv/books?id=AtOLF2NhJogC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=clasificacion+taxonomica+de+la+planta+del+frijol&source=bl&ots=f-crJxfGyX&sig=tdcPmP8VjcjnIzTEpYfIRPpGwDI&hl=es&sa=X&ei=OQNYU4D-I4_LsQTUo4KADg&ved=0CEAQ6AEwBA#v=onepage&q=clasificacion%20taxonomic a%20de%20la%20planta%20del%20frijol&f=true
21. **CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (en línea).** Cali, CO. Consultado 6 de ago. 2014. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf
22. **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.
23. **CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2008. Análisis del proceso de Biofortificación de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) andino de tipo comercial “calima” en Colombia.** (En línea). Consultado 10 de ago. 2014. Disponible en: <http://www.agrosalud.org>
24. **Debouck, DG; Hidalgo, HR. 1984. Morfología de la planta de frijol común: Frijol investigación y producción (en línea).** Ed. M López. Cali, CO, CIAT. 42 p. Consultado 30 ene. 2016. 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 23 mar. 2016. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr>
26. **Delgado Zúñiga, JA. 2006. Descripción de dos Líneas de Frijol Desarrolladas Mediante Fitomejoramiento Participativo en Costa Rica (en línea).** Tesis Lic. Ing. Agr.

- Honduras, Zamorano. 30 p. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/802/1/T2232.pdf>
27. **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>
28. **DIGESTYC (Dirección Nacional de Estadísticas y Censos, SV). 2007.** Proyecciones Nacionales 1950-2050. (En línea). San Salvador, SV. Consultado 21 abr. 2014 disponible en <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/poblacion-y-estadisticas-demograficas/censo-de-poblacion-y-vivienda/publicaciones-censos.html>
29. **Domínguez, PL. 1997.** Fisiología en condiciones de estrés (en línea). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Paraná, AR, UNER. 17 p. Consultado 15 may. 2015. Disponible en http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/U_T12_Estres.pdf
30. **Escoto, ND. 2011.** El cultivo del frijol (en línea). Ed. M Villeda. 2 ed. Tegucigalpa, HN, DICTA, SAG. 43 p. Consultado 1 abr. 2015. Disponible en <http://www.dicta.hn/files/Guia-cultivo-de-frijol-2011.pdf>
31. **Esparza, JH; Sánchez, V; Santamaría, E; Pedroza, A. 2000.** Caracterización y evaluación de calidad de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Revista Chapingo (Serie Zonas Áridas) 1(3): 71-79. Consultado 2 feb. 2016. Disponible en <http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MTU1Mg==>.
32. **Estrada, G. 2007.** La transformación genética y genómica del frijol. Biotecnología. 14 (3): 281-290.
33. **FAOESTAT (Datos Estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2012.** Datos de Producción del cultivo de frijol

(en línea). Roma, IT. Consultado 1 abr. 2014. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>

34. **FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, IT). 1996.** Manejo de malezas para países en desarrollo (en línea). Roma, IT. Consultado 28 abr. 2014. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/T1147S00.htm>
35. **FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura, IT). sf.** Manejo Agronómico (en línea). Roma, IT. Consultado 10 jul. 2014. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>
36. **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2005.** Efectos de los desastres en la agricultura (diapositivas) (en línea). Santo Domingo, DO. 27 diapositivas, muda, color. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://www.acqweather.com/FAO%20EFECTOS%20DE%20LOS%20DESASTRES.pdf>
37. **Fonseca, J; Vergara, N; Prada, V. 2014.** Compras institucionales de granos básicos a pequeños productores: el caso de compras para el progreso en El Salvador (en línea). San Salvador, SV. 59 p. Consultado 30 mar. 2015. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ivc/docs/El_Salvador_P4P_case_study.pdf
38. **Franco Herrera, N. 2011.** Saturación del mapa genético de una población intra-acervo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) empleando marcadores moleculares tipo ssr y sscp (en línea). Tesis Lic. Bio. Armenia, CO, Universidad del Quindío. 122 p. Consultado 9 ene. 2015. Disponible en http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2011_Saturacion%20del%20mapa%20genetico%20de%20una.pdf
39. **Freytag, GF; Debouck, DG. 2002.** Taxonomy, distribution, and ecology of the genus phaseolus (*Leguminosae-Papilionoideae*) in North América, México and Central América. Texas, US, BRIT. p. 6.

40. **García, EH; Peña, CB; Aguirre, JR; Muruaga, JR. 1997.** Morphological and Agronomic Traits of a Wild Population and an Improved Cultivar of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). *Annals of Botany* 79: 207-213. Consultado 1 may. 2015. Disponible en <http://aob.oxfordjournals.org/content/79/2/207.full.pdf>
41. **Gómez Posada, S. 2007.** Fitomejoramiento (en línea). Pereira, CO. Consultado 1 feb. 2015. Disponible en http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30162/Curso_de_Fitomejoramiento/protocolo.html
42. **González Toro, C. 2011.** El cambio climático: Impactos sobre la producción agrícola y las prácticas de adaptación (diapositivas) (en línea). Universidad de Puerto Rico, PR. 30 diapositivas, muda, color. Consultado 8 abr. 2015. Disponible en <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-880/cleccion4presenta.pdf>
43. **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.
44. **Guzmán, C. 2011.** FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.): Ficha de mercado estadísticas e indicadores (en línea). San Salvador, SV, MAG. 12 p. (Ficha de mercado no.3). Consultado 1 dic. 2015. Disponible en http://old.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=17:ficha-de-mercado-no-3-frijol-rojo&id=8:frutas.
45. **Hallman, G; García, J. 1985.** *Empoasca* spp. Como plaga del frijol (en línea). CEIBA 26(1):127-139. Consultado 21 feb. 2016. Disponible en <http://revistas.zamorano.edu/index.php/CEIBA/article/viewFile/23/23>
46. **Hernández Avendaño, LG; Barquero Narváez, El. 2003.** Evaluación de 16 variedades de frijol común negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en época de primera en la compañía, Carazo (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 52 p. Consultado 21 feb. 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30b267.pdf>

47. **Hernández Monterrosa, JV; Amaya Rivera, MA. 2013.** Caracterización Molecular y Morfológica de Accesiones de Germoplasma de Frijol Común de El Salvador (en línea). Tesis Lic. Ing. Agr. Honduras, Zamorano. 28 p. Consultado 10 mar. 2016. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1667/1/CPA-2013-029.pdf>
48. **Hernández, JC; Araya, R; Morales, A. 2001.** BRIBRI, nueva variedad de frijol rojo pequeño para costa rica (en línea). Agronomía Mesoamericana. 12(1): 15-23. Consultado 24 feb. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v12n01_015.pdf
49. **Hernández Fonseca, JC. 2009.** Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de Frijol (*phaseolusvulgaris L.*). San José, CR.79p.
50. **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; RösselKipping, 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>
51. **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2009.** Guía técnica para el cultivo de frijol: Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de frijol de los socios de ASOPROL (en línea). Boaco, NI, ASOPROL. p. 9. Consultado 1 ene. 2016. Disponible en <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
52. **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2008.** Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central (en línea). Ed. A Ferrufino. Managua, NI. p. 28. Consultado 5 ene. 2016. Disponible en

http://observatorioredsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/enfermedades_frijol.pdf

53. **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2011.** Catálogo de frijoles criollos rojo de seda de las Segovias: Caracterización molecular y morfo agronómica (en línea). Ed. A Ferrufino. Managua, NI. 113p. Consultado 1 mar. 2016. Disponible en <http://www.iica.int>, <http://www.iica.int.ni>, <http://www.redsicta.org>
54. **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2014.** Cadenas de valor de maíz blanco y frijol en Centro América: actores, problemas y acciones para su competitividad (en línea). Ed. R Rivera. San José, CR. 127 p. Consultado 27 mar. 2015. Disponible en <http://www.iica.int>, <http://www.observatorioredsicta.info>.
55. **IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 2010.** Guía de identificación y manejo integrado: Plagas de frijol en Centro América (en línea). Tegucigalpa, HN. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://www.fao.org/hn/images/doc/Plagas_Frijol.pdf
56. **INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2009.** Cultivo del frijol: Guía tecnológica para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) (en línea). 2 ed. Managua, NI. 32 p. (Tecnologías INTA). Consultado 12 abr. 2016. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20FRIJOL.pdf>
57. **INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2014.** Variedad Inta frijol norte (en línea). Managua, NI, INTA. 4 p. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en: <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/plegables/Brochure%20INTA%20Frijol%20Norte.pdf>
58. **ISCAH (Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana). 1991.** Sistemas de laboreo del Suelo: Sus efecto en el suelo y en los cultivos (en línea). La Habana, Cub. Consultado 06 de Ago. 2014. Disponible en http://www.academia.edu/2770273/Sistemas_de_laboreo_del_suelo

59. **Jara, C. 2015.** Consideraciones para la producción artesanal de semilla de frijol (diapositivas) (en línea). Cali, CO. 18 diapositivas, muda, color. Consultado 3 nov. 2015. Disponible en <http://www.aclimatecolombia.org/download/opcionestecnologicas/presentacion%20Frijol%20OK.pptx>.
60. **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* (en línea). Tesis Lic. Bio. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 136 p. Consultado 25 mar. 2015. Disponible en www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/MarisolJimenez.pdf
61. **Joya Jiménez, ER; Leiva Zamora, ZS. 2006.** Evaluación preliminar de 36 genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la época de postrera en Mancico, Somoto, 2004 (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 37 p. Consultado 1 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1995/1/tnf30j88.pdf>
62. **León, J. 2000.** Botánica de los cultivos tropicales (en línea). 3 ed. San José, CR. Editorial Agroamérica. p. 191. (Colección libros y materiales educativos/IICA no. 84). Consultado 1 mar. 2016. Disponible en <https://books.google.com/sv/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=PA191&lpg=PA191&dq=ramificacion+del+frijol&source=bl&ots=ebAMpYrSE&sig=JRMI1BgiqYI7GNmDb7NvNl0hAgA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwju6laOzPLLAhUCHB4KHxfOBSUQ6AEIGjAA#v=onepage&q=ramificacion%20del%20frijol&f=false>
63. **Lemus, Y; Méndez, JR; Cedeño, JR; Otahola, V. 2002.** Radio sensibilidad de dos genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* L.) a radiaciones gamma. UDO Agrícola. 2(1):22-28.
64. **López Colomba, E. 2011.** Inducción de variabilidad genética para tolerancia a estreses abióticos mediante técnicas de cultivo *in vitro* en *Cenchrus ciliaris* L. (en línea). Tesis. Mag. Sc. Andalucía, ES, Universidad Internacional de Andalucía. 119 p.

Consultado 17 dic. 2014. Disponible en http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/1681/0229_Lopez.pdf?sequence=1

65. **López Ramírez, CY; Guevara campos, LA; Alvarado Martínez, OA. 2014.** Evaluación de materiales criollos y mejorados de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), irradiados con rayos gamma en la búsqueda de tolerancia a la sequía, San Andrés, Municipio de Ciudad Arce, La Libertad. Tesis, Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 128p.
66. **López, M. 1985.** Frijol: Investigación y Producción (en línea). Ed. F Fernández. Cali, Colombia, CIAT. 25 p. Consultado 2 feb. 2016. Disponible en <http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php%3Ffile%3Dcompleto%26id%3DMTU1Mg%3D%3D+&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=sv>
67. **Lorenzo Felipe, I. 2010.** Cultivo *in vitro* y transformación genética por agroinfección de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) var. Flor de Mayo Anita (en línea). Tesis Mag. Sc. Biotecnología Agrícola. Chapingo, MX, Universidad Autónoma Chapingo. 83 p. Consultado 5 ene. 2015. Disponible en <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCA2010062507126878.pdf>
68. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV). 2008.** Guía técnica para el manejo de variedades de frijol: Programa de granos básico (en línea). La Libertad, SV, CENTA. 24 p. Consultado 13 feb. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
69. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV); ZAMORANO (Escuela Agrícola Panamericana, HN); PIF (Programa de Investigaciones en frijol, HN). 2015.** CENTA SSC: Variedad de frijol color rojo claro (en línea). Eds. MA Mejía; BN Menjivar. La Libertad, SV, CENTA. 8 p. Consultado 14 abr. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/BOLETIN%20FRIJOL%20CENTA%20SSC.pdf>

70. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV); ZAMORANO (Escuela Agrícola Panamericana, HN). 2008.** CENTA NAHUAT: Variedad de frijol rojo claro, resistente a enfermedades, alto potencial de rendimiento con adaptación a diferentes ambientes (en línea). La Libertad, SV, CENTA. 2 p. Consultado 24 abr. 2016. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Boletin%20CENTA%20Nahuat.pdf>
71. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV); ENAPM (Encuesta Nacional Agropecuaria de Propósitos Múltiples, SV). 2014.** Anuario de estadísticas agropecuarias (DEA): precios de mercado (en línea). Santa Tecla, SV. 95 p. Consultado 21 mar. 2015. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=14:anuarios-agropecuarios&Itemid=224
72. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2013.** Exportaciones Mensuales de granos básicos 2005-2014 (en línea). La Libertad, SV. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=38&Itemid=307
73. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2013.** Importaciones Mensuales de granos básicos 2005-2014 (en línea). La Libertad, SV. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=38&Itemid=307
74. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2013.** Retrospectiva de precios de granos básicos 2001-2014 (en línea). La Libertad, SV. Consultado 21 abr. 2014. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=2&Itemid=233

75. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 2009.** Zonas productoras de frijol y maíz. (en línea). La Libertad, SV. Consultado 12 jul. 2014. Disponible en http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=28&Itemid=297
76. **MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991.** Aspectos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica (en línea). San José, CR. Consultado 6 ago. 2014. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_frijol.pdf
77. **Martínez Castillo, B. 2014.** Regeneración por organogénesis directa y transformación genética del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante bombardeo de macropartículas (en línea). Tesis. Dr. Ciencias. Chapingo, MX, Universidad Autónoma Chapingo. 128 p. Consultado 1 abr. 2015. Disponible en <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2014041107126601.pdf>
78. **Miranda Colin, S. 1969.** Estudio sobre la herencia de tres caracteres de frijol (en línea). 4(1):115-122. Consultado 1 abr. 2016. Disponible en <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1924%E2%80%8E>
79. **Monserate Oyola, LA; Espinoza Delgado, HV. 2015.** Caracterización de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la mancha angular (*Pseudocercospora griseola*) (en línea). Tesis Ing. Agr. Honduras, El Zamorano. 36p. Consultado 25 nov. 2015. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4605/1/CPA-2015-058.pdf>
80. **Navarro, SF. 1983.** Marco de referencia del área. En: Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción. SARH-INIA-CIPAC-CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sin., México. 28 p.
81. **Novak, FJ; Brunner, H. 1992.** Fitotecnia: Tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos (en línea). Boletín del OIEA 4:25-33. Consultado 3 nov. 2014. Disponible en https://www.iaea.org/sites/default/files/34405682533_es.pdf

82. **Oporta Pichardo, ES; Rivas Caceres, AM. 2006.** Efecto de la densidad poblacional y la época e siembra en el rendimiento y la calidad de la semilla de una población de caupi rojo (*Vigna unguiculata* L.) en la finca El Plantel (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 31 p. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2006/1/tnf01o61.pdf>
83. **OXFAM. 2014.** De las palabras a los hechos: actuemos contra el cambio climático en Centro América (en línea). Eds. Landa, R; Olivera, B. s.l. OXFAM Centro América. 26 p. Consultado 20 abr. 2015. Disponible en https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/sequiaespanolnov2014.pdf.pdf
84. **Pabón Calderón, LA. 2011.** Inducción de mutaciones mediante radiaciones gamma de (*Passiflora edulis* Sim var. *edulis*). Tesis Mag. Sc. Bogotá, CO, Universidad Nacional de Colombia. 105 p.
85. **Pérez Cabrera, CA; Reyes Castillo CH. 2002.** Mejoramiento de frijol para rendimiento, tolerancia al calor, humedad limitada y enfermedades. La Libertad, SV, CENTA. 44p
86. **Peralta, E; Mazon, N; Murillo, A; Pinzon, J. 2012.** Línea del tiempo: mejoramiento genético del fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Ecuador (en línea). Pronaleg-Ga 416: 1-2. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Lineamiento%20del%20tiempo.%20Mejoramiento%20gen%C3%A9tico%20del%20fr%C3%A9jol%20com%C3%B9n%20%28Phaseolus%20vulgaris%20L.%29%20en%20Ecuador..pdf>
87. **PM (Proyecto Mesoamérica, SV). 2014.** Emergencia en Mesoamérica por sequía: Resumen de datos, indicadores y cifras oficiales sobre el impacto de la sequía en Mesoamérica (en línea). San Salvador, SV. 7 p. Consultado 5 abr. 2015. Disponible en <http://www.proyectomesoamerica.org/joomla/Boletin2014/Diagnostico%20sequia%20Mesoamerica%20V1.pdf>

88. **Rosas, JC; Castro, A; Beaver, JS; Pérez, CA; Morales, A; Lepiz, R. 2000.** Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 01-10. Consultado 19 feb. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n01_001.pdf
89. **Rosas, JC; Gallardo, O; Jiménez, J. 2003.** Mejoramiento genético del frijol común mediante enfoques participativos en Honduras (en línea). *Agronomía Mesoamericana*. 14(1): 01-09. Consultado el 26 ene. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_meso/v14n01_001.pdf
90. **Rodríguez, MR; Ramírez Vallejos, P; 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 14 Jun.2016. disponible en http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/61/6.pdf
91. **Ruiz Corral, JA; Medina García, G; González Acuña, IJ; Flores López, HE; Ramírez Ojeda, G; Ortiz Trejo, C; Byerly Murphy, KF; Martínez Parra, RA. 2013.** Requerimientos Agroecológicos de Cultivos (en línea). 2 Ed. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Jalisco, México. 564 p. Consultado 24 nov. 2015. Disponible en http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos%20Agroec%20de%20Cultivos%202da%20Edici%F3n.pdf
92. **SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2012.** México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático (en línea). México, DF. 439 p. Consultado 9 mar. 2015. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/37/Cambio%20Climatico.pdf>
93. **Salazar López, S, 1984.** Evaluación de mutaciones inducidas por radiación gamma (Co60) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (en línea). Tesis Lic. Ing. Agr.

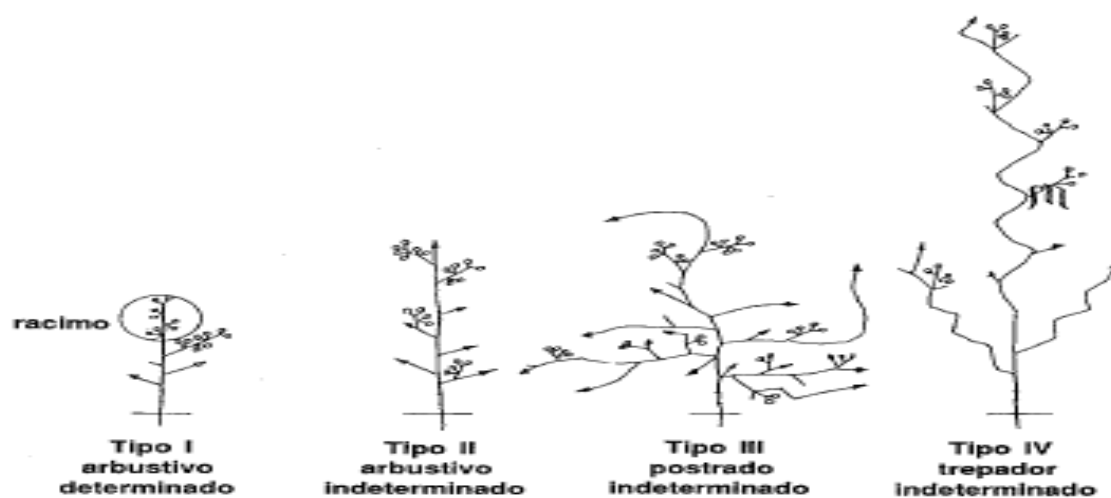
- Guatemala, Universidad de San Carlos. 110 p. Consultado 23 ene. 2016. Disponible en <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/>
94. **Salazar López, S. 1984.** Evaluación de mutaciones inducidas por radiación gamma (Co60) en dos variedades de *Phaseolus vulgaris L.* (en línea). Tesis Lic. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 110 p. Consultado 21 ene. 2016. Disponible en <http://www.biblioteca.usac.edu.gt/>
95. **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, Lic. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. Consultado 15 feb. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1021.pdf
96. **Sanford, J. 2006.** La transformación Biolística de Plantas (En ingles) (en línea). *Physiologia Plantarum* 79(1): 206-209. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en <http://translate.google.com/sv/translate?hl=es&sl=en&u=http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05888.x/pdf&prev=search>
97. **Solano, JO; Vásquez, RJ; Centella, A; Lapinel, BP. 2007.** Una aproximación al conocimiento de la sequia en Cuba y sus efectos en la producción agropecuaria (en línea). *Zonas Áridas* 11(1): 1-16. Consultado 27 mar. 2015. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za11/pdfs/ZA11%2000%20art06.pdf>
98. **Soriano, A. 1980.** Ecofisiología del stress en las plantas (en línea). Facultad de Agronomía 1(1): 1-12. Consultado 5 may. 2015. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29254/Documento_completo.pdf?sequence=1
99. **Suarez Crestelo, E. 2006.** Mejoramiento genético mediante inducción de mutaciones. Curso de capacitación en mejoramiento de arroz. nov. 2006:1-12
100. **Tzfira, T; Citovsky, V. 2000.** From host recognition to T-DNA integration: the function of bacterial and plant genes in the *Agrobacterium*-plant cell interaction (en

- línea). *Molecular Plant Pathology* 1(4): 201-212. Consultado 1 abr. 2015. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1364-3703.2000.00026.x/pdf>
101. **Ulloa, JA; Ulloa, PR; Ramírez, JC; Ulloa, BE. 2011.** El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos (en línea). *Revista Fuente* 3(8): 5-9. Consultado 2 abr. 2015. Disponible en <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
102. **Valiente, OM. 2001.** Sequia: Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación (en línea). *Investigaciones Geograficas* 26: 59-80. Consultado 8 abr. 2015. Disponible en <file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador/Mis%20documentos/Downloads/sequa--definiciones-tipologa-y-mtodos-de-cuantificacin-0.pdf>
103. **Valladares, CA. 2010.** Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano (en línea). La Ceiba, HN, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 28 p. Consultado 13 feb. 2016. Disponible en http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico_Franco/6toBot/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf
104. **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. 2004-2005 (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 51 p. Consultado 21 ene. 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30v182c.pdf>
105. **Vargas, JB. 2013.** Manual de manejo del cultivo de frijol en Bolivia (en línea). Santa Cruz de la Sierra, BO, Editorial Boltagro, Consultado 10 de Ago. 2014. Disponible en: <http://juborbar.bogspot.com/>
106. **Vidal Morales, JD. 2012.** Evaluación del potencial de rendimiento de seis genotipos de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos épocas de siembra, en el valle del río San José Chiquimula, Guatemala (en línea). Tesis Lic. Ing. Agr. Zacapa, GT,

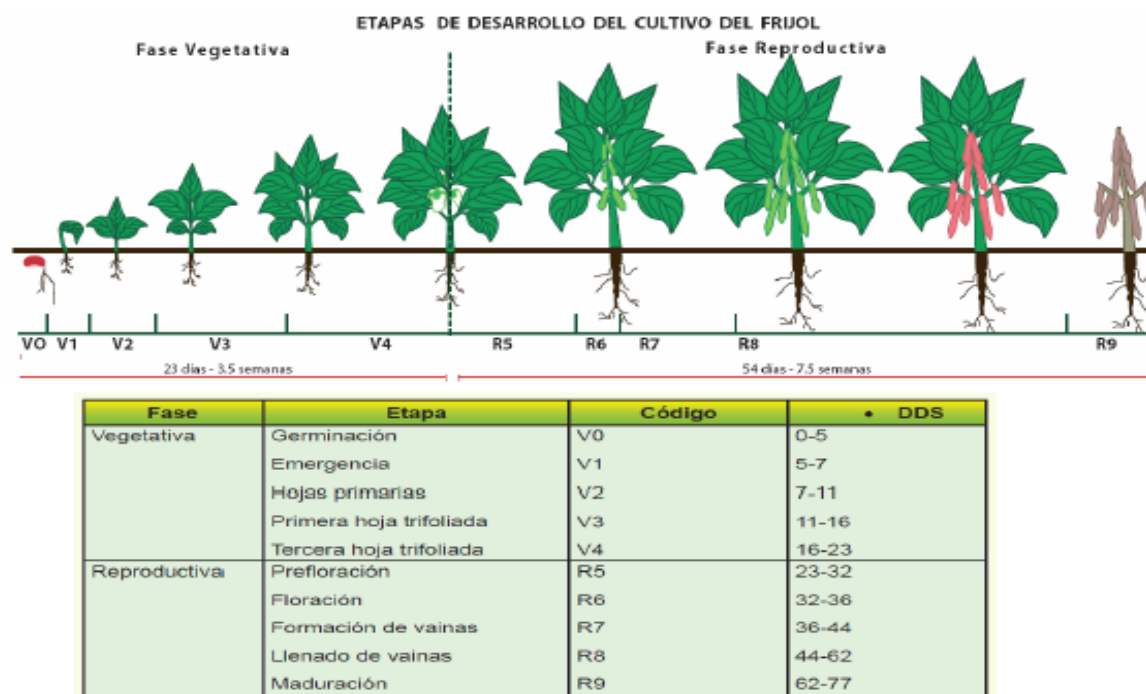
Universidad Rafael Landívar. 76 p. Consultado 2 ene. 2016. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/04/Vidal-Jorge.pdf>

107. **Voysest, O. 2000.** Mejoramiento genético del frijol *Phaseolus vulgaris L.*: Legado de variedades de América Latina 1930-1999 (en línea). Ed. CIAT. Cali, CO. 195 p. Consultado 20 oct. 2015. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=VzxXI2TL9YcC&printsec=frontcover&dq=mejoramiento+genetico+en+frijol+voysest+libro&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjQ-sWuzpHNAhVEbB4KHWZBAAtAQ6wEIGzAA#v=onepage&q&f=false>
108. **Weber, G; Monajembashi, S; Wolfrum, J; Greulich, K. 1990.** Genetic changes induced in higher plant cells by a laser microbeam (en línea). *Physiologia Plantarum* 79: 190-193. Consultado 14 mar. 2015. Disponible en http://www.readcube.com/articles/10.1111%2Fj.13993054.1990.tb05885.x?r3_refere=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=onlinelibrary.wiley.com&purchase_site_license=LICENSE_DENIED

8 ANEXOS

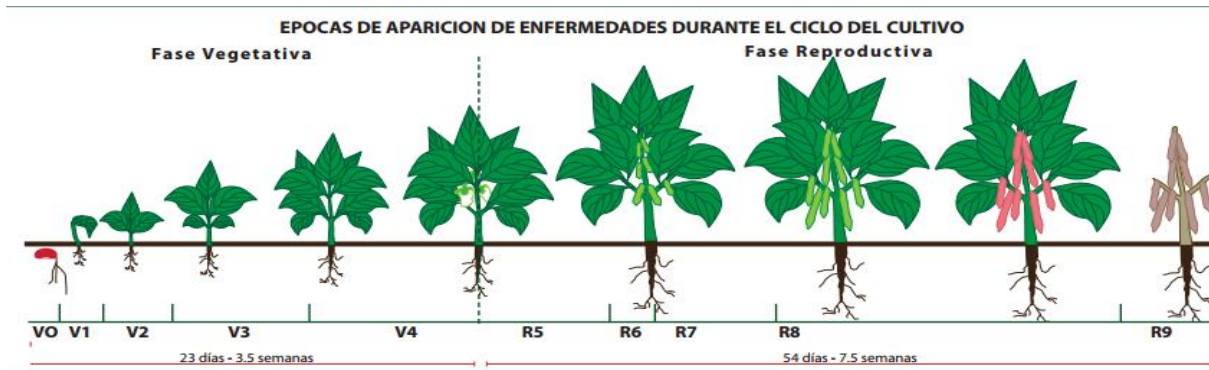


Anexo 1. Esquema de hábito de crecimiento de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



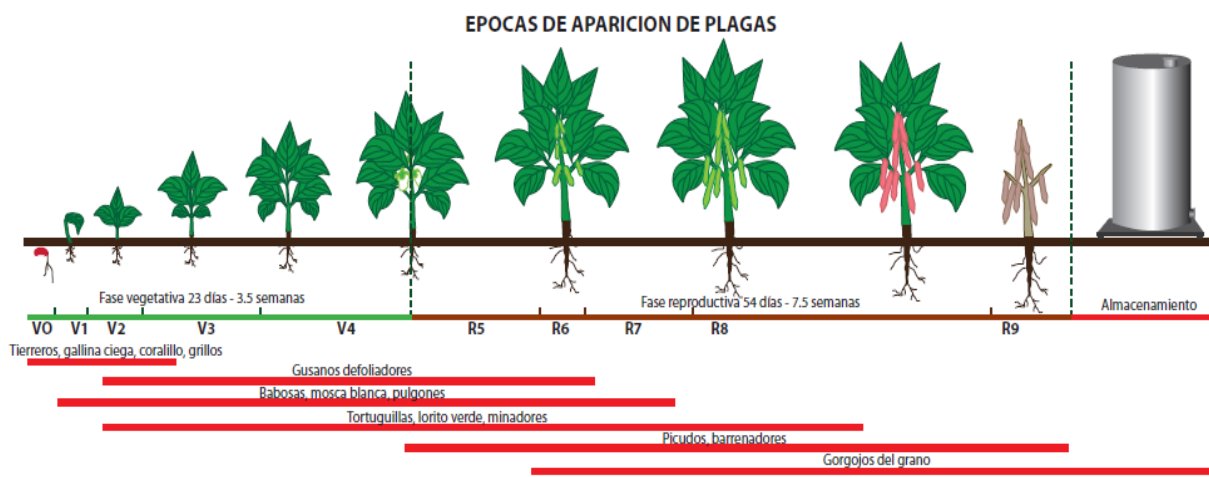
Fuente: IICA/ COSUDE, Proyecto RED SICTA, 2009.

Anexo 2. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



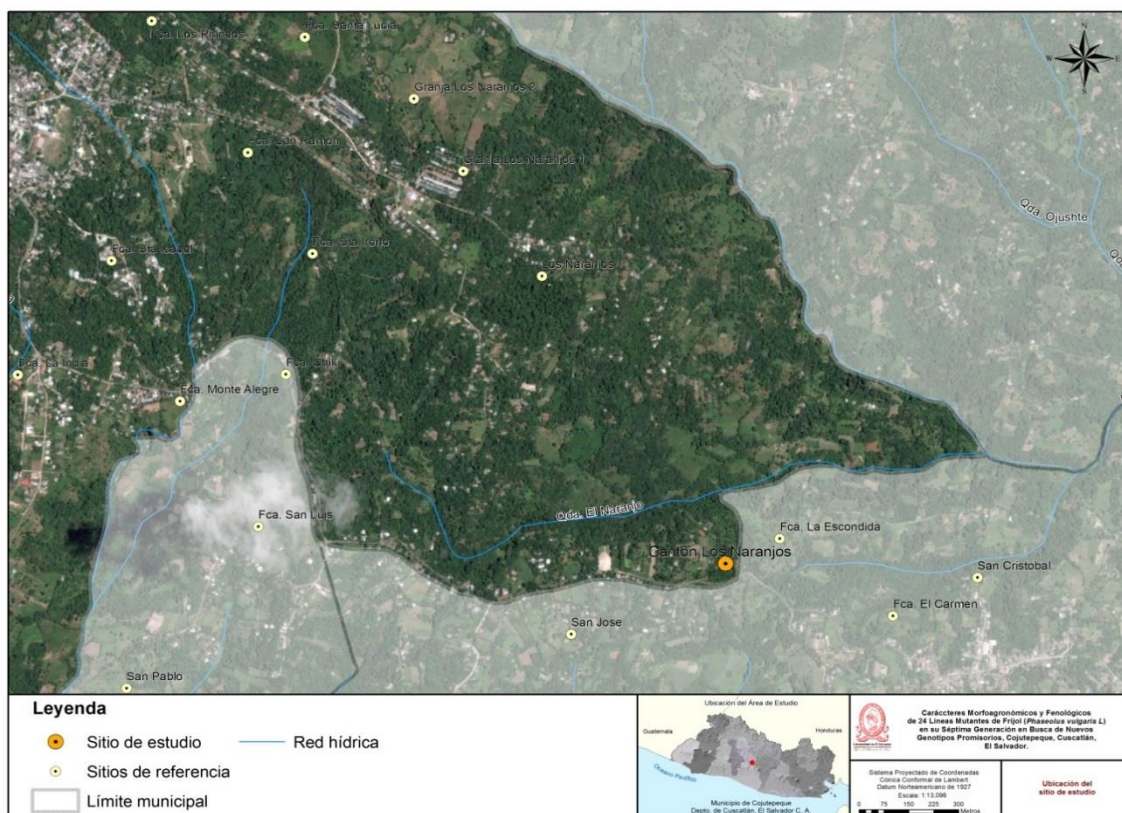
Fuente: IICA/Red SICTA/COSUDE. 2008

Anexo 3. Época de aparición de las principales enfermedades del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

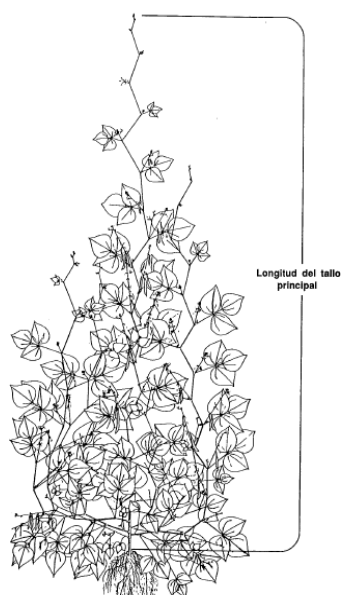


Fuente: IICA/ Cooperacion Suisa en America central/Red SICTA. 2010

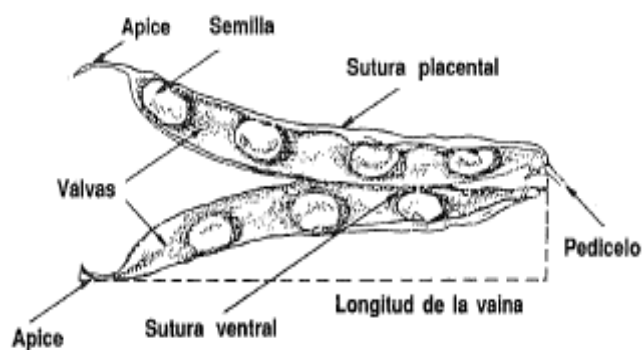
Anexo 4. Época de aparición de las principales plagas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



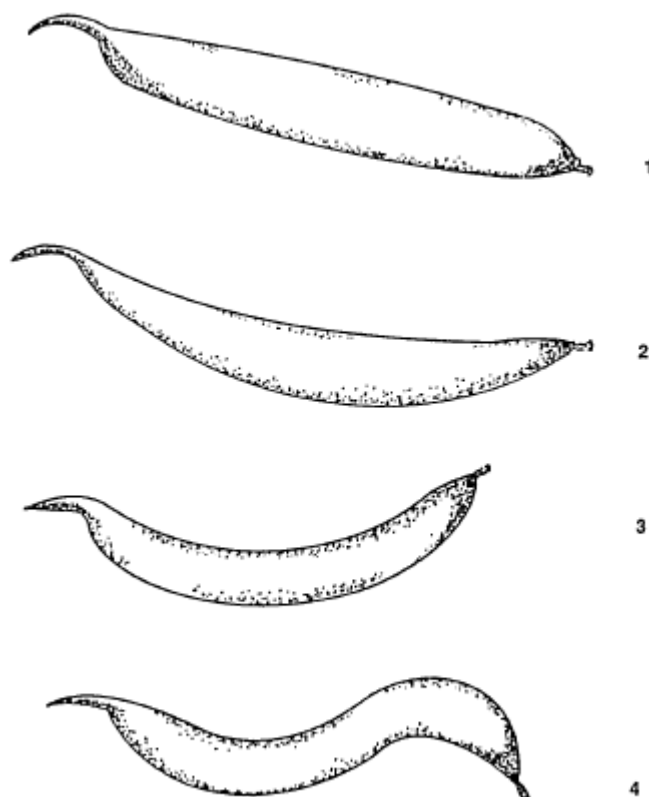
Anexo 5. Ubicación de la instalación del proyecto, cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



Anexo 6: Longitud del tallo principal de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



Anexo 7: Características de la vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



Anexo 8: Forma predominante del perfil de la vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

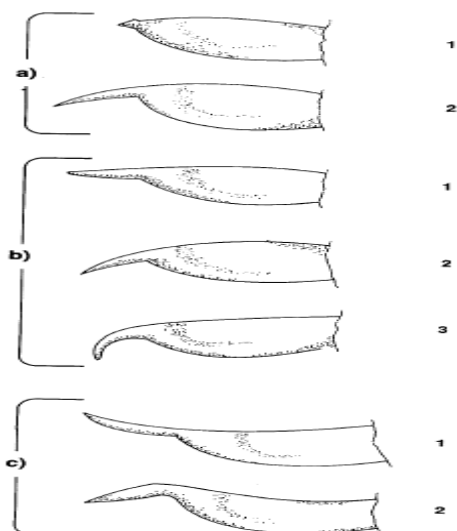


Fig. 1. Forma predominante del ápice de la vaina de frijol. a) Tipos: 1 = rombo; 2 = puntiagudo. b) Según el grado de curvatura: 1 = recto; 2 = medianamente curvo; 3 = curvado. c) Según la dirección que tiene la sutura placentar: 1 = normal; 2 = inverso.

Anexo 9: Tipo predominante, grado de curvatura y sutura placentar del apice de la vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Anexo 10. Grupo de color UPOV en referencia a la RHS, Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

N° de grupo UPOV	Descripción	N° de grupo UPOV	Descripción
1	Blanco	26	Púrpura amarronado
2	Verde claro	27	Púrpura
3	Verde medio	28	Violeta
4	Verde oscuro	29	Violeta oscuro
5	Verde amarillento	30	Violeta azulado claro
6	Verde grisáceo	31	Violeta azulado
7	Verde azulado claro	32	Azul violáceo claro
8	Verde azulado	33	Azul violáceo
9	Verde amarronado	34	Azul claro
10	Amarillo claro	35	Azul medio
11	amarillo	36	Azul oscuro
12	Naranja amarillento claro	37	Azul verdoso claro
13	Naranja amarillento	38	Azul verdoso
14	Naranja	39	Azul grisáceo
15	Rosa anaranjado	40	Marrón claro
16	Rosa rojizo claro	41	Marrón medio
17	Rosa rojizo	42	Marrón oscuro
18	Rosa azulado claro	43	Marrón amarillento claro
19	Rosa azulado	44	Marrón amarillento
20	Rojo anaranjado	45	Marrón anaranjado
21	Rojo	46	Marrón grisáceo
22	Rojo rosado oscuro	47	Marrón verdoso
23	Rojo púrpura	48	Gris
24	Rojo púrpura oscuro	49	Gris verdoso
25	Rojo amarronado	50	Negro

N° UPOV	N° RHS	Color
11	001A	Amarillo
5	001B	Verde amarillento
5	001C	Verde amarillento
5	001D	Verde amarillento
11	002A	Amarillo
11	002B	Amarillo
5	002C	Verde amarillento
5	002D	Verde amarillento
11	003A	Amarillo
11	003B	Amarillo
11	003C	Amarillo
5	003D	Verde amarillento
11	004A	Amarillo
11	004B	Amarillo
5	004C	Verde amarillento
10	004D	Amarillo claro
11	005A	Amarillo
11	005B	Amarillo
11	005C	Amarillo
10	005D	Amarillo claro
11	006A	Amarillo
11	006B	Amarillo
11	006C	Amarillo
10	006D	Amarillo claro
11	007A	Amarillo
11	007B	Amarillo
11	007C	Amarillo
11	007D	Amarillo
11	008A	Amarillo
10	008B	Amarillo claro
10	008C	Amarillo claro
10	008D	Amarillo claro
11	009A	Amarillo
11	009B	Amarillo
10	009C	Amarillo claro
10	009D	Amarillo claro
10	010A	Amarillo claro
10	010B	Amarillo claro
10	010C	Amarillo claro

N° UPOV	N° RHS	Color
10	010D	Amarillo claro
13	011A	Naranja amarillento
10	011B	Amarillo claro
10	011C	Amarillo claro
12	011D	Naranja amarillento claro
11	012A	Amarillo
11	012B	Amarillo
10	012C	Amarillo claro
10	012D	Amarillo claro
13	013A	Naranja amarillento
13	013B	Naranja amarillento
13	013C	Naranja amarillento
10	013D	Amarillo claro
13	014A	Naranja amarillento
13	014B	Naranja amarillento
13	014C	Naranja amarillento
10	014D	Amarillo claro
13	015A	Naranja amarillento
13	015B	Naranja amarillento
13	015C	Naranja amarillento
10	015D	Amarillo claro
13	016A	Naranja amarillento
13	016B	Naranja amarillento
13	016C	Naranja amarillento
10	016D	Amarillo claro
13	017A	Naranja amarillento
13	017B	Naranja amarillento
13	017C	Naranja amarillento
13	017D	Naranja amarillento
13	018A	Naranja amarillento
12	018B	Naranja amarillento claro
12	018C	Naranja amarillento claro
12	018D	Naranja amarillento claro
13	019A	Naranja amarillento
12	019B	Naranja amarillento claro
12	019C	Naranja amarillento claro
12	019D	Naranja amarillento claro
13	020A	Naranja amarillento
13	020B	Naranja amarillento

N° UPOV	N° RHS	Color
12	020C	Naranja amarillento claro
12	020D	Naranja amarillento claro
13	021A	Naranja amarillento
13	021B	Naranja amarillento
13	021C	Naranja amarillento
12	021D	Naranja amarillento claro
13	022A	Naranja amarillento
12	022B	Naranja amarillento claro
12	022C	Naranja amarillento claro
12	022D	Naranja amarillento claro
13	023A	Naranja amarillento
13	023B	Naranja amarillento
12	023C	Naranja amarillento claro
13	023D	Naranja amarillento claro
14	024A	Naranja
14	024B	Naranja
14	024C	Naranja
14	024D	Naranja
14	025A	Naranja
14	025B	Naranja
14	025C	Naranja
14	025D	Naranja
14	026A	Naranja
14	026B	Naranja
14	026C	Naranja
14	026D	Naranja
15	027A	Rosa anaranjado
15	027B	Rosa anaranjado
15	027C	Rosa anaranjado
15	027D	Rosa anaranjado
20	028A	Rojo anaranjado
14	028B	Naranja
14	028C	Naranja
14	028D	Naranja
14	029A	Naranja
14	029B	Naranja
15	029C	Rosa anaranjado
15	029D	Rosa anaranjado
20	030A	Rojo anaranjado
20	030B	Rojo anaranjado
20	030C	Rojo anaranjado
14	030D	Naranja
20	031A	Rojo anaranjado

N° UPOV	N° RHS	Color
45	031B	Marrón anaranjado
45	031C	Marrón anaranjado
20	031D	Rojo anaranjado
20	032A	Rojo anaranjado
20	032B	Rojo anaranjado
45	032C	Marrón anaranjado
15	032D	Rosa anaranjado
21	033A	Rojo
15	033B	Rojo anaranjado
45	033C	Marrón anaranjado
15	033D	Rosa anaranjado
21	034A	Rojo
45	034B	Marrón anaranjado
45	034C	Marrón anaranjado
45	034D	Marrón anaranjado
45	035A	Marrón anaranjado
20	035B	Rojo anaranjado
15	035C	Rosa anaranjado
16	035D	Rosa rojizo claro
16	036A	Rosa rojizo claro
16	036B	Rosa rojizo claro
16	036C	Rosa rojizo claro
16	036D	Rosa rojizo claro
16	037A	Rosa anaranjado
15	037B	Rosa anaranjado
16	037C	Rosa rojizo claro
16	037D	Rosa rojizo claro
16	038A	Rosa rojizo claro
16	038B	Rosa rojizo claro
16	038C	Rosa rojizo claro
16	038D	Rosa rojizo claro
15	039A	Rosa anaranjado
15	039B	Rosa anaranjado
16	039C	Rosa rojizo claro
16	039D	Rosa rojizo claro
21	040A	Rojo
21	040B	Rojo
15	040C	Rojo anaranjado
15	040D	Rojo anaranjado
21	041A	Rojo
15	041B	Rojo anaranjado
15	041C	Rojo anaranjado
15	041D	Rojo anaranjado

N° UPOV	N° RHS	Color	N° UPOV	N° RHS	Color
21	042A	Rojo	17	052D	Rosa rojizo
21	042B	Rojo	24	053A	Rojo púrpura oscuro
21	042C	Rojo	24	053B	Rojo púrpura oscuro
20	042D	Rojo anaranjado	22	053C	Rojo rosado oscuro
21	043A	Rojo	22	053D	Rojo rosado oscuro
21	043B	Rojo	23	054A	Rojo púrpura
17	043C	Rosa rojizo	23	054B	Rojo púrpura
17	043D	Rosa rojizo	23	054C	Rojo púrpura
21	044A	Rojo	18	054D	Rosa azulado claro
21	044B	Rojo	23	055A	Rojo púrpura
21	044C	Rojo	23	055B	Rojo púrpura
20	044D	Rojo anaranjado	18	055C	Rosa azulado claro
21	045A	Rojo	18	055D	Rosa azulado claro
21	045B	Rojo	18	056A	Rosa azulado claro
21	045C	Rojo	18	056B	Rosa azulado claro
22	045D	Rojo rosado oscuro	18	056C	Rosa azulado claro
24	046A	Rojo púrpura oscuro	18	056D	Rosa azulado claro
21	046B	Rojo	23	057A	Rojo púrpura
21	046C	Rojo	23	057B	Rojo púrpura
22	046D	Rojo rosado oscuro	23	057C	Rojo púrpura
21	047A	Rojo	23	057D	Rojo púrpura
21	047B	Rojo	27	058A	Púrpura
22	047C	Rojo rosado oscuro	23	058B	Rojo púrpura
17	047D	Rosa rojizo	23	058C	Rojo púrpura
22	048A	Rojo rosado oscuro	23	058D	Rojo púrpura
17	048B	Rosa rojizo	24	059A	Rojo púrpura oscuro
17	048C	Rosa rojizo	24	059B	Rojo púrpura oscuro
17	048D	Rosa rojizo	27	059C	Púrpura
17	049A	Rosa rojizo	23	059D	Rojo púrpura
16	049B	Rosa rojizo claro	24	060A	Rojo púrpura oscuro
16	049C	Rosa rojizo claro	24	060B	Rojo púrpura oscuro
16	049D	Rosa rojizo claro	27	060C	Púrpura
21	050A	Rojo	23	060D	Rojo púrpura
22	050B	Rojo rosado oscuro	27	061A	Púrpura
17	050C	Rosa rojizo	27	061B	Púrpura
16	050D	rosa rojizo claro	23	061C	Rojo púrpura
22	051A	Rojo rosado oscuro	23	061D	Rojo púrpura
22	051B	Rojo rosado oscuro	19	062A	Rosa azulado
17	051C	Rosa rojizo	18	062B	Rosa azulado claro
17	051D	Rosa rojizo	18	062C	Rosa azulado claro
22	052A	Rojo rosado oscuro	18	062D	Rosa azulado claro
17	052B	Rosa rojizo	23	063A	Rojo púrpura
17	052C	Rosa rojizo	19	063B	Rosa azulado

N° UPOV	N° RHS	Color
19	063C	Rosa azulado
18	063D	Rosa azulado claro
27	064A	Púrpura
27	064B	Púrpura
19	064C	Rosa azulado
19	064D	Rosa azulado
19	065A	Rosa azulado
18	065B	Rosa azulado claro
18	065C	Rosa azulado claro
18	065D	Rosa azulado claro
23	066A	Rojo púrpura
23	066B	Rojo púrpura
19	066C	Rosa azulado
19	066D	Rosa azulado
27	067A	Púrpura
19	067B	Rosa azulado
19	067C	Rosa azulado
19	067D	Rosa azulado
19	068A	Rosa azulado
19	068B	Rosa azulado
19	068C	Rosa azulado
18	068D	Rosa azulado claro
18	069A	Rosa azulado claro
18	069B	Rosa azulado claro
30	069C	Violeta azulado claro
30	069D	Violeta azulado claro
27	070A	Púrpura
27	070B	Púrpura
19	070C	Rosa azulado
18	070D	Rosa azulado claro
27	071A	Púrpura
27	071B	Púrpura
27	071C	Púrpura
19	071D	Rosa azulado
27	072A	Púrpura
27	072B	Púrpura
19	072C	Rosa azulado
19	072D	Rosa azulado
19	073A	Rosa azulado
19	073B	Rosa azulado
18	073C	Rosa azulado claro
18	073D	Rosa azulado claro
27	074A	Púrpura

N° UPOV	N° RHS	Color
27	074B	Púrpura
27	074C	Púrpura
19	074D	Rosa azulado
28	075A	Violeta
28	075B	Violeta
28	075C	Violeta
18	075D	Rosa azulado claro
30	076A	Violeta azulado claro
30	076B	Violeta azulado claro
30	076C	Violeta azulado claro
30	076D	Violeta azulado claro
28	077A	Violeta
28	077B	Violeta
28	077C	Violeta
28	077D	Violeta
28	077A	Violeta
28	078B	Violeta
28	078C	Violeta
28	078D	Violeta
29	079A	Violeta oscuro
29	079B	Violeta oscuro
29	079C	Violeta oscuro
29	079D	Violeta oscuro
28	080A	Violeta
28	080B	Violeta
28	080C	Violeta
28	080D	Violeta
28	081A	Violeta
28	081B	Violeta
28	081C	Violeta
28	081D	Violeta
28	082A	Violeta
28	082B	Violeta
28	082C	Violeta
28	082D	Violeta
29	083A	Violeta oscuro
29	083B	Violeta oscuro
31	083C	Violeta azulado
31	083D	Violeta azulado
28	084A	Violeta
28	084B	Violeta
30	084C	Violeta azulado claro
30	084D	Violeta azulado claro

N° UPOV		Color
30	085A	Violeta azulado claro
30	085B	Violeta azulado claro
30	085C	Violeta azulado claro
30	085D	Violeta azulado claro
29	086A	Violeta oscuro
31	086B	Violeta azulado
31	086C	Violeta azulado
31	086D	Violeta azulado
28	087A	Violeta
28	087B	Violeta
28	087C	Violeta
28	087D	Violeta
31	088A	Violeta azulado
31	088B	Violeta azulado
31	088C	Violeta azulado
28	088D	Violeta
33	089A	Azul violáceo
33	089B	Azul violáceo
33	089C	Azul violáceo
33	089D	Azul violáceo
31	090A	Violeta azulado
31	090B	Violeta azulado
31	090C	Violeta azulado
31	090D	Violeta azulado
33	091A	Azul violáceo
32	091B	Azul violáceo claro
32	091C	Azul violáceo claro
32	091D	Azul violáceo claro
33	092A	Azul violáceo
32	092B	Azul violáceo claro
32	092C	Azul violáceo claro
32	092D	Azul violáceo claro
33	093A	Azul violáceo
33	093B	Azul violáceo
33	093C	Azul violáceo
32	093D	Azul violáceo claro
33	094A	Azul violáceo
33	094B	Azul violáceo
33	094C	Azul violáceo
32	094D	Azul violáceo claro
33	095A	Azul violáceo
33	095B	Azul violáceo
33	095C	Azul violáceo

N° UPOV	N° RHS	Color
32	095D	Azul violáceo claro
33	096A	Azul violáceo
33	096B	Azul violáceo
33	096C	Azul violáceo
33	096D	Azul violáceo
33	097A	Azul violáceo
32	097B	Azul violáceo claro
32	097C	Azul violáceo claro
32	097D	Azul violáceo claro
35	097A	Azul medio
35	098B	Azul medio
35	098C	Azul medio
35	098D	Azul medio
36	099A	Azul oscuro
36	099B	Azul oscuro
35	099C	Azul medio
35	099D	Azul medio
35	100A	Azul medio
35	100B	Azul medio
35	100C	Azul medio
32	100D	Azul violáceo claro
35	101A	Azul medio
35	101B	Azul medio
35	101C	Azul medio
34	101D	Azul claro
36	102A	Azul oscuro
35	102B	Azul medio
35	102C	Azul medio
35	102D	Azul medio
36	103A	Azul oscuro
36	103B	Azul oscuro
36	103C	Azul oscuro
35	103D	Azul medio
35	104A	Azul medio
35	104B	Azul medio
35	104C	Azul medio
34	104D	Azul claro
35	105A	Azul medio
35	105B	Azul medio
35	105C	Azul medio
35	105D	Azul medio
35	106A	Azul medio
34	106B	Azul claro

N° UPOV	N° RHS	Color
34	106C	Azul claro
34	106D	Azul claro
35	107A	Azul medio
35	107B	Azul medio
34	107C	Azul claro
34	107D	Azul claro
34	108A	Azul claro
34	108B	Azul claro
34	108C	Azul claro
34	108D	Azul claro
35	109A	Azul medio
35	109B	Azul medio
35	109C	Azul medio
34	109D	Azul claro
35	110A	Azul medio
35	110B	Azul medio
37	110C	Azul verdoso claro
37	110D	Azul verdoso claro
38	111A	Azul verdoso
38	111B	Azul verdoso
37	111C	Azul verdoso claro
37	111D	Azul verdoso claro
34	112A	Azul claro
34	112B	Azul claro
37	112C	Azul verdoso claro
37	112D	Azul verdoso claro
38	113A	Azul verdoso
38	113B	Azul verdoso
37	113C	Azul verdoso claro
37	113D	Azul verdoso claro
38	114A	Azul verdoso
38	114B	Azul verdoso
38	114C	Azul verdoso
38	114D	Azul verdoso
38	115A	Azul verdoso
38	115B	Azul verdoso
39	115C	Azul grisáceo
39	115D	Azul verdoso
38	116A	Azul verdoso
38	116B	Azul verdoso
38	116C	Azul verdoso
38	116D	Azul verdoso
37	117A	Azul verdoso claro

N° UPOV	N° RHS	Color
37	117B	Azul verdoso claro
37	117C	Azul verdoso claro
37	117D	Azul verdoso claro
38	118A	Azul verdoso
38	118B	Azul verdoso
37	118C	Azul verdoso claro
37	118D	Azul verdoso claro
38	119A	Azul verdoso
39	119B	Azul grisáceo
39	119C	Azul grisáceo
37	119D	Azul verdoso claro
7	120A	Verde azulado claro
7	120B	Verde azulado claro
7	120C	Verde azulado claro
37	120D	Azul verdoso claro
38	121A	Azul verdoso
7	121B	Verde azulado claro
37	121C	Azul verdoso claro
37	121D	Azul verdoso claro
39	122A	Azul grisáceo
39	122B	Azul grisáceo
39	122C	Azul grisáceo
37	122D	Azul verdoso claro
7	123A	Verde azulado claro
7	123B	Verde azulado claro
7	123C	Verde azulado claro
7	123D	Verde azulado claro
3	124A	Verde medio
8	124B	Verde azulado
7	124C	Verde azulado claro
7	124D	Verde azulado claro
3	125A	Verde medio
3	125B	Verde medio
8	125C	Verde azulado
8	125D	Verde azulado
6	126A	Verde grisáceo
6	126B	Verde grisáceo
6	126C	Verde grisáceo
8	126D	Verde azulado
6	127A	Verde grisáceo
3	127B	Verde medio
3	127C	Verde medio
8	127D	Verde azulado

N° UPOV	N° RHS	Color
3	128A	Verde medio
8	128B	Verde azulado
8	128C	Verde azulado
8	128D	Verde azulado
3	129A	Verde medio
8	129B	Verde azulado
8	129C	Verde azulado
8	129D	Verde azulado
3	130A	Verde medio
3	130B	Verde medio
8	130C	Verde azulado
8	130D	Verde azulado
4	131A	Verde oscuro
4	131B	Verde oscuro
4	131C	Verde oscuro
3	131D	Verde medio
4	132A	Verde oscuro
4	132B	Verde oscuro
3	132C	Verde medio
3	132D	Verde medio
4	133A	Verde oscuro
6	133B	Verde grisáceo
6	133C	Verde grisáceo
6	133D	Verde grisáceo
3	134A	Verde medio
3	134B	Verde medio
3	134C	Verde medio
2	134D	Verde claro
4	135A	Verde oscuro
4	135B	Verde oscuro
3	135C	Verde medio
2	135D	Verde claro
4	136A	Verde oscuro
4	136B	Verde oscuro
9	136C	Verde amarronado
2	136D	Verde claro
9	137A	Verde amarronado
9	137B	Verde amarronado
9	137C	Verde amarronado
9	138D	Verde amarronado
9	138A	Verde amarronado
9	138B	Verde amarronado
2	138C	Verde claro

N° UPOV	N° RHS	Color
2	138D	Verde claro
4	139A	Verde oscuro
9	139B	Verde amarronado
9	139C	Verde amarronado
2	139D	Verde claro
3	140A	Verde medio
3	140B	Verde medio
2	140C	Verde claro
2	140D	Verde claro
4	141A	Verde oscuro
4	141B	Verde oscuro
4	141C	Verde oscuro
2	141D	Verde claro
3	142A	Verde medio
2	142B	Verde claro
2	142C	Verde claro
2	142D	Verde claro
4	143A	Verde oscuro
4	143B	Verde oscuro
4	143C	Verde oscuro
2	143D	Verde claro
4	144A	Verde oscuro
2	144B	Verde claro
2	144C	Verde claro
2	144D	Verde claro
2	145A	Verde claro
2	145B	Verde claro
2	145C	Verde claro
2	145D	Verde claro
9	146A	Verde amarronado
9	146B	Verde amarronado
9	146C	Verde amarronado
9	146D	Verde amarronado
9	147A	Verde amarronado
9	147B	Verde amarronado
9	147C	Verde amarronado
9	147D	Verde amarronado
9	148A	Verde amarronado
9	148B	Verde amarronado
9	148C	Verde amarronado
9	148D	Verde amarronado
5	149A	Verde amarillento
2	149B	Verde claro

N° UPOV	N° RHS	Color
2	149C	Verde claro
2	149D	Verde claro
5	150A	Verde amarillento
5	150B	Verde amarillento
5	150C	Verde amarillento
5	150D	Verde amarillento
47	151A	Marrón verdoso
47	151B	Marrón verdoso
47	151C	Marrón verdoso
47	151D	Marrón verdoso
47	152A	Marrón verdoso
47	152B	Marrón verdoso
47	152C	Marrón verdoso
47	152D	Marrón verdoso
47	153A	Marrón verdoso
47	153B	Marrón verdoso
47	153C	Marrón verdoso
47	153D	Marrón verdoso
5	154A	Verde amarillento
5	154B	Verde amarillento
5	154C	Verde amarillento
5	154D	Verde amarillento
1	155A	Blanco
1	155B	Blanco
1	155C	Blanco
1	155D	Blanco
48	156A	Gris
48	156B	Gris
48	156C	Gris
48	156D	Gris
48	157A	Gris
48	157B	Gris
48	157C	Gris
1	157D	Blanco
43	158A	Marrón amarillento claro
43	158B	Marrón amarillento claro
43	158C	Marrón amarillento claro
43	158D	Marrón amarillento claro
43	159A	Marrón amarillento claro
43	159B	Marrón amarillento claro
43	159C	Marrón amarillento claro
43	159D	Marrón amarillento claro
43	160A	Marrón amarillento claro

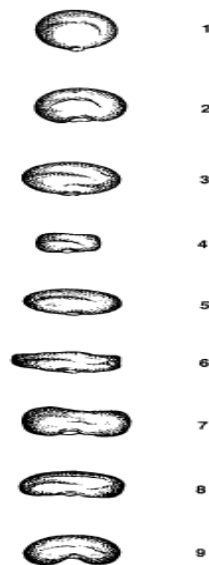
N° UPOV	N° RHS	Color
43	160B	Marrón amarillento claro
43	160C	Marrón amarillento claro
43	160D	Marrón amarillento claro
43	161A	Marrón amarillento claro
43	161B	Marrón amarillento claro
43	161C	Marrón amarillento claro
43	161D	Marrón amarillento claro
43	162A	Marrón amarillento claro
43	162B	Marrón amarillento claro
43	162C	Marrón amarillento claro
43	162D	Marrón amarillento claro
43	163A	Marrón amarillento claro
43	163B	Marrón amarillento claro
43	163C	Marrón amarillento claro
43	163D	Marrón amarillento claro
44	164A	Marrón amarillento
44	164B	Marrón amarillento
44	164C	Marrón amarillento
43	164D	Marrón amarillento claro
41	165A	Marrón medio
44	165B	Marrón amarillento
44	165C	Marrón amarillento
43	165D	Marrón amarillento claro
41	166A	Marrón medio
41	166B	Marrón medio
40	166C	Marrón claro
40	166D	Marrón claro
44	167A	Marrón amarillento
44	167B	Marrón amarillento
44	167C	Marrón amarillento
44	167D	Marrón amarillento
45	168A	Marrón anaranjado
45	168B	Marrón anaranjado
44	168C	Marrón amarillento
44	168D	Marrón amarillento
45	169A	Marrón anaranjado
45	169B	Marrón anaranjado
45	169C	Marrón anaranjado
45	169D	Marrón anaranjado
45	170A	Marrón anaranjado
45	170B	Marrón anaranjado
45	170C	Marrón anaranjado
45	170D	Marrón anaranjado

N° UPOV	N° RHS	Color
41	171A	Marrón medio
45	171B	Marrón anaranjado
45	171C	Marrón anaranjado
45	171D	Marrón anaranjado
41	172A	Marrón medio
41	172B	Marrón medio
45	172C	Marrón anaranjado
45	172D	Marrón anaranjado
41	173A	Marrón medio
45	173B	Marrón anaranjado
40	173C	Marrón claro
40	173D	Marrón claro
41	174A	Marrón medio
40	174B	Marrón claro
40	174C	Marrón claro
40	174D	Marrón claro
41	175A	Marrón medio
41	175B	Marrón medio
41	175C	Marrón medio
41	175D	Marrón medio
41	176A	Marrón medio
41	176B	Marrón medio
41	176C	Marrón medio
40	176D	Marrón claro
41	177A	Marrón medio
41	177B	Marrón medio
40	177C	Marrón claro
40	177D	Marrón claro
26	178A	Púrpura amarronado
26	178B	Púrpura amarronado
25	178C	Rojo amarronado
25	178D	Rojo amarronado
25	179A	Rojo amarronado
25	179B	Rojo amarronado
45	179C	Marrón anaranjado
15	179D	Rosa anaranjado
25	180A	Rojo amarronado
25	180B	Rojo amarronado
25	180C	Rojo amarronado
25	180D	Rojo amarronado
25	181A	Rojo amarronado
25	181B	Rojo amarronado
25	181C	Rojo amarronado

N° UPOV	N° RHS	Color
25	181D	Rojo amarronado
25	182A	Rojo amarronado
25	182B	Rojo amarronado
25	182C	Rojo amarronado
25	182D	Rojo amarronado
26	183A	Púrpura amarronado
26	183B	Púrpura amarronado
26	183C	Púrpura amarronado
26	183D	Púrpura amarronado
26	184A	Púrpura amarronado
26	184B	Púrpura amarronado
26	184C	Púrpura amarronado
26	184D	Púrpura amarronado
24	185A	Rojo púrpura oscuro
26	185B	Púrpura amarronado
26	185C	Púrpura amarronado
26	185D	Púrpura amarronado
26	186A	Púrpura amarronado
26	186B	Púrpura amarronado
19	186C	Rosa azulado
19	186D	Rosa azulado
26	187A	Púrpura amarronado
24	187B	Rojo púrpura oscuro
24	187C	Rojo púrpura oscuro
24	187D	Rojo púrpura oscuro
49	188A	Gris verdoso
49	188B	Gris verdoso
49	188C	Gris verdoso
49	188D	Gris verdoso
9	189A	Verde amarronado
49	189B	Gris verdoso
49	189C	Gris verdoso
49	189D	Gris verdoso
49	190A	Gris verdoso
49	190B	Gris verdoso
49	190C	Gris verdoso
49	190D	Gris verdoso
9	191A	Verde amarronado
9	191B	Verde amarronado
49	191C	Gris verdoso
49	191D	Gris verdoso
49	192A	Gris verdoso
49	192B	Gris verdoso

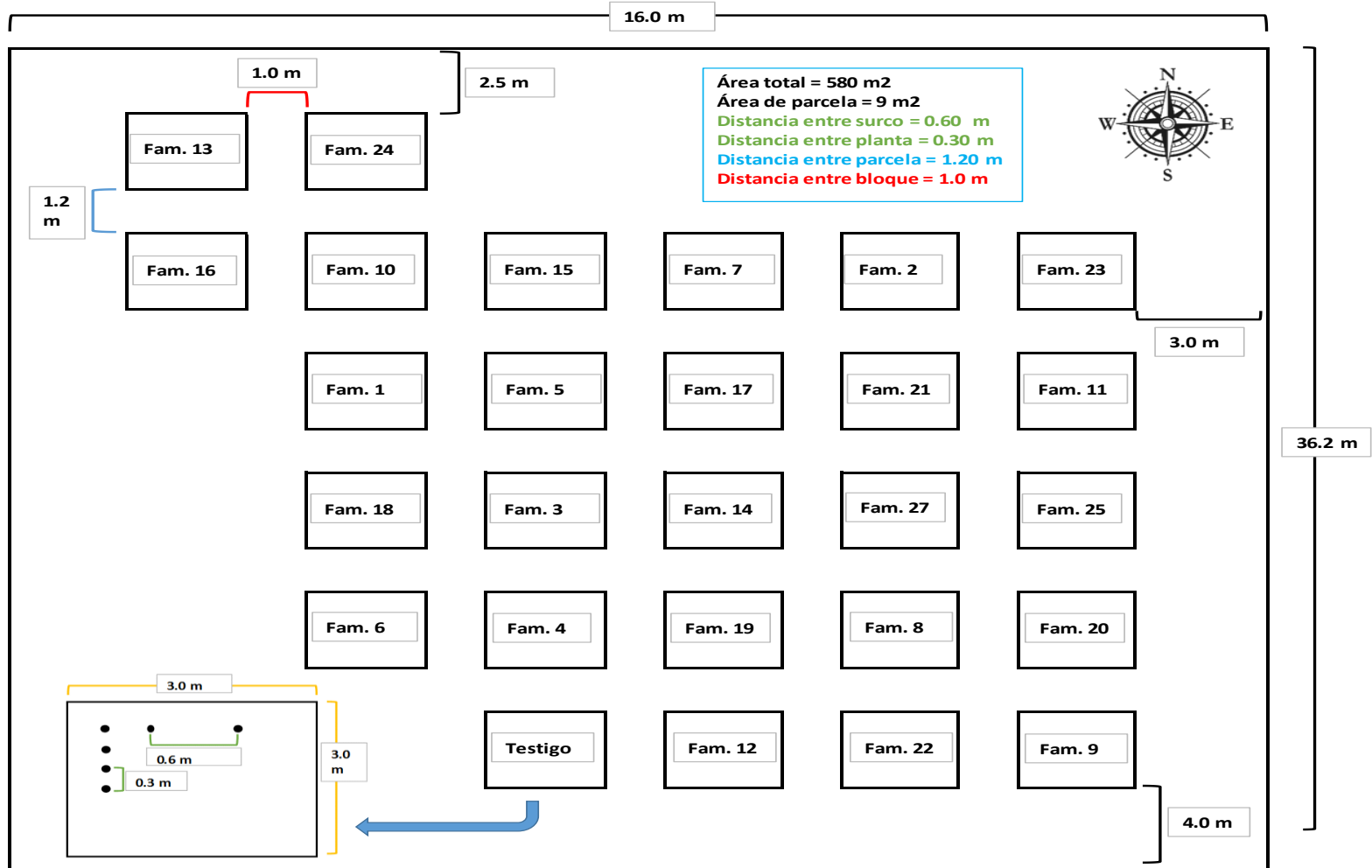
N° UPOV	N° RHS	Color
49	192C	Gris verdoso
49	192D	Gris verdoso
9	193A	Verde amarronado
9	193B	Verde amarronado
49	193C	Gris verdoso
49	193D	Gris verdoso
9	194A	Verde amarronado
9	194B	Verde amarronado
9	194C	Verde amarronado
48	194D	Gris
48	195A	Gris
48	195B	Gris
48	195C	Gris
48	195D	Gris
48	196A	Gris
48	196B	Gris
48	196C	Gris
48	196D	Gris
48	197A	Gris
48	197B	Gris
48	197C	Gris
48	197D	Gris
48	198A	Gris

N° UPOV	N° RHS	Color
48	198B	Gris
48	198C	Gris
48	198D	Gris
46	199A	Marrón grisáceo
46	199B	Marrón grisáceo
46	199C	Marrón grisáceo
46	199D	Marrón grisáceo
42	200A	Marrón oscuro
42	200B	Marrón oscuro
42	200C	Marrón oscuro
41	200D	Marrón medio
48	201A	Gris
48	201B	Gris
48	201C	Gris
48	201D	Gris
50	202A	Negro
48	202B	Gris
48	202C	Gris
48	202D	Gris
50	203A	Negro
50	203B	Negro
50	203C	Negro
50	203D	Negro

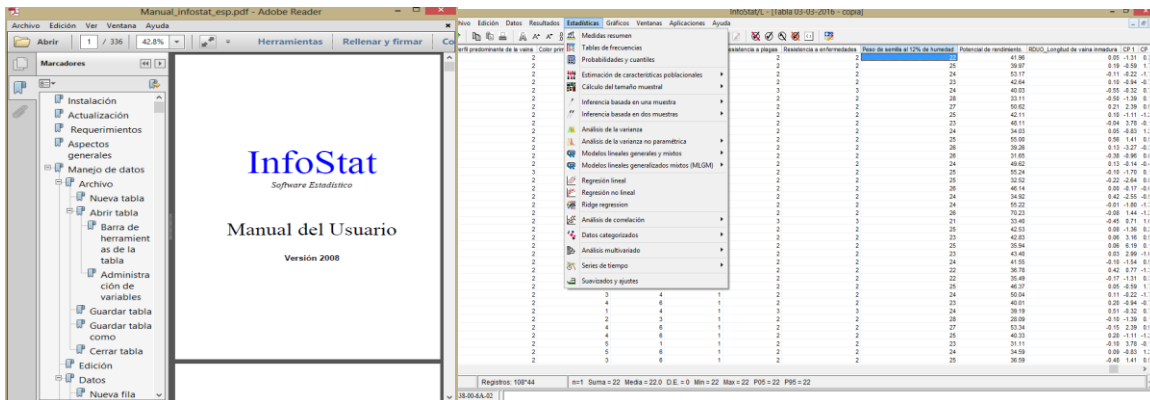


14. Formas que presenta la semilla de frijol: 1 = redonda; 2 = ovoide; 3 elíptica; 4 = pequeña, casi cuadrada; 5 = alargada, ovoide; 6 = alargada, ovoide en un extremo e inclinada en el otro; 7 = alargada, casi cuadrada; 8 = arrifionada, recta en el lado del hilo; 9 = arrifionada, curva en el lado opuesto al hilo.

Anexo 11. Forma predominante de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015



Anexo 12. Distribución de los tratamientos en campo y especificaciones de los tratamientos cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.



Anexo 13. Procedimiento para análisis de multivariado, análisis de correspondencia simple. En el programa Infostat, Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Anexo 14. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, de componentes principales de las etapas fenológicas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los Naranjos. UES-FF.CC.AA. Tesis 2015.

Autovectores		
Variables	e1	e2
Prefloración	0,30	-0,59
Floración	0,49	0,35
Fructificación	0,37	0,65
Madurez fisiológica	0,54	-0,26
Cosecha	0,50	-0,20
Correlacion cofenetica=0.879		

Anexo 15. Análisis de varianza para la variable prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo	75.13	29	2.59	6.03	<0.0001
Bloques	75.13	29	2.59	6.03	<0.0001
Tratamientos	74.17	26	2.85	6.63	<0.0001
Error	33.54	78	0.43		
Total	108.67	107	108.67		

Anexo 16. Prueba estadística de la de la variable prefloración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificación										
				A	B	C	D	E	F	G	H	I		
T13	28.75	4	0.33	A										
T26	28.50	4	0.33	A	B									
T18	28.50	4	0.33	A	B									
T22	28.50	4	0.33	A	B									
T3	28.50	4	0.33	A	B									
T6	28.50	4	0.33	A	B									
T24	28.25	4	0.33	A	B									
T12	28.25	4	0.33	A	B	C								
T27	28.00	4	0.33	A	B	C								
T25	28.00	4	0.33	A	B	C	D							
T4	28.00	4	0.33	A	B	C	D							
T5	27.75	4	0.33		B	C	D							
T7	27.75	4	0.33		B	C	D	E						
T15	27.75	4	0.33		B	C	D	E						
T2	27.50	4	0.33		B	C	D	E						
T1	27.50	4	0.33			C	D	E	F					
T19	27.50	4	0.33			C	D	E	F					
T8	27.25	4	0.33				D	E	F	G				
T10	27.00	4	0.33					E	F	G	H			
T16	27.00	4	0.33					E	F	G	H			
T23	27.00	4	0.33					E	F	G	H			
T14	26.75	4	0.33						F	G	H			
T11	26.50	4	0.33							G	H			
T20	26.50	4	0.33							G	H			
T21	26.50	4	0.33							G	H			
T17	26.25	4	0.33								H	I		
T9	25.50	4	0.33										I	

Anexo 17. Análisis de varianza para la variable floración d del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	226.27	29	7.80	100.50	<0.0001
Bloques	44.69	3	14.90	191.90	<0.0001
Tratamientos	181.57	26	6.98	89.95	<0.0001
Error	6.06	78	0.08		
Total	232.32	107			

Anexo 18. Prueba estadística de la de la variable floración del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificacion						
T16	41.75	4	0.14	A						
T18	41.75	4	0.14	A						
T6	41.75	4	0.14	A						
T21	41.00	4	0.14		B					
T15	41.00	4	0.14		B					
T14	41.00	4	0.14		B					
T12	41.00	4	0.14		B					
T8	40.50	4	0.14			C				
T1	40.25	4	0.14			C	D			
T10	40.00	4	0.14				D	E		
T3	40.00	4	0.14				D	E		
T26	40.00	4	0.14				D	E		
T4	40.00	4	0.14				D	E		
T19	40.00	4	0.14				D	E		
T13	40.00	4	0.14				D	E		
T2	39.75	4	0.14					E	F	
T17	39.00	4	0.14						F	
T27	39.00	4	0.14						F	
T5	39.00	4	0.14							G
T9	38.00	4	0.14							G
T7	38.00	4	0.14							G
T22	38.00	4	0.14							G
T20	38.00	4	0.14							G
T11	38.00	4	0.14							G
T25	38.00	4	0.14							G
T24	38.00	4	0.14							G
T23	38.00	4	0.14							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 19. Análisis de varianza para la variable fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	394.13	29	13.59	1.60	<0.0001
Bloques	25.00	3	8.33	0.98	<0.0001
Tratamientos	369.13	26	14.20	1.67	<0.0001
Error	662.50	78	8.49		
Total	1056.63	107			

Anexo 20. Prueba estadística de la de la variable fructificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificacion		
T16	55.00	4	1.46	A		
T12	55.00	4	1.46	A		
T6	55.00	4	1.46	A		
T23	54.50	4	1.46	A	B	
T18	54.00	4	1.46	A	B	
T19	54.00	4	1.46	A	B	
T21	54.00	4	1.46	A	B	
T24	53.50	4	1.46	A	B	
T3	53.50	4	1.46	A	B	
T4	53.50	4	1.46	A	B	
T15	53.50	4	1.46	A	B	
T14	53.50	4	1.46	A	B	
T27	53.00	4	1.46	A	B	
T17	53.00	4	1.46	A	B	
T20	53.00	4	1.46	A	B	
T13	53.00	4	1.46	A	B	
T26	52.50	4	1.46	A	B	
T8	52.00	4	1.46	A	B	
T22	52.00	4	1.46	A	B	
T10	52.00	4	1.46	A	B	
T1	51.75	4	1.46	A	B	
T7	51.00	4	1.46	A	B	
T11	51.00	4	1.46	A	B	
T9	51.00	4	1.46	A	B	
T2	50.75	4	1.46		B	
T5	50.50	4	1.46		B	
T25	46.00	4	1.46			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 21. Análisis de varianza para la variable madurez fisiologica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	465.51	29	16.05	301.84	<0.0001
Bloques	56.10	3	18.70	351.64	<0.0001
Tratamientos	409.41	26	15.75	296.09	<0.0001
Error	4.15	78	0.05		
Total	469.66	107			

Anexo 22. Prueba estadística de la de la variable madurez fisiologica del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificacion																
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J							
T18	80.00	4	0.12	A																
T12	79.00	4	0.12		B															
T19	79.00	4	0.12		B															
T6	79.00	4	0.12		B															
T16	78.00	4	0.12			C														
T22	78.00	4	0.12			C														
T4	78.00	4	0.12			C														
T26	78.00	4	0.12			C														
T3	77.00	4	0.12				D													
T20	77.00	4	0.12				D													
T14	77.00	4	0.12				D													
T15	77.00	4	0.12				D													
T25	76.00	4	0.12					E												
T7	76.00	4	0.12					E												
T11	76.00	4	0.12					E												
T10	76.00	4	0.12					E												
T8	76.00	4	0.12					E												
T17	76.00	4	0.12					E												
T1	75.75	4	0.12					E												
T2	75.25	4	0.12						F											
T5	75.00	4	0.12						F	G										
T27	75.00	4	0.12						F	G										
T13	74.75	4	0.12							G										
T23	74.00	4	0.12								H									
T9	73.00	4	0.12									I								
T21	73.00	4	0.12									I								
T24	72.00	4	0.12																	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 23. Análisis de varianza para la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	441.10	29	15.21	230.45	<0.0001
Tratamientos	389.00	26	14.96	226.68	<0.0001
Bloques	52.10	3	17.37	263.13	<0.0001
Error	5.15	78	0.07		
Total	446.25	107			

Anexo 24. Prueba estadística de la de la variable cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificación																
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J							
T18	84.75	4	0.13	A																
T19	84.25	4	0.13		B															
T12	84.00	4	0.13		B															
T6	84.00	4	0.13		B															
T16	83.00	4	0.13			C														
T22	83.00	4	0.13			C														
T4	83.00	4	0.13			C														
T26	83.00	4	0.13			C														
T3	82.00	4	0.13				D													
T20	82.00	4	0.13				D													
T14	82.00	4	0.13				D													
T15	82.00	4	0.13				D													
T13	81.75	4	0.13				D													
T8	81.25	4	0.13					E												
T7	81.00	4	0.13					E	F											
T10	81.00	4	0.13					E	F											
T11	81.00	4	0.13					E	F											
T25	81.00	4	0.13					E	F											
T17	81.00	4	0.13					E	F											
T1	80.75	4	0.13						F											
T2	80.25	4	0.13							G										
T27	80.00	4	0.13							G										
T5	80.00	4	0.13							G										
T23	79.00	4	0.13								H									
T9	78.00	4	0.13									I								
T21	78.00	4	0.13										I							
T24	77.25	4	0.13																	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 25: Análisis de varianza para la variable número de ramas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	35.01	29	1.21	4.91	<0.0001
Bloques	0.94	3	0.31	1.28	0.2872
Tratamientos	34.06	26	1.31	5.33	<0.0001
Error	19.17	78	0.25		
Total	54.17	107			

Anexo 26: Prueba estadística de la de la variable número de ramas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificacion																			
T17	6.20	4	0.25	A																			
T3	6.00	4	0.25	A	B	C																	
T23	5.95	4	0.25	A	B	C																	
T19	5.90	4	0.25	A	B	C	D																
T25	5.85	4	0.25	A	B	C	D	E															
T14	5.80	4	0.25	A	B	C	D	E	F														
T20	5.70	4	0.25	A	B	C	D	E	F	G													
T15	5.70	4	0.25	A	B	C	D	E	F	G													
T8	5.65	4	0.25	A	B	C	D	E	F	G													
T2	5.55	4	0.25	A	B	C	D	E	F	G													
T24	5.50	4	0.25		B	C	D	E	F	G	H												
T21	5.50	4	0.25		B	C	D	E	F	G	H												
T11	5.35	4	0.25		B	C	D	E	F	G	H												
T7	5.30	4	0.25			C	D	E	F	G	H												
T22	5.25	4	0.25				D	E	F	G	H												
T27	5.20	4	0.25					E	F	G	H	I											
T4	5.20	4	0.25					E	F	G	H	I											
T13	5.20	4	0.25					E	F	G	H	I											
T1	5.15	4	0.25						F	G	H	I											
T18	5.05	4	0.25							G	H	I	J										
T10	4.90	4	0.25								H	I	J	K									
T5	4.55	4	0.25									I	J	K	L								
T6	4.45	4	0.25										J	K	L								
T16	4.45	4	0.25										J	K	L								
T12	4.45	4	0.25										J	K	L								
T9	4.45	4	0.25											K	L								
T26	4.20	4	0.25																				L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 27: Análisis de varianza para la variable número de nudos del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	81.54	29	2.81	2.99	0.0001
Bloques	7.03	3	2.34	2.49	0.0665
Tratamientos	74.51	26	2.87	3.04	0.0001
Error	73.45	78	0.94		
Total	154.99	107			

Anexo 28: Prueba estadística de la de la variable número de nudos del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat.	Media	n	E.E	Clasificación																
				A	B	C	D	E	F	G	H	I								
T15	17.05	4	0.49	A																
T20	16.65	4	0.49	A	B															
T23	16.60	4	0.49	A	B	C														
T14	16.40	4	0.49	A	B	C	D													
T19	16.00	4	0.49	A	B	C	D	E												
T11	16.00	4	0.49	A	B	C	D	E												
T10	15.70	4	0.49	A	B	C	D	E	F											
T4	15.70	4	0.49	A	B	C	D	E	F											
T17	15.70	4	0.49	A	B	C	D	E	F											
T7	15.50	4	0.49	A	B	C	D	E	F	G										
T6	15.50	4	0.49		B	C	D	E	F	G										
T21	15.40	4	0.49		B	C	D	E	F	G										
T8	15.30	4	0.49		B	C	D	E	F	G										
T3	15.25	4	0.49			C	D	E	F	G	H									
T1	15.25	4	0.49			C	D	E	F	G	H									
T26	15.20	4	0.49				D	E	F	G	H									
T27	15.15	4	0.49				D	E	F	G	H									
T12	15.15	4	0.49				D	E	F	G	H									
T25	15.05	4	0.49				D	E	F	G	H									
T13	14.80	4	0.49					E	F	G	H	I								
T18	14.65	4	0.49					E	F	G	H	I								
T2	14.55	4	0.49						F	G	H	I								
T16	14.45	4	0.49							G	H	I								
T22	14.20	4	0.49							G	H	I								
T5	14.15	4	0.49							G	H	I								
T9	13.90	4	0.49									H	I							
T24	13.65	4	0.49										I							

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	3637.43	29	125.43	8.09	<0.0001
Bloques	76.51	3	25.50	1.64	0.1860
Tratamientos	3560.92	26	136.96	8.83	<0.0001
Error	1209.92	78	15.51		
Total	4847.35	107			

Anexo 32. Análisis de varianza para la variable longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	9.88	29	0.34	4.99	<0.0001
Bloques	0.38	3	0.13	1.84	0.1468
Tratamientos	9.50	26	0.37	5.36	<0.0001
Error	5.32	78	0.07		
Total	15.20	107			

Anexo 33. Prueba estadística de la de la variable longitud de vaina inmadura del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat	Media	n	E.E	Clasificación																				
T21	10.82	4	0.13	A																				
T5	10.66	4	0.13	A	B																			
T8	10.63	4	0.13	A	B	C																		
T3	10.62	4	0.13	A	B	C																		
T6	10.49	4	0.13	A	B	C	D																	
T20	10.39	4	0.13		B	C	D	E																
T11	10.35	4	0.13		B	C	D	E	F															
T27	10.33	4	0.13		B	C	D	E	F	G														
T22	10.31	4	0.13		B	C	D	E	F	G	H													
T15	10.27	4	0.13			C	D	E	F	G	H	I												
T7	10.24	4	0.13				D	E	F	G	H	I												
T14	10.18	4	0.13				D	E	F	G	H	I	J											
T16	10.17	4	0.13				D	E	F	G	H	I	J											
T25	10.16	4	0.13				D	E	F	G	H	I	J											
T26	10.09	4	0.13					E	F	G	H	I	J	K										
T4	10.07	4	0.13					E	F	G	H	I	J	K										
T9	10.07	4	0.13					E	F	G	H	I	J	K										
T23	10.01	4	0.13						F	G	H	I	J	K										
T18	9.97	4	0.13							G	H	I	J	K	L									
T19	9.96	4	0.13								H	I	J	K	L									
T13	9.95	4	0.13								H	I	J	K	L									
T1	9.92	4	0.13									I	J	K	L									
T2	9.84	4	0.13										J	K	L									
T17	9.83	4	0.13										J	K	L									
T12	9.82	4	0.13										J	K	L									
T24	9.77	4	0.13											K	L									
T10	9.62	4	0.13												L									

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 34. Análisis de varianza para la variable longitud de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	39.38	29	1.36	28.89	<0.0001
Bloques	0.10	3	0.03	0.72	0.5440
Tratamientos	39.28	26	1.51	32.14	<0.0001
Error	3.67	78	0.05		
Total	43.05	107			

Anexo 35. Prueba estadística de la de la variable longitud de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat	Media	n	E.E	Clasificación																		
T5	11.25	4	0.11	A																		
T6	11.14	4	0.11	A																		
T1	11.10	4	0.11	A																		
T3	10.61	4	0.11		B																	
T26	10.39	4	0.11		B	C																
T18	10.28	4	0.11			C																
T25	10.23	4	0.11			C	D															
T19	10.19	4	0.11			C	D															
T9	10.18	4	0.11			C	D															
T23	10.17	4	0.11			C	D															
T16	10.14	4	0.11			C	D	E														
T12	9.96	4	0.11				D	E	F													
T21	9.95	4	0.11				D	E	F													
T24	9.85	4	0.11					E	F	G												
T27	9.79	4	0.11						F	G	H											
T17	9.69	4	0.11						F	G	H	I										
T7	9.66	4	0.11						F	G	H	I										
T11	9.59	4	0.11							G	H	I	J									
T8	9.53	4	0.11								H	I	J									
T4	9.53	4	0.11								H	I	J									
T22	9.46	4	0.11									I	J									
T13	9.45	4	0.11									I	J									
T20	9.40	4	0.11									I	J									
T15	9.31	4	0.11										J	K								
T10	9.30	4	0.11										J	K								
T2	9.06	4	0.11											K	L							
T14	8.81	4	0.11																			L
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)																						

Anexo 36. Análisis de varianza para la variable semillas por vaina de del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

F.V	S.C	gl	C.M	F	p-valor
Modelo.	2.32	29	0.08	0.63	0.9182
Bloques	0.32	3	0.11	0.85	0.4713
Tratamientos	2.00	26	0.08	0.60	0.9253
Error	9.93	78	0.13		
Total	12.25	107			

Anexo 37. Prueba estadística de la de la variable semillas por vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Trat	Media	n	E.E	Clasificacion
T5	11.25	4	0.11	A
T6	11.14	4	0.11	A
T1	11.10	4	0.11	A
T3	10.61	4	0.11	A
T26	10.39	4	0.11	A
T18	10.28	4	0.11	A
T25	10.23	4	0.11	A
T19	10.19	4	0.11	A
T9	10.18	4	0.11	A
T23	10.17	4	0.11	A
T16	10.14	4	0.11	A
T12	9.96	4	0.11	A
T21	9.95	4	0.11	A
T24	9.85	4	0.11	A
T27	9.79	4	0.11	A
T17	9.69	4	0.11	A
T7	9.66	4	0.11	A
T11	9.59	4	0.11	A
T8	9.53	4	0.11	A
T4	9.53	4	0.11	A
T22	9.46	4	0.11	A
T13	9.45	4	0.11	A
T20	9.40	4	0.11	A
T15	9.31	4	0.11	A
T10	9.30	4	0.11	A
T2	9.06	4	0.11	A
T14	8.81	4	0.11	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)				

Anexo 38. Autovectores que conforman los componentes 1 y 2, del análisis de componentes, Longitud de vaina inmadura, longitud de vaina madura y semillas por vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*), los naranjos, Cojutepeque, UES-FFCCAA. Tesis 2015.

Autovectores		
Variables	e1	e2
Longitud de vaina inmadura	0,72	0,05
Longitud de vaina a cosecha	0,34	0,85
Semillas por vaina	0,60	-0.53
Correlacion cofenetica=0.938		

Anexo 39. Tabla de frecuencia de la variable habito de crecimiento del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Habito de crecimiento	1 (Arbustivo determinado)	0	0.0%
	2 (Arbustivo indeterminado)	108	100%
	3 (Postrado indeterminado)	0	0.0%
	4 (Trepador Indeterminado)	0	0.0%
Total		108	100%

Anexo 40. Tabla de frecuencia de la variable tipo de ramificación del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Tipo de ramificación.	1 (Orto trópicas)	95	88%
	2 (Plagio trópicas)	13	12%
Total		108	100%

Anexo 41. Tabla de frecuencia de la variable tipo de color de flor del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Color de flor	1 (color blanco-	108	100%
Total		108	100%

Anexo 42. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina en estado inmaduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Color de vaina inmadura.	1 (142A) Verde medio	1	1%
	2 (142B, 142C, 142D) Verde claro	107	99%
Total		100	100%

Anexo 43. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina a en estado maduro del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Color de vaina a madurez fisiológica.	1 (13D) Amarillo claro	8	7%
	2 (16C, 16D, 17C, 18A) Naranja amarillento	13	11%
	3 (18B, 18C, 18D, 19B y 20D) Naranja amarillento claro	87	82%
Total		108	100%

Anexo 44. Tabla de frecuencia de la variable color de vaina a cosecha del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

Variable	Clase	FA	FR
Color de vaina a cosecha	1 (10D) Amarillo claro	1	1%
	2 (11D, 18C, 18D, 19C, 19D y 20D) Naranja amarillento claro	107	99%
Total		108	100%

Anexo 45. Tabla de frecuencia de la variable perfil predominante de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

Variable	Clase	FA	FR
Perfil predominante de la vaina.	1 (Recto)	107	99%
	2 (Medianamente Curvo)	0	0%
	3 (Curvado)	1	1%
	4 (Recurvado)	0	0%
Total		108	100%

Anexo 46. Tabla de frecuencia de la variable orientación del ápice de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Tipo de apice	1 (Romo)	108	100%
	2 (puntiagudo)	0	0%
Total		108	100%

Anexo 47. Tabla de frecuencia de la variable grado de curvatura de la vaina del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Grado de curvatura	1 (Recto))	97	90%
	2 (Medianamente curvo)	0	0%
	3 (Curvado)	11	10%
Total		108	100%

Anexo 48. Tabla de frecuencia de la variable sutura placentar de la vaina, del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Sutura Placentar	1 (Normal)	108	100%
	2 (Inverso)	0	0%
Total		108	100%

Anexo 49. Tabla de frecuencia de la variable color primario de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Color primario de la semilla	1 (44A, 44B, 45A, 46A) Rojo	61	56%
	2 (53A) Rojo purpura oscuro	47	44%
Total		100	100%

Anexo 50. Tabla de frecuencia de la variable tamaño predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

Variable	Clase	FA	FR
Tamaño de la semilla	1 (Semilla pequeña)	108	100%
	2 (Semilla mediana)	0	0%
	3 (Semilla grande)	0	0%
Total		108	100%

Anexo 51. Tabla de frecuencia de la variable forma predominante de la semilla del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015

Variable	Clase	FA	FR
Forma predominante de la semilla	1 (Ovoide)	6	6%
	2 (Elíptica)	2	2%
	3 (Pequeña, casi cuadrada)	19	18%
	4 (Alargada, ovoide)	15	14%
	5 (Alargada, casi cuadrada)	29	27%
	6 (arriñonada, recta en el lado del hilo)	37	34%
Total		100	100%

Anexo 54. Tabla de pesos de 100 semillas al 12% de humedad del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Tratamiento	Peso en gramos
Peso de 100 semillas al 12% de humedad	T1	22.20 g
	T2	25.40 g
	T3	24.43 g
	T4	23.20 g
	T5	24.40 g
	T6	28.50 g
	T7	27.30 g
	T8	25.40 g
	T9	23.30 g
	T10	23.90 g
	T11	24.80 g
	T12	25.90 g
	T13	25.60 g
	T14	24.00 g
	T15	25.10 g
	T16	25.02 g
	T17	25.60 g
	T18	23.70 g
	T19	24.50 g
	T20	26.30 g
	T21	20.80 g
	T22	24.90 g
	T23	23.00 g
	T24	24.76 g
	T25	23.10 g
	T26	24.40 g
	T27	22.00 g

Anexo 55. Tabla de frecuencia de la variable resistencia a plagas del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Resistencia a plagas	1 (Resistente)	0	0%
	2 (Tolerante)	108	100%
	3 (Susceptible)	0	0%
Total		108	100%

Anexo 56. Tabla de frecuencia de la variable resistencia a enfermedades del testigo sangre de toro T26 y 26 líneas mutantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cantón los naranjos, Cojutepeque, Cuscatlán, UES-FF.CC.AA. tesis 2015.

Variable	Clase	FA	FR
Resistencia a enfermedades	1- Resistente	0	0%
	2- Tolerante	100	93%
	3- Susceptible	8	7%

Anexo 57. Collage de fotos



Estacas

Delimitación de parcela

Área de terreno delimitado



Siembra de semilla

Riego

Riego



Fertilización al suelo

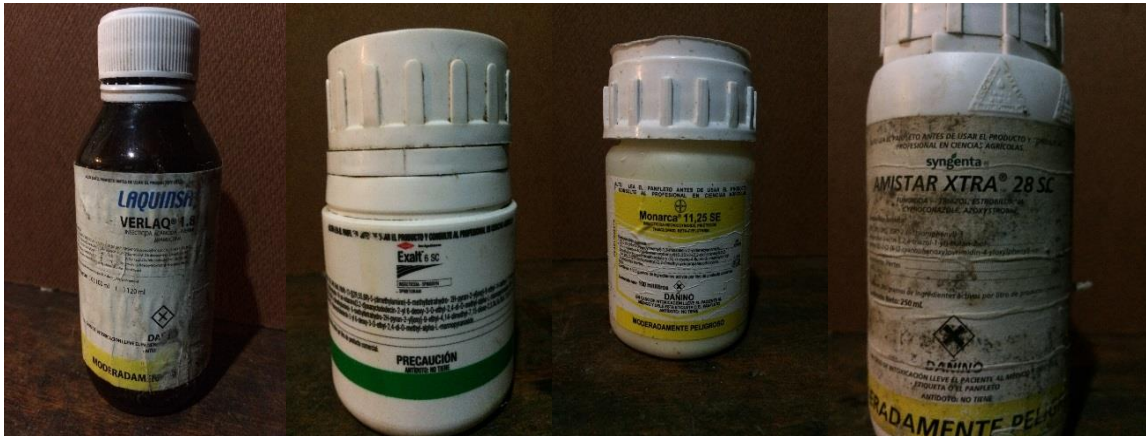
Fertilización foliar



Insecto cortador

Gusano defoliador

Ataque de tortuguilla



Insecticida Verlaq 1.8 Insecticida Exalt 6SC Insecticida Monarca 11,5 SE Fungicida Amistar.



Primordios foliares Floración

Formación de fruto

Cosecha



Medición de longitud de vaina



Longitud de vaina

Tipo de ramificación

Color de vaina inmadura

Color de vaina madura



Perfil predominante de la vaina

Orientación del apice.



Grado de curvatura del apice

Color de semilla de frijol

Forma de semilla de frijol



Ataque de virosis

Mustia Hilachosa.



Distribución de tratamientos en campo.

Anexo 58. Glosario

1. **Acervos:** Conjunto de bienes o valores morales o culturales que pertenecen a un grupo, religión o país.
2. **Agente alquilante:** Sustancia que contiene un radical alquilo y por consiguiente es capaz de llevar a cabo la sustitución de un átomo de hidrógeno libre en un compuesto orgánico.
3. **Androceo:** Verticilo floral fértil, que comprende los elementos reproductores masculinos de las flores unisexuales masculinas y de las flores hermafroditas.
4. **Antesis:** Periodo de florecencia o floración de las plantas con flores; estrictamente, es el tiempo de expansión de una flor hasta que está completamente desarrollada y en estado funcional, durante el cual ocurre el proceso de polinización.
5. **Apante:** Acequia o lugar que mantiene humedad en el verano.
6. **Axila:** Angulo formado por la articulación de una parte de la planta (bráctea, hoja, rama, etc.) con el eje en que se inserta.
7. **Biolística:** Método de transferencia directa de genes en una célula, con el objetivo de crear organismos transgénicos. Consiste en propulsar los genes de interés dentro de las células con la ayuda de un cañón de ADN, con lo cual se modifica el ADN de las células.
8. **Bráctea:** Hoja modificada en su forma, tamaño, color, etc., situada junto a las flores o inflorescencias. Puede presentar un color brillante.

9. Cotiledones: Hojas simples que se desarrollan en el interior de una semilla y que generalmente almacenan alimento para un embrión en desarrollo. Parecen hojas y son las primeras partes de planta que se ven cuando la semilla se abre y empieza a salir de la tierra.

10. Cultivo de tejidos: Proceso de cultivar una planta en el laboratorio a partir de células en vez de semillas. Procedimientos utilizados para mantener y crecer células y tejidos vegetales o animales y órganos vegetales (tallos, raíces, embriones) en cultivo aséptico (in vitro).

11. Dominancia apical. Tendencia de las plantas a mostrar un mayor crecimiento en la punta (ápice) de cada rama principal o bien en la punta del tallo principal, mientras que las ramas secundarias muestran nulo o muy escaso crecimiento, entendiéndose así que hay un dominio en la capacidad para crecer por sobre las ramas laterales.

12. Dosimetría: Rama de la ciencia que estudia la relación entre medidas cuantitativas de la radiación y sus efectos en un blanco o sistema (generalmente biológico, como un ser vivo o un ecosistema), esencial para cuantificar la incidencia de los cambios biológicos en función de la cantidad de radiación recibida, así como para controlar la exposición a la radiación de seres vivos y sus efectos en el medio ambiente.

13. Dehiscencia: Designa la apertura espontánea de una estructura vegetal, una vez llegada su madurez, para liberar su contenido.

14. Electroporación: Consiste en abrir poros en las membranas de las células mediante un campo eléctrico externo para introducir determinadas sustancias como fármacos, ADN y ARN y se usa, por ejemplo, en terapias génicas y en experimentación en biología molecular.

15. Estípula: Estructuras laminares, en ocasiones glándulas o espinas, situadas en la base del peciolo de algunas hojas.

16. Explantes: Tejido vivo separado de su órgano propio y transferido a un medio artificial de crecimiento.

17. Fasciculado: Término referente al sistema radicular que está formado por una cantidad de raíces del mismo o parecido grosor.

18. Fitomejoramiento: Ciencia que, basada en conceptos teórico-prácticos de otras ciencias, tiene como objetivo fundamental modificar y alterar la herencia de las plantas, para

lograr tipos mejorados agronómicamente, mejor adaptados y de mayores rendimientos económicos que los genotipos nativos.

19. Foliolo: Cada uno de los elementos individuales en los que se divide el limbo de una hoja compuesta.

20. Gineceo: Conjunto de órganos femeninos de una flor; está formado por uno o más carpelos que pueden formar uno o varios pistilos independientes.

21. Glabro: Adjetivo usado para describir una característica morfológica como liso, brillante, no teniendo ningún pelo o cerdas o glauco. Es una de las claves dicotómicas de identificación de las plantas.

22. Hibridación: Es un proceso por el cual se combinan dos cadenas de ácidos nucleicos antiparalelas y con secuencias de bases complementarias en una única molécula de doble cadena, que toma la estructura de doble hélice, donde las bases nitrogenadas quedan ocultas en el interior.

23. Hipocótilo: Parte de la planta que germina de una semilla. Cuando se produce la embriogénesis, a medida que el embrión crece durante la germinación, envía un brote, que se convertirá en la raíz primaria al penetrar el suelo.

24. Inflorescencia: Disposición que toman y orden en que aparecen y se desarrollan las flores en una planta cuyos brotes florales se ramifican.

25. In vitro: Técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo.

26. Irradiación: Conjunto de los rayos de luz, los rayos x o los rayos de cuerpos radiactivos, emitidos por una fuente. También se trata de la exposición de todo o parte de un organismo a estos rayos que pueden perturbar el funcionamiento normal de las células del organismo.

27. Latencia: Estado de dormición o letargo, durante el cual el crecimiento de una planta completa o de un determinado órgano vegetal queda temporalmente interrumpido.

28. Mejoramiento genético: Arte y 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 domesticas o la belleza y calidad de sus productos, por medio de modificaciones del genotipo de los individuos.

- 29. Meristemos apicales:** Son los responsables de la formación del cuerpo primario de la planta. Se encuentran en los ápices de raíces y tallos, principales y laterales.
- 30. Microinyección:** Proceso que consiste en utilizar micro agujas para insertar sustancias a un nivel microscópico o en el límite de lo macroscópico dentro de una célula viva.
- 31. Micrópilo:** En la semilla, orificio de la testa; es el lugar por donde penetra el tubo polínico para fertilizar el óvulo.
- 32. Movimientos nictinásticos:** Aquellos que determinan el plegamiento de las hojas o folíolos al anochecer, están regulados de forma múltiple por la luz roja, la luz azul y por los ritmos circadianos.
- 33. Mutación:** Consiste en un **cambio en el material** hereditario (ADN) que no puede justificarse a través de la segregación o la recombinación.
- 34. Plúmula:** Yema apical de la semilla recubierta por una hoja modificada o escama.
- 35. Pubescencia:** Conjunto de pelos finos y suaves que cubren un órgano.
- 36. Pulvínulo:** Base foliar o foliolar engrosada en forma de cojinete que, por variaciones en la turgencia de sus células, puede provocar movimientos násticos en las hojas o folíolos.
- 37. Quilla:** Los dos pétalos inferiores, conniventes o soldados, de la corola papilionácea, característica de las leguminosas.
- 38. Radiación gamma:** Es un tipo de radiación electromagnética, y por tanto constituida por fotones, producida generalmente por elementos radiactivos o por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.
- 39. Radícula:** Parte del embrión de una planta que al desarrollarse constituye la raíz.
- 40. Raquis:** En las hojas compuestas eje en el que se insertan los folíolos; eje principal de la inflorescencia de las gramíneas.
- 41. Recombinación:** Es el proceso por el cual una hebra de material genético se corta y luego se une a una molécula de material genético diferente.
- 43. Tegumento:** Cubierta o parte orgánica que envuelve a una estructura y le da protección.

42. Testa: Es la más externa de las dos capas que constituyen el episperma o tegumento que rodea a la semilla de las plantas espermatófitas.

44. Totipotencia: Es la potencia celular máxima, que le confiere a la célula la capacidad de dirigir el desarrollo total de un organismo. Esto sucede si el núcleo de una célula es idéntico al de un cigoto, es decir, la totipotencia se observa en la capacidad del cigoto de dar origen a cada tipo de célula del adulto.

45. Valvas: Es cada parte en que se separa el pericarpio de los frutos dehiscentes una vez abiertos. Aparecen tanto en los frutos simples como en los compuestos.

46. Yemas: Órgano complejo de las plantas que se forma habitualmente en la axila de las hojas formado por un meristemo apical, a modo de botón escamoso que darán lugar a hojas y flores.