

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL FLOR DE MAYO Y JUNIO BAJO
TEMPORAL Y OSCURECIMIENTO DEL GRANO

Tesis

Que presenta: JOSÉ ÁNGEL CID RÍOS
como Requisito Parcial para Obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Saltillo, Coahuila

Julio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL FLOR DE MAYO Y JUNIO BAJO
TEMPORAL Y OSCURECIMIENTO DEL GRANO

Tesis

Que presenta JOSÉ ÁNGEL CID RÍOS
como Requisito Parcial para Obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera
Director de tesis (UAAAN)

Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos
Director Externo

Saltillo, Coahuila

Julio 2018

RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL FLOR DE MAYO Y JUNIO BAJO
TEMPORAL Y OSCURECIMIENTO DEL GRANO

Tesis

Elaborada por JOSÉ ÁNGEL CID RÍOS como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento con la supervisión y aprobación del
Comité de Asesoría




Dr. Sergio Alfredo Rodríguez
Asesor Principal




M.C. Adolfo García Salinas
Asesor



Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos
Asesor



Dra. Hermila Trinidad García Osuna
Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Subdirectora de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por aceptarme como alumno para desarrollar mi trabajo de investigación.

Al H. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de postgrado.

Al director de tesis Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos, por proporcionar las progenies utilizadas, y permitirme ser parte de su equipo de trabajo, de quien aprendí mucho sobre el trabajo de investigación.

Al M. en C. Adolfo García Salinas, por sus aportaciones y sugerencias en el trabajo de investigación, así como, en la redacción de la tesis.

A la Dra. Hermila T. García Osuna, por sus aportaciones, por el apoyo y tiempo brindado tanto académico y personal.

Al Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera, por aceptarme como alumno para realizar el trabajo de investigación.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el apoyo brindado para llevar a cabo el proceso de capacitación.

A mis compañeros de cubículo; Antonio Vela, Julio César, Ulises Aranda, Samuel Alcalá, Ángel Macín, Giovanni, Manuel, Gregorio Ramírez.

DEDICATORIA

A mi esposa Mayra A.

A mis hijos;

Citlaly Guadalupe

Juan José

Dulce María

A mi padre Ángel Cid

A mi madre Ramona Ríos

A mis hermanos

Índice General

	Página
Listado de cuadros	vii
Listado de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xiii
Introducción	1
Justificación	2
Objetivos	2
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Producción mundial de frijol	3
Producción nacional de frijol	3
Enfoques del mejoramiento	6
Oscurecimiento de testa	7
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Localidades de prueba	10
Germoplasma utilizado	10
Ensayos preliminares bajo riego	12
Ensayos establecidos en temporal en dos localidades	12
Variables evaluadas	13
Determinación de oscurecimiento lento de testa en genotipos de frijol	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Condiciones climáticas	17
Líneas de frijol flor de junio bajo condiciones de riego por gravedad	19
Líneas de frijol flor de mayo bajo condiciones de riego por gravedad	21
Siembra bajo condiciones de temporal en la localidad de Calera, Zacatecas	22
Siembra bajo condiciones de temporal en la localidad de Celaya, Guanajuato	31
Análisis combinado de localidades para líneas de frijol flor de junio	37

Análisis combinado de localidades para líneas de frijol flor de junio	39
Interacción genotipo ambiente modelo AMMI	42
Oscurecimiento de testa de líneas flor de junio	47
Oscurecimiento de testa de líneas flor de mayo	48
CONCLUSIONES	54
REFERENCIAS	55

Índice de Cuadros

Cuadro	Página
1. Genealogía de líneas tipo Flor de Junio provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Dalia (Flor de Junio).	11
2. Genealogía de líneas tipo Flor de Mayo provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia.	11
3. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas tipo flor de junio bajo riego por gravedad en el ciclo primavera del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.	20
4. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 49 líneas flor de mayo bajo riego por gravedad en el ciclo primavera del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.	21
5. Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	22
6. Comparación de medias para días a madurez fisiológica de 42 líneas de tipo flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	23
7. Comparación de medias para peso de cien semillas de cuarenta y dos líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	24
8. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	25
9. Comparación de medias para índice de cosecha de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	26
10. Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.	27

- 11.** Comparación de medias de 42 líneas flor de mayo para días a madurez fisiológica bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas. **28**
- 12.** Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas. **29**
- 13.** Comparación de medias de 42 líneas flor de mayo para rendimiento por hectárea bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas. **30**
- 14.** Comparación de medias para índice de cosecha de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas. **31**
- 15.** Comparación de medias para número de plantas de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **32**
- 16.** Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas de tipo de flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **33**
- 17.** Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **34**
- 18.** Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **35**
- 19.** Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo primavera-verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **36**
- 20.** Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato. **37**

21.	Comparación de medias para peso de cien semillas del análisis combinado de 42 líneas de tipo flor de junio establecida bajo temporal en dos localidades en el ciclo Primavera-Verano del 2017.	38
22.	Comparación de medias para para rendimiento del análisis combinado de 42 líneas de tipo flor de junio establecida bajo temporal en dos localidades en el ciclo Primavera-Verano del 2017.	39
23.	Comparación de medias para rendimiento por hectárea del análisis combinado de 42 líneas de tipo flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017.	40
24.	Comparación de medias para rendimiento por hectárea del análisis combinado de 42 líneas flor de mayo bajo condiciones de temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017.	41
25.	Comparación de medias para el oscurecimiento de testa en líneas de tipo flor de junio en diferentes tiempos de exposición a luz UV.	49
26.	Comparación de medias para el oscurecimiento de testa en líneas de tipo flor de mayo en diferentes tiempos de exposición a luz UV.	50

Índice de Figuras

Figura		Página
1.	Muestra el por ciento de producción de frijol por su color de testa en el periodo 2010 a 2016.	4
2.	Volumen de producción de los tipos de frijol Flor de Mayo, Flor de Junio y la variedad Pinto Saltillo en los estados de Guanajuato y Zacatecas (SIAP, 2016).	5
3.	Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Celaya Guanajuato bajo riego.	17
4.	Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Zacatecas.	18
5.	Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Celaya Guanajuato.	19
6.	Componente principal y el peso de cien semillas en el modelo AMMI para 42 progenies flor de junio. G = Tratamiento.	43
7.	Componente principal y el rendimiento por hectárea en el modelo AMMI para 42 progenies flor de junio. G = Tratamiento.	44
8.	Componente principal y el peso de cien semillas en el modelo AMMI para 42 progenies flor de mayo. G = Tratamiento.	45
9.	Componente principal y el rendimiento por hectárea en el modelo AMMI para 42 progenies flor de mayo. G = Tratamiento.	46
10.	Niveles de oscurecimiento de la testa del grano de cinco líneas de frijol tipo flor de junio y Pinto Saltillo, por efecto de la exposición a rayos UV, en diferentes tiempo.	52
11.	Niveles de oscurecimiento de la testa del grano de cinco líneas de frijol tipo flor de mayo y Pinto Saltillo, por efecto de la exposición a rayos UV, en diferentes tiempos.	53

RESUMEN

RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL FLOR DE MAYO Y JUNIO BAJO
TEMPORAL Y OSCURECIMIENTO DEL GRANO

POR

JOSÉ ÁNGEL CID RÍOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. SERGIO ALFREDO RODRÍGUEZ HERRERA – ASESOR -

El frijol de los tipos Flor de Mayo y Flor de Junio es importante en los estados de Zacatecas y Guanajuato, en donde se produce bajo condiciones de riego y temporal. Con el objetivo de determinar el rendimiento por hectárea, el peso de 100 semillas y el oscurecimiento de testa bajo temporal en dos localidades (Celaya, Gto. y Calera, Zac., México), se utilizaron dos juegos de líneas de frijol, 42 de cada tipo, Flor de Mayo y Flor de Junio. Ambos juegos tuvieron como progenitor donante del rasgo de oscurecimiento lento a la variedad Pinto Saltillo. Los ensayos se condujeron en ambas localidades utilizando las prácticas agronómicas recomendadas para el cultivo. El análisis combinado detectó significancia para localidad, tratamiento e interacción tratamiento por localidad; mientras que un análisis AMMI permitió identificar los tratamientos de mayor rendimiento y menor interacción con el ambiente. También se encontraron tratamientos tanto en flores de junio y en flores de mayo que mostraron segregación transgresiva positiva para peso de cien semillas y rendimiento por hectárea. Los tratamientos sobresalientes en rendimiento en el tipo Flor de Junio fueron: 26, 38, 17, 42 y 39; mientras que en el tipo Flor de Mayo: 34, 42, 36, 41 y 26. El grano de cinco de los tratamientos superiores en rendimiento junto con el de Pinto Saltillo se sometió a un tratamiento de oscurecimiento acelerado con luz UV por 72 h. La variedad Pinto Saltillo resultó con un mayor valor de L (luminosidad) y menor de los parámetros de color 'a' y 'b' que los tratamientos evaluados de ambos tipos de frijol; los resultados indican que la mayoría de las progenies presentan oscurecimiento lento del mismo nivel que el progenitor donante de la característica, Pinto Saltillo. Éste resultado probablemente se debe a que las progenies, al igual que sus progenitores del tipo Flor de Mayo y Junio, poseen un color más intenso y manchas o rayas de mayor tamaño que las del progenitor Pinto Saltillo; color y rayas que son afectados en mayor proporción por la luz UV. Se sugiere que las progenies se comparen con su progenitor Pinto Saltillo bajo almacenamiento en condiciones normales.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., Interacción Genotipo x Ambiente, secano, oscurecimiento de testa.

ABSTRACT

YIELD OF BEAN LINES FLOWER OF MAY AND JUNE UNDER TEMPORARY
AND DARKENING THE GRAIN

BY

JOSÉ ÁNGEL CID RÍOS

MASTER OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. SERGIO ALFREDO RODRÍGUEZ HERRERA – ASESOR -

Saltillo, Coahuila

July 2018

Beans of the types Flor de Mayo and Flor de Junio are important in the states of Zacatecas and Guanajuato, where they are produced under irrigated and temporary conditions. With the objective of determining the yield per hectare, the weight of 100 seeds and the darkening of the temporary seed coat in two locations (Celaya, Gto. And Calera, Zac., Mexico), two sets of bean lines, 42 of each type, May Flower and June Flower. Both games had as donor parent the slow darkening trait of the Pinto Saltillo variety. The trials were conducted in both locations using the agronomic practices recommended for the crop. The combined analysis detected significance for locality, treatment and treatment interaction by location; while an AMMI analysis allowed the identification of treatments with higher yield and less interaction with the environment. Treatments were also found in both June flowers and May flowers that showed positive transgressive segregation for one hundred seeds weight and yield per hectare. The outstanding treatments in yield in the type Flor de Junio were: 26, 38, 17, 42 and 39; while in the Flor de Mayo type: 34, 42, 36, 41 and 26. The grain of five of the top treatments in yield along with that of Pinto Saltillo was subjected to an accelerated darkening treatment with UV light for 72 h. The Pinto Saltillo variety was found to have a higher value of L (luminosity) and less of the color parameters 'a' and 'b' than the treatments evaluated for both types of beans; the results indicate that most of the progenies present slow darkening of the same level as the progenitor donor of the characteristic, Pinto Saltillo. This result is probably due to the fact that the progenies, like their progenitors of the May and June flower type, have a more intense color and larger spots or streaks than those of the father Pinto Saltillo; color and stripes that are affected in greater proportion by UV light. It is suggested that the progenies be compared with their parent Pinto Saltillo under storage under normal conditions.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., Interaction Genotype x Environment, dry land, darkening of seed coat.

INTRODUCCIÓN

El frijol de la raza Jalisco se distribuye principalmente en el Eje Neo volcánico y la Mesa Central; esta última región abarca parte de los estados de Jalisco, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato y Querétaro. En ésta región la diversidad del frijol y de los patógenos asociados es muy amplia, lo que ha dificultado el mejoramiento genético. Dentro de los principales tipos de frijol de esta raza sobresalen por su demanda en el mercado los tipos Flor de Mayo, Flor de Junio y Negro Brillante.

En el caso de los tipos Flor de Mayo y Junio, entre ambos representan casi el 18% de la superficie y producción del país (FIRA, 2016); los estados con mayor producción de éstos tipos de frijol son Zacatecas, Guanajuato y en menor proporción Durango y San Luis Potosí.

El mejoramiento genético del frijol se inicia a través de la cruce de progenitores con los rasgos de interés. Sin embargo, utilizar progenitores de distintos tipos de grano, puede modificar las características intrínsecas a la variedad que se pretende mejorar. Para acelerar el proceso de mejoramiento y reducir la pérdida de estos atributos, se utilizan progenitores con características similares, pero complementarios en relación a los genes que poseen, o bien el retrocruzamiento dirigido a incorporar los rasgos que faltan en el progenitor recurrente; en ambos casos se puede utilizar un esquema de mejoramiento basado en el uso de marcadores moleculares (MM), lo cual en teoría aceleraría el proceso de mejoramiento.

En la presente investigación se estudiaron dos juegos de líneas de frijol, uno del tipo Flor de Mayo y otro del tipo Flor de Junio. Estas líneas se derivaron de cruzar progenitores de los tipos mencionados con Pinto Saltillo (raza Durango). Esto porque el objetivo de las cruces fue desarrollar líneas de los tipos Flor de Mayo y Junio con la característica de oscurecimiento lento de la cubierta del grano, característica que posee la variedad Pinto Saltillo (Sánchez- Valdez *et al.*, 2009). Durante el proceso de desarrollo de las líneas se practicó selección basada principalmente en la reacción a enfermedades en el campo seguida de selección por tipo de grano a recuperar, Flor de Mayo y Flor de Junio.

Justificación

El frijol de los tipos Flor de Mayo y Flor de Junio son de alta demanda en la región del Altiplano Centro Occidental de México. Éstos, se producen bajo riego y temporal principalmente en los estados de Zacatecas, San Luís Potosí y Guanajuato. Sin embargo, uno de los aspectos que limitan su comercialización es el oscurecimiento progresivo de la testa bajo almacenamiento, ya que las variedades disponibles de estos tipos de frijol son propensas a este fenómeno, por lo que está característica afecta la vida de anaquel y el valor comercial. En la presente investigación la meta fue identificar líneas de alto rendimiento con oscurecimiento lento de testa; la estrategia fue cruzar variedades de tipo Flor de Mayo y Flor de Junio con la variedad Pinto Saltillo misma que posee oscurecimiento lento de testa, para generar materiales de los tipos Flor de Mayo y Junio con esa característica.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Caracterizar dos juegos de líneas de frijol tipo Flor de Mayo y Flor de Junio en función del rendimiento y del oscurecimiento de testa.

Objetivos específicos.

Determinar la influencia de la localidad de producción bajo temporal sobre el rendimiento y peso del grano de dos juegos de líneas de frijol de los tipos Flor de Mayo y Flor de Junio. Comparar las características relacionadas con el oscurecimiento de testa entre el progenitor donante y las líneas derivadas superiores en rendimiento.

Meta

Identificar líneas de frijol de los tipos Flor de Mayo y Flor de junio con alto potencial de rendimiento bajo temporal y con grano de testa de oscurecimiento lento.

Hipótesis

La característica de oscurecimiento lento del grano (genotipo sd sd), es independiente del nivel de rendimiento bajo temporal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción mundial de frijol

En el año 2014 el 63 por ciento de la producción mundial de frijol se obtuvo en siete países, donde India aportó 16.4 por ciento, Myanmar 14.9, Brasil 13.1, Estados Unidos 5.3, México 5.1, China 4.1 y Tanzania 4.1 por ciento. El rendimiento promedio mundial del frijol para el mismo año fue de 0.83 toneladas por hectárea, donde de los países mencionados México y la India están por debajo de la media. En el periodo de 2003 a 2014, el volumen de producción de los países Myanmar y Tanzania se incrementó en un 6.8 y 10.8 por ciento respectivamente, por el contrario en India, México y China se redujo en un 0.3, 0.9 y 6.1 por ciento respectivamente (FIRA, 2016).

Producción nacional

Históricamente el frijol se ha asociado con el desarrollo de culturas prehispánicas, actualmente juega un papel primordial en varias regiones del mundo, en México, es el segundo cultivo de importancia económica después del maíz, no solo por la superficie total sembrada, sino también por ocupar un lugar importante en la dieta diaria (Rodríguez-Licea *et al.*, 2010).

Para el año 2016, la superficie sembrada de frijol a nivel nacional fue de 1,636,150 hectáreas, donde la mayor superficie establecida fue en el estado de Zacatecas con 614,156, seguida por Durango con 244,814, Chihuahua con 123,089, Chiapas con 115,639, y San Luis Potosí con 98,677, las restantes 435,963 hectáreas fueron sembradas en los otros 27 estados de la república; sin embargo, es importante señalar que ese año se siniestraron un total de 56,161 hectáreas. (SIAP, 2016).

Aunque el estado de Zacatecas fue el de mayor superficie sembrada, el rendimiento promedio ($0.633 \text{ kg. ha}^{-1}$), fue inferior a la media obtenida a nivel nacional (SIAP, 2016).

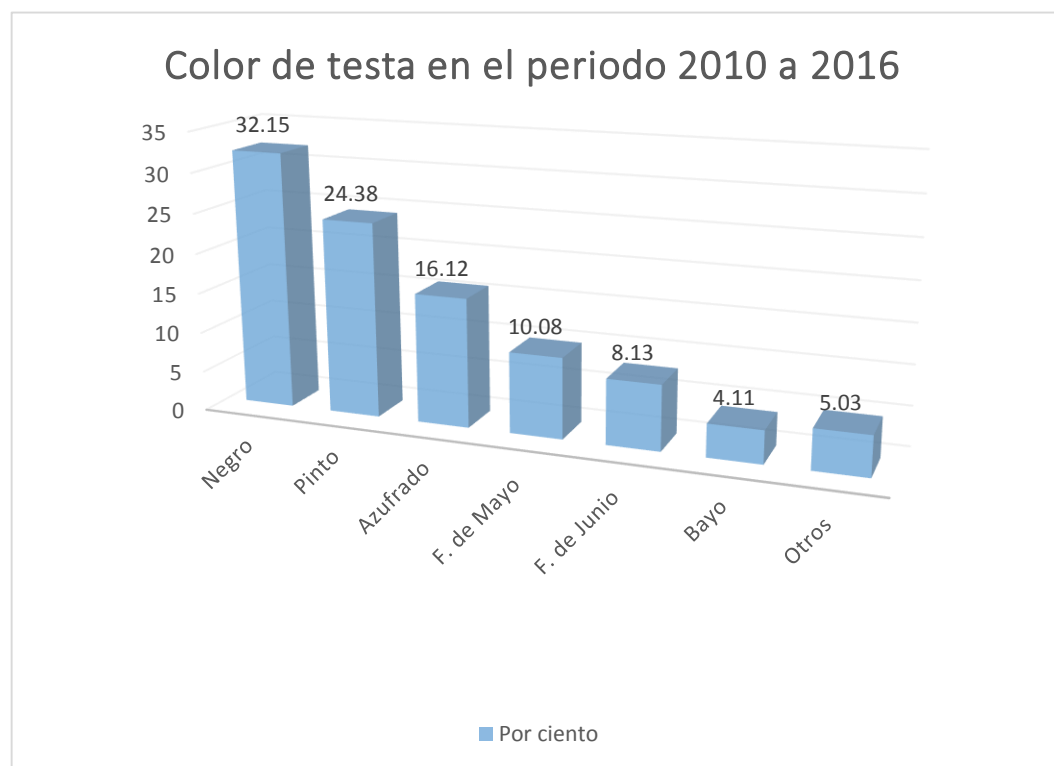


Figura 1. Muestra el por ciento de producción de frijol por su color de testa en el periodo 2010 a 2016.

En la Figura 1, se puede apreciar que el 94.97 por ciento de la producción nacional se concentra en seis colores de testa, mantenido su preferencia durante los seis años de evaluación, dentro de los azufrados se consideraron los frijoles tipo (Mayocoba, Higuera, Peruano y Canario), el 5.03 por ciento restante correspondió a tipos alubias, cacahuete, ojo de cabra, garbancillo entre otros.

Entre las causas que provocan tener rendimientos pobres bajo condiciones de temporal son principalmente la escasa y errática precipitación la cual, en muchas ocasiones no satisface las necesidades hídricas del cultivo, otro factor es el uso de variedades inadecuadas, además del mal manejo agronómico que de forma general se le da al cultivo.

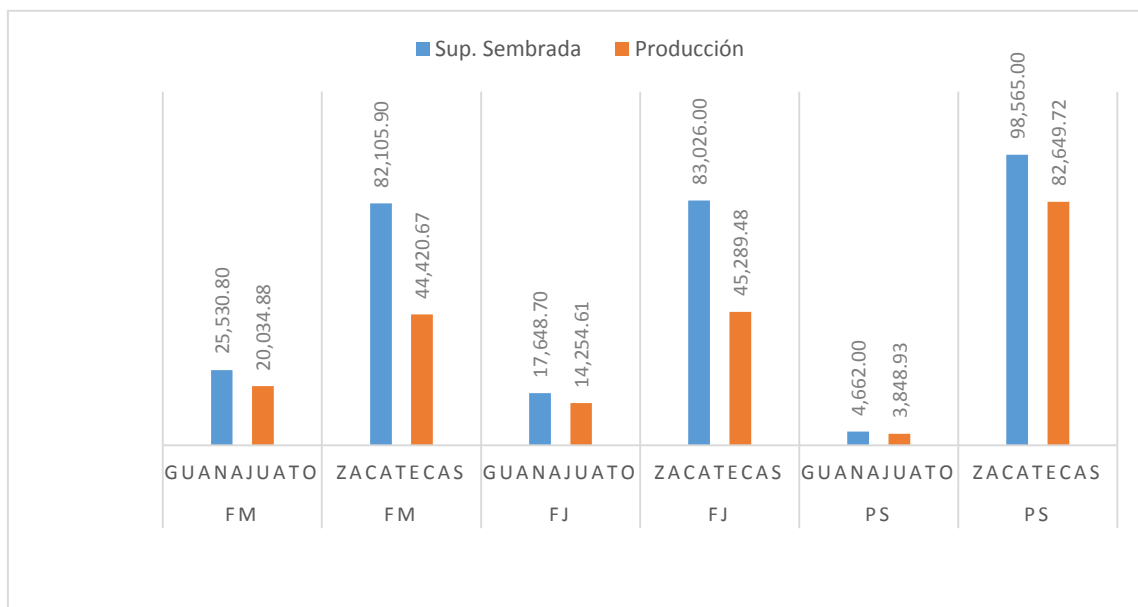


Figura 2. Volumen de producción de los tipos de frijol Flor de Mayo, Flor de Junio y la variedad Pinto Saltillo en los estados de Guanajuato y Zacatecas (SIAP, 2016).

El volumen de producción de la variedad de frijol Pinto Saltillo y los tipos Flor de Junio y Flor de Mayo para el estado de Zacatecas, es superior a lo obtenido por Guanajuato, ya que en Zacatecas la superficie sembrada es mayor (Figura 2).

La mayoría de los consumidores de frijol consideran que el tamaño y color del grano como una característica esencial, esta característica posee poco tiempo en la vida de anaquel y es relacionado con frijol duro, que requiere mayor tiempo para la cocción (Rodríguez-Licea *et al.*, 2010). Después de la cosecha, los frijoles presentan un cambio de color de la testa y este es relacionado con la humedad, luz y el almacenamiento prolongado del grano a temperatura ambiente, además, es asociado con dureza y mayor tiempo de cocción, estas características ocasionan la disminución del valor comercial del frijol, ya que disminuye en manera diferencial la preferencia de materiales que presentan oscurecimiento de testa (Jacinto-Hernández *et al.*, 2017).

Enfoques del mejoramiento

La estrategia de mejoramiento en frijol común es cruzar genotipos locales adaptados a las condiciones agroecológicas de la región de interés, con fuentes de resistencia a enfermedades u otras características ventajosas. Cuando es posible, esto se hace dentro del tipo comercial de frijol, es decir pintos con pintos, bayos con bayos, etc.

Algunos programas de mejoramiento también utilizan metodologías participativas, donde se evalúan poblaciones segregantes y se realizan selecciones desde generaciones tempranas en campos de productores. Así mismo, se conducen ensayos de comparación de líneas avanzadas por métodos convencionales y validación de líneas promisorias seleccionadas para estimar su potencial de adopción como variedad mejorada en campos de productores (Rosas *et al.*, 2003). Como los productores participan en el proceso, se considera que las variedades desarrolladas tendrán rápida aceptación y adopción por los mismos.

Las fases avanzadas de mejoramiento se basan en la evaluación de líneas en viveros bajo temporal en diversas localidades. La selección en generaciones tempranas se basa en características de moderada a alta heredabilidad como los días a floración y a madurez fisiológica, la reacción a enfermedades, el aspecto físico de grano y el vigor de la planta. Las líneas seleccionadas deberán cumplir las características de calidad del grano y resistencia a enfermedades en múltiples localidades, y al final se realiza la evaluación con productores y el registro del material. La recombinación de diferentes acervos genéticos, hace posible obtener genotipos superiores a los progenitores (Acosta-Gallegos *et al.*, 1999).

Para llevar a cabo una evaluación confiable, por ejemplo bajo condiciones de un estrés abiótico como sequía, suelos pobres en nutrientes, etc., es conveniente agrupar los genotipos con base a similitud de hábito de crecimiento y fenología e incrementar el número de repeticiones para disminuir el error experimental. La selección de materiales con menor interacción genotipo por ambiente es complicada, debido a la sequía recurrente que se presenta en el altiplano reduce la eficiencia de la selección y la ganancia genética, además de que es difícil combinar la estabilidad y el alto rendimiento bajo ese esquema de selección (Acosta- Gallegos *et al.*, 2000). Sin embargo, Acosta-Díaz *et al.*, (2009) indicaron que un alto potencial de rendimiento base contribuye al rendimiento bajo sequía.

En las últimas décadas el mejoramiento se ha enfocado en la resistencia del frijol a las plagas y enfermedades, a la baja fertilidad del suelo, sequía y calor, además, de un programa adecuado de identificación de progenitores donantes, hibridación, evaluación, selección de líneas de alto rendimiento y resistencia múltiple en varias localidades, y valor comercial del grano, así como buena aceptación por los consumidores (Rosas *et al.*, 2003). Mederos (2006), señaló que el enfoque actual de los programas de mejoramiento genético del cultivo de frijol no es solo incrementar el rendimiento, y la resistencia a plagas y enfermedades, se están incluyendo las características físicas, químicas y culinarias del grano, ya que el valor nutrimental está determinado por el contenido de proteínas y digestibilidad. Éstas últimas características son importantes para los consumidores.

Oscurecimiento de testa

Herrera *et al.*, (2012) señalaron que para el desarrollo de nuevas variedades de frijol es necesario combinar la tolerancia a factores adversos, eliminar el oscurecimiento acelerado de testa e incrementar la calidad comercial, por lo que actualmente se requieren variedades de ciclo precoz para reducir los riesgos de escasa humedad y bajas temperaturas en el llenado del grano.

Los consumidores de frijol poseen preferencias específicas en la forma y color del grano. Las variedades de frijol de grano claro por lo general muestran oscurecimiento de la cubierta en el almacén; particularmente en variedades de los tipos Pinto, Canario, Flor de Mayo y Flor de Junio. El oscurecimiento se ve acentuado por condiciones desfavorables de almacenamiento como son alta humedad y temperatura; lo anterior causa pérdidas económicas debido al decline de la calidad visual del grano que los consumidores relacionan con frijol ‘viejo’, que requiere mayor tiempo de cocción. Las causas exactas del oscurecimiento se desconocen, pero incluyen una combinación de efecto ambiental, genético y cambios bioquímicos en la cubierta de la semilla (Beninger *et al.*, 2005).

Para incorporar el rasgo de oscurecimiento lento de testa en los nuevos cultivares existe la necesidad de un método rápido, confiable y económico para acelerar el oscurecimiento, sin afectar la germinación de la semilla. Junk-Knievel *et al.*, (2007) evaluaron tres métodos (invernadero, rayos UV “ultravioleta” y gabinete a 30° C). Encontraron que el método de someter el grano a rayos UV es el más rápido y económico para seleccionar

materiales con oscurecimiento lento de testa, además, de que la interacción del genotipo con el ambiente no afecta a la selección de líneas con oscurecimiento lento. La prueba de oscurecimiento acelerado a la semilla por medio de rayos ultravioleta simula el almacenamiento prolongado por lo que permite la selección de genotipos con las características deseables (Junk-Knievel *et al.*, 2007).

De acuerdo con Basset (1996) el oscurecimiento de la cubierta de la semilla está controlado por un solo gen, el 'J' y la expresión del alelo recesivo 'j' es responsable de genotipos resistentes al oscurecimiento de la testa en comparación con genotipos con el alelo dominante. Un segundo gen, el SD en estado recesivo retarda el oscurecimiento de la testa (Junk-Knievel *et al.*, 2007). Este segundo gen es el responsable del oscurecimiento lento de la testa en la variedad Pinto Saltillo (Sánchez-Valdez *et al.*, 2004), San Rafael (Acosta-Gallegos *et al.*, 2016; Acosta *et al.*, 2018).

Estudios realizados por Elsadr *et al.*, (2011) sobre el oscurecimiento de la testa del frijol tipo Carioca describieron un modelo donde dos genes interactúan en epistasis, lo que produce tres fenotipos para el carácter de oscurecimiento lento; en éste caso la interacción se debe a los genes J, responsable de la presencia o ausencia del oscurecimiento, con el gen SD responsable de la tasa o velocidad de oscurecimiento. En otro estudio con frijol en Brasil (Silva *et al.*, 2014), se encontró para algunas cruzas la acción de un solo gen recesivo, y para otras epistasis doble recesiva, probablemente entre el gen de color oscuro de la semilla 'J' y el gen SD de oscurecimiento regular. Señalaron que a pesar de la fuerte influencia ambiental y de la interacción genotipo-ambiente, que el hecho de que estas características estén bajo la influencia de pocos genes señala una alta posibilidad para la selección efectiva de genotipos con oscurecimiento lento del grano.

El oscurecimiento de la testa en frijol claro ocurre principalmente durante periodos prolongados de almacenamiento, lo que causa pérdidas comerciales, esto ocurre en materiales que poseen el gen SD oscurecimiento normal. Por otro lado, la herencia del gen recesivo sd puede aumentar la calidad comercial en cultivares, sin embargo, en genotipos no adaptados, se complica su expresión del rasgo en el tejido materno (Felicetti *et al.*, 2012).

Los frijoles que se oscurecen se clasifican en niveles inferiores y de menor valor comercial. En las leguminosas las proantocianidinas se acumulan en el endotelio de la

cubierta de la semilla y culminan dentro de las células debido a que son derivadas metabólicamente de fenilalanina en una serie de etapas catalizadas por enzimas codificadas por genes de biosíntesis temprana. El oscurecimiento de la capa de la semilla en genotipos susceptibles depende de la disponibilidad de proantocianidinas, aunque las determinaciones moleculares y bioquímicas para este fenómeno metabólico son desconocidos, se sabe que las proantocianidinas incrementan en materiales susceptibles a oscurecimiento de testa (Freixas *et al.*, 2017).

Mederos (2006), señaló que el porcentaje de la testa es determinante en el tiempo de cocción, además, la impermeabilidad de la misma no solo está dada por el porcentaje de ésta, ya que otros compuestos o estructuras intrínsecas pudieran afectar la imbibición. El contenido de testa se determina mediante la separación de esta estructura del grano luego de un remojo y posteriormente secado. Por otro lado, el efecto del almacenamiento está relacionado con la velocidad e intensidad en el deterioro irreversible y acumulativo del grano, la temperatura y la humedad son factores que afectan la calidad, y también se expresa un incremento en la dureza, incremento en el tiempo de cocción, así como, alteraciones en el sabor y color de la testa.

Para facilitar la comercialización de los frijoles deben tener una apariencia crema muy ligero. Hay evidencias que señalan que la variabilidad genética influye en el oscurecimiento de la semilla; por otro lado, también se ha encontrado que la progenie no es influenciada por el ambiente para el oscurecimiento de la semilla, sin embargo, dicho fenómeno tiende a aumentar conforme avanza el tiempo de almacenamiento del grano (Andrade *et al.*, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades de prueba

Se realizó una evaluación preliminar bajo condiciones de riego por gravedad en siembra de Febrero en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Celaya Guanajuato.

En verano se tuvieron dos localidades de prueba bajo temporal, el CEBAJ y el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, éste último localizado en Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.

Germoplasma utilizado

Se caracterizaron dos juegos de líneas de frijol, uno del tipo Flor de Junio (Cuadro 1) y el otro del tipo Flor de Mayo (Cuadro 2). Las líneas fueron desarrolladas en el Programa de Frijol del Campo Experimental Bajío; las de tipo Flor de Junio se derivaron de la cruce de Pinto Saltillo por Dalia (Flor de Junio) y las de tipo Flor de Mayo de la cruce de Pinto Saltillo por Flor de Mayo Eugenia.

Cuatro 1. Genealogía de líneas tipo Flor de Junio provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Dalia (Flor de Junio).

Trata	Genealogía	Trata	Genealogía	Trata	Genealogía	Trata	Genealogía
1	M-2-7-1-1-1-1-1	12	M-39-6-2-1-1-1-1	23	M-31-4-2-1-1-1-1	34	M-39-6-10-1-1-1-1
2	M-2-7-2-1-1-1-1	13	M-31-4-2-1-1-1-1	24	M-39-6-4-1-1-1-1	35	M-181-7-1-1-1-1-1
3	M-2-7-3-1-1-1-1	14	M-2-5-3-1-1-1-1	25	M-39-6-5-1-1-1-1	36	M-181-6-1-1-1-1-1
4	M-2-5-1-1-1-1-1	15	M-39-6-3-1-1-1-1	26	M-3-48-9-1-1-1-1	37	M-181-8-1-1-1-1-1
5	M-2-9-1-1-1-1-1	16	M-153-1-1-1-1-1-1	27	M-3-48-9-2-1-1-1	38	M-153-6-1-1-1-1-1
6	M-31-4-1-1-1-1-1	17	M-153-2-1-1-1-1-1	28	M-39-6-6-1-1-1-1	39	M-35-1-1-2-1-1-1
7	M-2-5-2-1-1-1-1	18	M-153-5-1-1-1-1-1	29	M-39-6-7-1-1-1-1	40	M-31-4-3-1-1-1-1
8	M-2-7-4-1-1-1-1	19	M-152-1-1-1-1-1-1	30	M-2-4-2-1-1-1-1	41	M-35-1-1-3-1-1-1
9	M-2-4-1-1-1-1-1	20	M-181-14-1-1-1-1-1	31	M-2-4-3-1-1-1-1	42	M-35-1-1-4-1-1-1
10	M-35-1-1-1-1-1-1	21	M-31-4-1-1-1-1-1	32	M-39-6-8-1-1-1-1		
11	M-39-6-1-1-1-1-1	22	M-181-25-1-1-1-1-1	33	M-39-6-9-1-1-1-1		

Cuatro 2. Genealogía de líneas tipo Flor de Mayo provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia.

Trata.	Genealogía	Trata.	Genealogía	Trata.	Genealogía	Trata.	Genealogía
1	M-20-12-1-1	14	M-12-19-3-1	27	M-12-19-5-1	40	M-12-19-8-1
2	M-3-1-1-1	15	M-2-1-1-1	28	M-12-13-1-1	41	M-12-19-9-1
3	M-3-1-1-2	16	M-12-19-4-1	29	M-12-13-2-1	42	M-12-21-1-1
4	M-3-1-1-3	17	M-2-1-1-2	30	M-9-1-1-1	43	M-5-5-1-1
5	M-3-1-1-4	18	M-2-1-1-3	31	M-9-1-1-2	44	M-5-5-2-1
6	M-12-19-1-1	19	M-1-13-4-1	32	M-9-1-1-3	45	M-12-21-2-1
7	M-12-20-1-1	20	M-1-13-5-1	33	M-12-13-3-1	46	M-5-5-3-1
8	M-12-20-2-1	21	M-7-1-1-1	34	M-11-1-1-1	47	M-12-21-3-1
9	M-12-19-2-1	22	M-7-1-1-2	35	M-11-1-1-2	48	M-1-13-7-1
10	M-1-13-1-1	23	M-12-20-3-1	36	M-1-13-6-1	49	M-1-13-8-1
11	M-1-13-2-1	24	M-12-20-4-1	37	M-20-12-2-1		
12	M-3-1-1-5	25	M-7-1-1-3	38	M-12-19-6-1		
13	M-1-13-3-1	26	M-7-1-1-4	39	M-12-19-7-1		

Ensayos Preliminares bajo riego.

En riego la siembra se realizó el día 17 de febrero del 2017, estableciéndose en un ensayo las 42 líneas de tipo Flor de Junio provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Dalia en la generación F₈, bajo un diseño de látice rectangular 6x7. El segundo ensayo incluyó 49 líneas de tipo Flor de Mayo provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia en la generación F₆, bajo el diseño látice simple 7x7. Cada látice tuvo dos repeticiones, la unidad experimental consto de un surco de cinco metros de longitud, con una distancia entre surcos de 0.76 metros, y de diez centímetros entre plantas. La dosis de fertilización aplicada al suelo en la siembra fue 60-50-00 de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. Se aplicaron cinco riegos, el primero de pre siembra, el segundo a los veinte días después de la siembra, el tercero en pre floración, el cuarto floración y el quinto en llenado de vaina. Se realizaron tres escardas, una fertilización foliar en prefloración con poliquel multi 800 ml ha⁻¹ en 200 L de agua, y treinta y dos días después de la siembra se aplicaron 350 ml por hectárea del herbicida Flex en la hilera de las plantas.

Debido a las altas temperaturas (Figura 3), que afectaron el desarrollo normal del cultivo causando baja o nula formación de vainas en las plantas y un atraso en la floración por efecto acentuado del fotoperíodo sólo se determinó el rendimiento por parcela y se transformó a kg / Ha. La cosecha se realizó el 15 de junio. Posteriormente se prepararon los ensayos de rendimiento para la evaluación bajo condiciones de temporal en las localidades de Calera, Zacatecas (L₁) y Celaya, Guanajuato (L₂).

Ensayos establecidos en temporal en dos localidades.

Localidad Calera, Zac. (L₁). En esta la siembra se realizó el 14 de julio del 2017; se estableció un diseño látice rectangular 6x7 con dos repeticiones, de las líneas provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Dalia en generación F₉. Así mismo, se estableció el diseño látice 6x7 con dos repeticiones con las líneas provenientes de la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia en generación F₇. En ambos ensayos la unidad experimental consto de cuatro metros lineales y la distancia entre surcos y plantas fueron similares a las del ensayo bajo condiciones de riego; la fertilización de base aplicada al suelo en la siembra fue la dosis 30-50-30 de N-

P₂O₅-K₂O, respectivamente. Se realizaron dos escardas, la primera a los veinte días después de la siembra y la segunda en prefloración.

Variables a evaluadas

Días a floración: Esta se registró cuando el cincuenta por ciento de las plantas dentro de cada parcela tenía al menos una flor abierta.

Días a madurez fisiológica: Esta se registró cuando el noventa por ciento de las vainas y las hojas pierden su pigmentación verde en un cincuenta por ciento

Peso de cien semillas; En cada tratamiento se seleccionaron cien granos completamente al azar y se registró el peso en gramos.

Rendimiento; En cada tratamiento se recolectaron la plantas a las que se les determinó el peso por parcela (kg) y su conversión a kilos por hectárea.

Índice de cosecha

Para la determinación del índice de cosecha (IC) se utilizó el método propuesto por Morales-Rosales *et al.*, (2008) donde se tomó el peso seco de grano, biomasa total de la planta (sin incluir raíz y hojas desprendidas), en etapa reproductiva R₉ y se estimó mediante la relación del rendimiento agronómico entre la biomasa total, esto se realizó para cada genotipo y repetición.

IC = (PG X 100) / BT; Donde IC = Índice de Cosecha, PG = Peso de grano, BT = Biomasa total (Peso Paja + Peso Grano).

Localidad Celaya, Gto. (L₂). La siembra se realizó el 18 de julio del 2017. Estableciéndose un diseño látice 6 X 7 con dos repeticiones, de las líneas provenientes la cruce biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Dalia en generación F₉. Así mismo, se estableció el diseño látice 6 X 7 con dos repeticiones de las líneas provenientes entre la cruce biparental Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia en generación F₇, la unidad experimental consto de 4.5 metros lineales por 0.76 metros de ancho de surco y la distancia entre plantas fue de diez centímetros, la fertilización que se aplicó al suelo en la siembra fue la 25-25-10 (N-P₂O₅-K₂O) respectivamente. Las variables evaluadas fueron:

Número de plantas por parcela; en la parcela útil se contó el total de número de plantas, para determinar el total de la población al final del ciclo. Para las variables; días a floración, peso de cien semillas y rendimiento por hectárea fueron descritas anteriormente.

Modelo estadístico

El análisis estadístico que se utilizó bajo condiciones de riego y temporal para todas las variables medidas individualmente, como bloques completos al azar ($Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$) donde;

Y_{ij} = el valor fenotípico del i-esimo genotipo obtenido en el j-esimo repetición

μ = efecto de la media general

α_i = efecto del iésimo tratamiento

β_j = efecto del jésima repetición

ϵ_{ij} = error del iésimo tratamiento y la jésima repetición

Y en forma combinada ($Y_{ijk} = \mu + L_i + T_i + LT_{ij} + B_{r(ij)} + E_{ijk}$) para determinar las diferencias entre los ambientes (L), genotipos (T), y la interacción localidad por tratamiento. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con $\alpha = 0.05$.

La heredabilidad fue estimada de acuerdo a lo propuesto por Toker *et al.*, (1998) quienes mencionan que en sentido amplio se estima a partir de los componentes de varianza resultante de las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios del ANOVA combinado cuyo modelo fue establecido previamente. Esta fue calculada mediante la siguiente formula:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_F} = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_G + \sigma_{GXA} + \sigma^2_E} \times 100$$

Donde;

h^2 : Heredabilidad en sentido amplio

σ^2_G : Componente de varianza genética

σ_{GXA} : Componente de varianza de la interacción genotipo x ambiente (localidad)

σ^2_E : Componente de varianza del error

Determinación de oscurecimiento lento de testa en genotipos de frijol.

Se realizó la caracterización visual del oscurecimiento, para ello, se expusieron los granos de las líneas superiores en rendimiento a rayos UV (rayos ultravioleta) de acuerdo con la metodología propuesta por Junk-Knievel *et al.*, (2007) quienes señalaron que los rayos no perjudican la germinación de la semilla, independientemente del ambiente donde se hayan cultivado. Las muestras fueron colocadas en cajas Petri de vidrio, las semillas se distribuyeron uniformemente en la caja, cubriendo por completo la parte inferior. Las cajas con semillas fueron puestas a una distancia de 10 cm bajo los rayos UV. Además de las líneas se incluyó como testigo a la variedad Pinto Saltillo que presenta oscurecimiento lento de testa.

Para determinar el efecto de la luz UV sobre la expresión de la luminosidad y el tono del color se utilizó un cromatógrafo “colorímetro” (Konica Minolta CR-400), donde el objetivo fue determinar el grado de luminosidad y la intensidad del color de la testa de cada una de las líneas y testigo. (Tarlak *et al.*, 2016; CIE / L* a*b, 2018). La Institución Internacional de colorimetría (Comisión internacional de l'Eclairage), indica que se toman tres coordenadas para ubicar un color en un espacio xyY, donde se representa por dos ejes “x, y” y su luminosidad el eje Y. En 1976 el modelo evolucionó CIELab (L*a*b), el cual indica tres valores;

L = Eje de luminosidad donde va de 0 (negro) a 100 (blanco) expresado como porcentaje

a = Eje de coordenadas donde es la variación entre rojizo – verde

b = Eje de coordenadas donde es la variación de entre amarillo - azulado

Para determinar los parámetros de luminosidad y color de la capa de la semilla se tomaron lecturas consecutivas de cada muestra, la primera a las cero horas para cada repetición, después se tomaron cada 12 horas, hasta cumplir 72 horas. También se tomaron fotografías para observar el avance del oscurecimiento por la exposición de los rayos UV. Para esta prueba se utilizó semilla producida en la localidad de Calera, Zac.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza para cada localidad y juego de líneas (ANVA), por separado para observar las interacciones entre genotipos y un análisis combinado para cada tipo de frijol, para observar el comportamiento de interacción genotipo por ambiente y la variación entre los ambientes. Así como, para observar el comportamiento de los genotipos conforme fueron expuestos a los rayos UV. Se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas bajo riego

Durante la evaluación de las progenies bajo condiciones de riego por gravedad en Celaya Guanajuato, no se presentaron eventos de precipitación de consideración que favorecieran el desarrollo del cultivo, por el contrario los eventos de precipitación presentados al final del ciclo del cultivo retrasaron la cosecha. La temperatura promedio más alta registrada fue de 32.87 ° C, y la temperatura mínima fue de 4.36 ° C. En la Figura 3, se puede observar la tendencia del aumento de la temperatura en la etapa de prefloración, floración y llenado de grano.

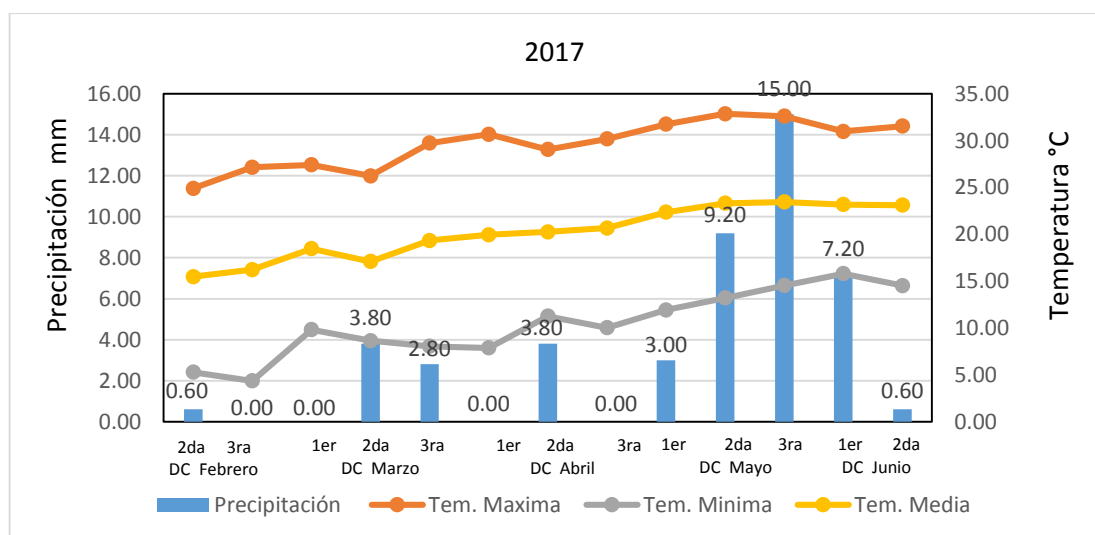


Figura 3. Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Celaya Guanajuato bajo riego.

Condiciones climáticas bajo temporal en la localidad de Calera, Zacatecas.

Durante el desarrollo del cultivo (L_1) se presentaron 294.9 mm de precipitación, donde en la primer decena se presentaron 20.9 mm, misma humedad que se aprovechó para el establecimiento del cultivo (Figura 4), se puede apreciar que se presentaron cuatro eventos de lluvia importantes para el desarrollo del cultivo, el primero se presentó en la segunda decena del mes de julio con 67.5 mm, el segundo a los 50 días después de la siembra coincidiendo con la floración de las progenies, el tercero de importancia fue en la primer

decena del mes de septiembre y el último de importancia para el cultivo se presentó en la última decena del mismo mes, logrando mantener el cultivo con humedad adecuada en floración y comienzo de la etapa reproductiva, por lo que se considera que el rendimiento no fue afectado por estrés de humedad.

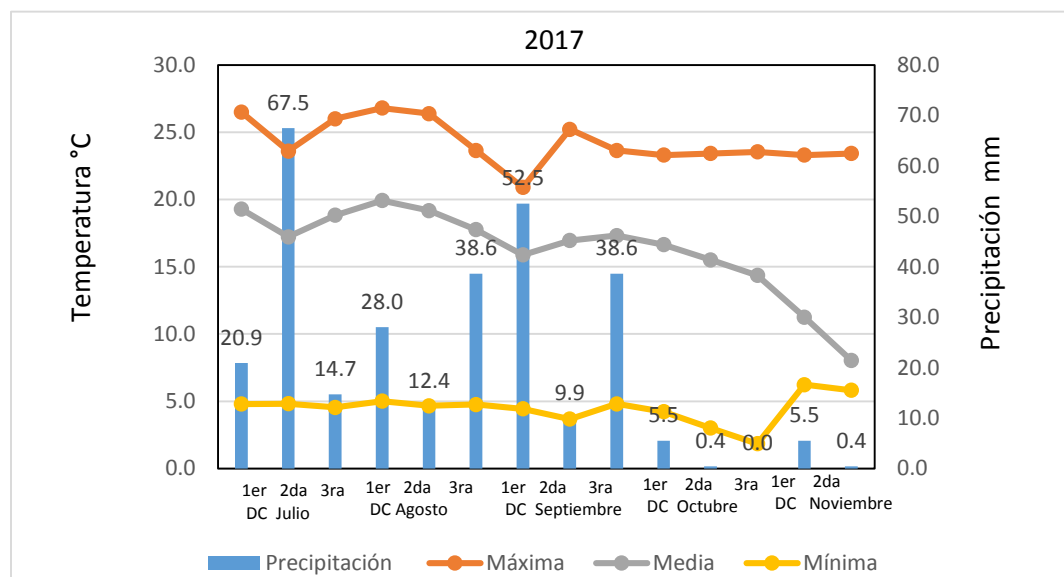


Figura 4. Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Zacatecas.

Condiciones climáticas bajo temporal en la localidad de Celaya, Guanajuato.

En el desarrollo del cultivo (L_2) se presentaron 269.80 mm de precipitación, donde en la segunda decena del mes de julio se presentaron 36.80 mm, misma humedad que se aprovechó para el establecimiento del cultivo (Figura 5), el cultivo permaneció con humedad durante la etapa vegetativa. Se presentó un evento considerable de precipitación en floración de 52.40 milímetros, el último evento de consideración se presentó en la tercera decena del mes de septiembre, por lo que se considera que la etapa de llenado de grano fue ligeramente afectada.

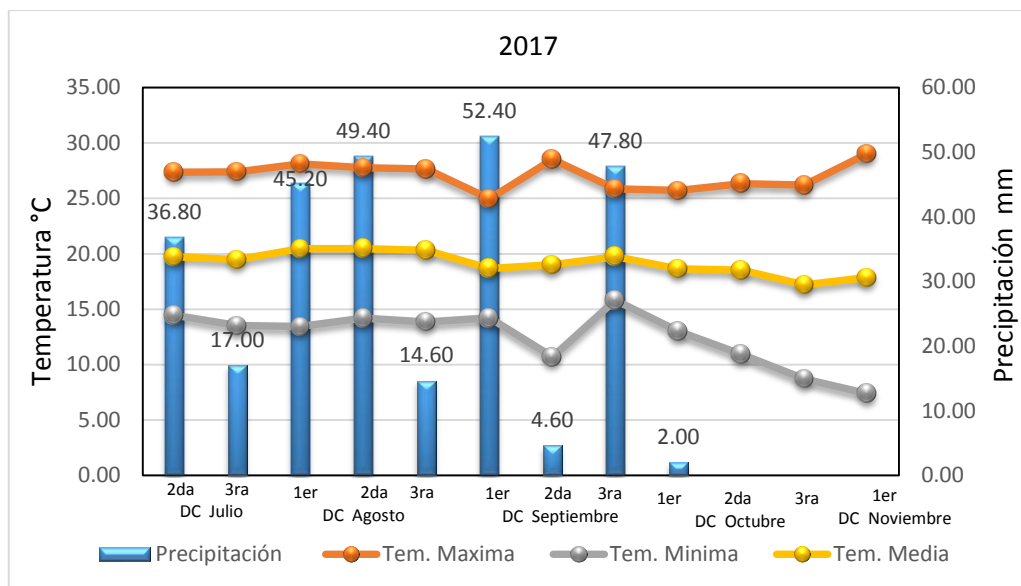


Figura 5. Precipitación pluvial acumulada por decena, temperatura máxima, media y mínima, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Líneas de frijol flor de junio bajo condiciones de riego por gravedad.

En el (Cuadro 3), se muestra el comportamiento de las progenies provenientes de la crucea biparental entre las variedades Pinto Saltillo x Flor de Junio Dalia en la localidad de Celaya Guanajuato bajo condiciones de riego por gravedad. Donde no se encontraron diferencias significativas para rendimiento por hectárea entre las progenies ($P=0.142$). Sin embargo, con la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se puede apreciar que el tratamiento 23 presentó el mayor rendimiento mostrando $828.2 \text{ kg. ha}^{-1}$, en segundo lugar lo mostró el tratamiento 14 con un rendimiento de $796.7 \text{ kg. ha}^{-1}$, el tratamiento que menor rendimiento mostró fue el 42 presentando 71.9 kg. ha^{-1} . A los efectos de las altas temperaturas durante la fase reproductiva se le atribuyen los bajos rendimientos. Debido a la poca disponibilidad de semilla solo se establecieron dos repeticiones, por lo que el bajo número de réplicas incremento el error experimental reflejado en el coeficiente de variación alto, ya que esta variable es altamente influenciada por el ambiente. Los bajos rendimientos mostrados bajo el sistema de producción de riego por gravedad concuerda con lo reportado por Barrios-Gómez *et al.*, (2011) donde señalan que las temperaturas altas del aire pueden afectar el desarrollo de las plantas, ya que afectan los diferentes procesos de crecimiento, así mismo, pueden reducir la fotosíntesis.

La temperatura alta en la etapa de prefloración disminuye la producción y, ésta es afectada con mayor medida cuando la humedad relativa es baja, sin embargo, las temperaturas altas nocturnas tienen efectos más considerables que las diurnas, por lo que se reduce la viabilidad del polen, acortan el periodo de crecimiento de órganos reproductivos, también se presentan aborto de botones florales y reducción del número de granos por vaina, el tamaño de semilla y el rendimiento. De acuerdo al comportamiento estadístico de las progenies se pudo observar cinco grupos, de los cuales solo uno es el que predomina. También se pudo observar que las altas temperaturas presentadas desde la etapa vegetativa de pre floración hasta la R₉ llenado del grano, durante el proceso de homocigosis algunas progenies fijaron mayor cantidad de genes tolerantes a altas temperaturas por lo que presentaron mayor rendimiento.

Cuadro 3. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas tipo flor de junio bajo riego por gravedad en el ciclo primavera del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media (kg.ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg.ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg.ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg.ha ⁻¹)	
23	828.20	a ¹	27	516.2	abc	2	321.2	abc	32	232.4	abc
14	796.70	a	4	497.4	abc	26	307.4	abc	11	213.7	abc
16	760.70	ab	29	445.8	abc	41	300.7	abc	36	211.2	abc
38	674.10	abc	28	430.7	abc	9	297.7	abc	18	209.9	abc
5	662.00	abc	10	423.4	abc	12	292.2	abc	33	203.8	abc
3	630.80	abc	1	389.2	abc	19	288.9	abc	21	162.1	bc
15	629.90	abc	20	383.4	abc	17	283.8	abc	31	114.0	c
25	534.20	abc	8	368.3	abc	40	261.6	abc	37	111.2	c
35	533.50	abc	13	355.6	abc	7	244.2	abc	42	71.9	c
22	529.60	abc	6	349.9	abc	34	243.3	abc			
24	528.60	abc	39	328.6	abc	30	232.4	abc			

C.V. 66.27 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Líneas de frijol flor de mayo bajo condiciones de riego por gravedad

Al realizar el análisis de varianza para rendimiento, para progenies provenientes de la cruce biparental de las variedades Pinto Saltillo x Flor de Mayo Eugenia, bajo condiciones de riego por gravedad, se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0.000$) entre progenies, y altamente significativas ($P=0.0001$) entre repeticiones. De acuerdo con la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se puede observar que el tratamiento 24 presenta el mayor rendimiento de $386.5 \text{ kg. ha}^{-1}$, seguido del tratamiento 33 mostrando un rendimiento de $365.5 \text{ kg. ha}^{-1}$, los rendimientos de las progenies fueron muy fluctuantes entre 13.0 y $386.5 \text{ kg. ha}^{-1}$ (Cuadro 4). Los bajos rendimientos se atribuyen a lo mencionado por (Barrios-Gómez *et al.*, 2011; Nayyar *et al.*, 2005) donde señalan que las altas temperaturas durante la estación de crecimiento, pueden acentuar efectos irreversibles en las etapas más sensitivas del cultivo por lo que se reduce severamente el rendimiento de grano. Debido a la poca disponibilidad de semilla solo se establecieron dos repeticiones, por lo que el bajo número de réplicas incrementa el error experimental reflejado en el coeficiente de variación alto. El comportamiento fue similar para el efecto de la alta temperatura descrito anteriormente.

Cuadro 4. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 49 líneas flor de mayo bajo riego por gravedad en el ciclo primavera del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)	
24	386.5	a ¹	38	268.5	abcdefg	42	167.2	abcdefghij	9	37.2	Hij
33	365.5	ab	29	260.9	abcdefg	49	164.3	abcdefghij	1	36.3	Hij
44	343.5	abc	30	254.4	abcdefghi	15	155.2	abcdefghij	10	29.4	Ij
27	335.6	abc	37	245.0	abcdefghij	43	148.8	bcdefghij	2	28.42	Ij
45	332.3	abcd	39	237.2	abcdefghij	20	132.3	cdefghij	4	24.74	Ij
46	315.2	abcde	22	233.2	abcdefghij	16	128.0	cdefghij	3	20.1	J
28	313.4	abcde	26	229.2	abcdefghij	19	117.2	cdefghij	8	19.6	J
47	310.4	abcde	25	224.3	abcdefghij	12	116.8	cdefghij	6	15.1	J
40	308.3	abcde	31	201.7	abcdefghij	13	101.5	defghij	7	13.4	J
34	297.9	abcdef	36	195.4	abcdefghij	21	83.5	efghij	5	13.2	J
32	294.7	abcdef	48	192.2	abcdefghij	18	72.9	fghij			
41	290.7	abcdef	35	186.9	abcdefghij	11	54.2	hgij			
23	286.0	abcdef	17	173.1	abcdefghij	14	48.1	hgij			

C.V. 51.08 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Ya que esta variable de interés comercial es altamente influenciada por el ambiente. La respuesta de las progenies coincide con lo señalado por (Rainey y Griffiths 2005), donde

el estrés causado por el calor presentado en la etapa de inicio de floración disminuye el rendimiento y calidad. Las progenies fueron afectadas de manera diferencial por el calor.

Siembra bajo condiciones de temporal en la localidad de Zacatecas

Líneas flor de junio

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para días a floración ($P = 0.113$), sin embargo, en la comparación de medias por el método Duncan $\alpha = 0.05$, hubo diferentes agrupamientos para los tratamientos; el 11 fue el tratamiento de mayor duración a floración con 50 días después de la siembra, seguido del tratamiento 10 con 49.5 días, el tratamiento con menor días a floración fue el 36 con 46.0 días (Cuadro 5). Lamz *et al.*, (2017) señalaron que las progenies más precoces pueden ser utilizadas como un mecanismo de evasión del estrés, este proceso involucra un desarrollo fenológico rápido de floración, maduración temprana, así como plasticidad ambiental.

Cuadro 5. Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	df			df			df			df	
11	50.0	a ¹	20	48.8	abcde	36	48.3	abcdef	21	47.8	abcdef
10	49.8	ab	38	48.8	abcde	32	48.3	abcdef	35	47.8	abcdef
28	49.5	abc	8	48.8	abcde	37	48.0	abcdef	34	47.8	abcdef
9	49.3	abcd	12	48.8	abcde	29	48.0	abcdef	25	47.5	bcdef
13	49.3	abcd	24	48.8	abcde	15	48.0	abcdef	6	47.3	cdef
2	49.3	abcd	26	48.5	abcde	18	48.0	abcdef	5	47.0	def
27	49.0	abcd	14	48.5	abcde	42	48.0	abcdef	1	47.0	def
16	49.0	abcd	40	48.5	abcde	33	47.8	abcdef	7	46.5	ef
22	49.0	abcd	3	48.3	abcdef	39	47.8	abcdef	31	46.0	f
17	48.8	abcd	30	48.3	abcdef	41	47.8	abcdef			
23	48.8	abcd	4	48.3	abcdef	19	47.8	abcdef			

C.V. 2.86 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

En el análisis de varianza para días a madurez fisiológica se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) entre tratamientos. De acuerdo con la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha = 0.05$, se puede observar el diferente agrupamiento entre tratamientos, donde los días a madurez fluctuaron entre los 99 y 104 días (Cuadro 6). De acuerdo a lo reportado por Acosta-Gallegos *et al.*, (2014) las

progenies que presentaron diferencia de un día a madurez fisiológica respecto a la variedad Flor de Junio Dalia la cual fue utilizado como progenitor masculino, misma que presenta 105 días a madurez fisiológica, sin embargo, los tratamientos mostraron diferentes comportamientos por lo que las progenies más precoces pudieran poseer genes del progenitor femenino Pinto Saltillo.

Cuadro 6. Comparación de medias para días a madurez fisiológica de 42 líneas de tipo flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	dmf			dmf			dmf			dmf	
11	104.0	a ¹	35	102.3	abcdef	1	101.5	abcdefg	30	100.8	Bcdefg
22	104.0	a	28	102.3	abcdef	12	101.5	abcdefg	25	100.5	Cdefg
40	104.0	a	2	102.3	abcdef	7	101.5	abcdefg	13	100.3	Defg
32	103.8	ab	10	102.0	abcdefg	24	101.5	abcdefg	31	99.8	Defg
27	103.5	abc	41	101.8	abcdefg	37	101.3	abcdefg	18	99.5	Efg
38	103.5	abc	15	101.8	abcdefg	6	101.3	abcdefg	19	99.5	Efg
34	102.8	abcd	23	101.8	abcdefg	21	101.3	abcdefg	36	99.3	Fg
33	102.5	abcde	16	101.8	abcdefg	42	101.3	abcdefg	3	99.0	g
29	102.5	abcde	17	101.5	abcdefg	5	101.0	abcdefg	8	99.0	g
39	102.5	abcde	9	101.5	abcdefg	14	101.0	abcdefg			
26	102.5	abcde	4	101.5	abcdefg	20	100.8	bcdefg			

C.V. 1.75 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Para el peso de cien semillas (Cuadro 7), se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0.000$) entre tratamientos. Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha = 0.05$, se pudo observar que los tratamientos 41 y 37 presentan el mayor peso de cien semillas. También se presentaron diferentes agrupamientos de las progenies, donde de acuerdo a la significancia estadística el peso de las cien semillas fluctuó de 31 a 40 g. Según lo reportado por Osuna-Ceja *et al.*, (2012) y Rosales-Serna *et al.*, (2014) el peso de cien semillas de la variedad Pinto Saltillo progenitor hembra fluctúa de 29.2 a 30 g, por lo que los tratamientos de mayor peso de cien semillas se le atribuye a los efectos de genes aditivos, así como a la complementación génica, o a la segregación transgresiva donde el peso de las progenies supera a los progenitores (Beyene *et al.*, 2016).

Cuadro 7. Comparación de medias para peso de cien semillas de cuarenta y dos líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)	
41	40	a ¹	7	36	abcde	25	34	cdefgh	32	32	cdefgh
37	40	a	42	36	abcde	8	34	cdefgh	11	32	defgh
6	39	ab	2	35	bcdefg	29	33	cdefgh	19	32	defgh
35	36	abc	38	35	bcdefgh	28	33	cdefgh	40	32	efgh
31	36	abc	39	35	bcdefgh	18	33	cdefgh	17	32	fgh
1	36	abc	5	35	bcdefgh	24	33	cdefgh	16	32	fgh
9	36	abc	20	35	bcdefgh	23	33	cdefgh	27	31	gh
21	36	abc	36	35	bcdefgh	10	33	cdefgh	15	31	gh
30	36	abc	14	35	bcdefgh	22	33	cdefgh	34	31	h
4	36	abcd	13	34	cdefgh	33	33	cdefgh			
3	36	abcd	26	34	defgh	12	33	cdefgh			

C.V. 6.69 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Para el rendimiento por hectárea se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P = 0.001$). En la comparación de medias se observa que el tratamiento con mayor rendimiento fue el 39 con 2.599 kg ha^{-1} , seguido del 42 cuyo rendimiento fue de 2.591 kg ha^{-1} ; el tratamiento de menor rendimiento fue el 11 el cual mostró 0.874 kg ha^{-1} (Cuadro 8). El rendimiento mostrado bajo condiciones de temporal para esta localidad supera a lo reportado por Acosta-Gallegos *et al.*, (2014) donde el progenitor macho Flor de Junio Dalia mostró un rendimiento promedio de $1.818 \text{ kg. ha}^{-1}$. Por lo que las primeras dos progenies de mayor rendimiento superan al progenitor macho en un 69 %. Esta respuesta pudiera atribuirse a lo señalado por Beyene *et al.*, (2016) y Delgado *et al.*, (2013) donde la complementación génica, los efectos aditivos y la condición ambiental favorecieron la presencia de caracteres transgresivos positivos, logrando que la progenie supere a los progenitores en rendimiento.

Cuadro 8. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media (kg ha^{-1})		Trata.	Media (kg ha^{-1})		Trata.	Media (kg ha^{-1})		Trata.	Media (kg ha^{-1})	
39	2.599	a ¹	35	1.969	abcdefg	21	1.769	bcdefg	24	1.490	fgh
42	2.591	a	8	1.965	abcdefg	33	1.744	bcdefg	32	1.479	Fgh
37	2.442	ab	9	1.958	abcdefg	29	1.731	bcdefg	10	1.479	Fgh
1	2.411	abc	26	1.942	abcdefg	25	1.697	bcdefg	19	1.408	Fgh
41	2.398	abcd	4	1.936	abcdefg	20	1.644	bcdefg	17	1.390	Fgh
38	2.333	abcde	3	1.935	abcdefg	23	1.626	cdefgh	14	1.373	Fgh
36	2.127	abcdef	2	1.906	abcdefg	12	1.613	cdefgh	16	1.323	Fgh
7	2.086	abcdef	18	1.853	abcdefg	34	1.602	defgh	22	1.181	Gh
13	2.038	abcdef	40	1.842	abcdefg	15	1.565	efgh	11	0.847	H
6	2.035	abcdef	30	1.827	abcdefg	27	1.510	fgh			
31	1.979	abcdefg	5	1.804	abcdefg	28	1.506	fgh			

C.V. 25.27 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

En el (Cuadro 9), se observa que no hubo diferencias significativas entre tratamientos para el índice de cosecha ($P = 0.790$), sin embargo, la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha = 0.05$, señala diferentes agrupaciones estadísticas entre tratamientos, donde el índice de cosecha fluctuó entre los 29.5 y 55.8 por ciento. La respuesta de los tratamientos fue muy similar por lo que las de mejor comportamiento se pueden atribuir a una mejor adaptación al sitio de evaluación. Acosta-Díaz *et al.*, (2009) señalan que el índice de cosecha está estrechamente relacionado con el rendimiento, por lo que puede ser utilizado para seleccionar progenies sobresalientes que muestren alta relación entre masa y biomasa total, ya que puede ser útil como criterio de selección de materiales resistentes a sequía.

Cuadro 9. Comparación de medias para índice de cosecha de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media (%)		Trata.	Media (%)		Trata.	Media (%)		Trata.	Media (%)	
38	55.8	a ¹	6	49.3	abcd	18	45.5	abcde	17	41.8	abcde
36	53.3	ab	20	49.0	abcd	40	45.0	abcde	28	41.0	abcde
13	51.8	abc	9	48.5	abcd	12	45.0	abcde	21	40.5	abcde
41	50.8	abc	42	48.5	abcd	34	45.0	abcde	23	40.3	abcde
39	50.5	abc	37	48.3	abcd	25	44.5	abcde	2	39.5	abcde
30	50.3	abc	16	48.3	abcd	5	44.3	abcde	14	37.5	bcde
26	50.0	abcd	7	47.8	abcd	29	44.0	abcde	22	34.8	cde
3	49.8	abcd	4	47.8	abcd	19	43.8	abcde	32	33.0	de
31	49.8	abcd	10	46.8	abcd	35	43.8	abcde	11	29.5	e
8	49.5	abcd	33	46.3	abcde	15	42.5	abcde			
1	49.3	abcd	27	45.5	abcde	24	41.8	abcde			

C.V. 21.21

¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Líneas flor de mayo

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para días a floración ($P = 0.324$), sin embargo, en la comparación de medias se observó que los tratamientos con mayor días a floración fueron el 39, 12, 40, y 24, con 51.0, también se observó que la floración fluctuó entre 46.0 a 51.0 días (Cuadro 10). Los tratamientos presentan un comportamiento más precoz en comparación con lo reportado por Acosta *et al.*, (2010) donde menciona que la variedad Flor de Mayo Eugenia, misma que fue utilizada como progenitor macho, muestra un promedio de 55 días a floración después de la siembra.

Cuadro 10. Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	df			df			df			df	
39	51.0	a ¹	30	49.0	abc	42	48.5	abc	9	47.5	abc
12	51.0	a	36	49.0	abc	16	48.5	abc	3	47.5	abc
40	51.0	a	32	49.0	abc	22	48.5	abc	6	47.5	abc
24	51.0	a	17	48.5	abc	1	48	abc	13	47.5	abc
5	50.5	ab	25	48.5	abc	29	48	abc	20	47.0	bc
27	50.0	ab	21	48.5	abc	41	48	abc	15	47.0	bc
38	49.5	abc	19	48.5	abc	37	48	abc	2	47.0	bc
14	49.5	abc	11	48.5	abc	28	48	abc	33	47.0	bc
35	49.0	abc	10	48.5	abc	26	48	abc	8	46.0	c
31	49.0	abc	34	48.5	abc	23	47.5	abc			
18	49.0	abc	4	48.5	abc	7	47.5	abc			

C.V. 3.21 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Para días a madurez fisiológica el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P = 0.0001$), y en la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha = 0.05$, se observó que los tratamientos 41 y 42, fueron los que mostraron mayor días a madurez fisiológica. También se pudo observar que la madurez fisiológica de los tratamientos fluctuó entre 97.5 a 103 días (Cuadro 11). Acosta *et al.*, (2010) señalaron que el progenitor masculino Flor de Mayo Eugenia, presenta la madurez fisiológica entre 95 a 105 dependiendo de las condiciones climáticas. De acuerdo con lo reportado por Sánchez *et al.*, (2006) y Acosta *et al.*, (2008) señalan que la madurez fisiológica del progenitor femenino Pinto Saltillo fluctúa de 87 a 115 dependiendo de las condiciones climáticas, por lo tanto, no es evidente la tendencia de las progenies a la herencia de uno de los progenitores sobre esta característica.

Cuadro 11. Comparación de medias de 42 líneas flor de mayo para días a madurez fisiológica bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	dmf			dmf			dmf			dmf	
41	103.0	a ¹	28	101.0	abcd	32	100.0	abcde	17	99.0	bcde
42	103.0	a	25	101.0	abcd	10	100.0	abcde	19	99.0	bcde
40	102.0	ab	16	101.0	abcd	21	99.5	bcde	8	98.5	cde
38	102.0	ab	31	101.0	abcd	9	99.5	bcde	11	98.0	ed
27	101.5	abc	4	100.5	abcde	23	99.5	bcde	24	98.0	ed
39	101.5	abc	35	100.5	abcde	12	99.5	bcde	2	98.0	ed
26	101.5	abc	34	100.5	abcde	7	99.5	bcde	13	97.5	e
22	101.5	abc	36	100.5	abcde	14	99.5	bcde	1	97.5	e
37	101.0	abcd	5	100.0	abcde	18	99.5	bcde	20	97.5	e
33	101.0	abcd	3	100.0	abcde	6	99.5	bcde			
15	101.0	abcd	30	100.0	abcde	29	99.0	bcde			

C.V. 1.30 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para peso de cien semillas ($P = 0.230$), sin embargo, en la comparación de medias se pudo observar que los tratamientos 13 y 14 presentaron mayor peso de cien semillas con 44 g. El comportamiento de los tratamientos fluctuó de 36 a 44 g (Cuadro 12). De acuerdo a lo reportado por Sánchez *et al.*, (2006) el peso de cien semillas del progenitor femenino Pinto Saltillo fluctúa de 31 a 34 g, en contra parte el peso de cien semillas del progenitor macho Flor de Mayo Eugenia fluctúa de 26 a 32 g (Acosta *et al.*, 2010). Las progenies presentan mayor peso de cien semillas comparado con los progenitores, este comportamiento pudiera atribuirse a lo señalado por Beyene *et al.*, (2016) quienes señalan que la presencia de caracteres transgresivos puede favorecer a la progenie, superando a los parentales en esta característica de interés comercial.

Cuadro 12. Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	(g)			(g)			(g)			(g)	
13	44	a ¹	2	40	abcd	17	39	abcd	4	38	cd
24	44	ab	35	40	abcd	18	39	bcd	7	38	cd
1	43	abc	16	40	abcd	3	39	bcd	5	38	cd
8	43	abc	15	40	abcd	36	39	bcd	25	37	cd
39	42	abcd	40	40	abcd	31	39	bcd	38	37	d
42	42	abcd	9	40	abcd	29	39	bcd	11	37	d
33	42	abcd	14	39	abcd	30	38	cd	32	37	d
12	41	abcd	23	39	abcd	26	38	cd	19	37	d
27	41	abcd	20	39	abcd	41	38	cd	6	36	d
21	41	abcd	37	39	abcd	34	38	cd			
22	40	abcd	28	39	abcd	10	38	cd			

C.V. 5.12 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para rendimiento por hectárea ($P = 0.001$), la comparación de medias muestra que el tratamiento 37 presenta el mayor rendimiento $3.230 \text{ kg. ha}^{-1}$, en segundo lugar lo mostró el tratamiento 41 con $3.156 \text{ kg. ha}^{-1}$, el tratamiento 12 fue el de menor rendimiento $1.496 \text{ kg. ha}^{-1}$ (Cuadro 13). El rendimiento de los tratamientos supera a lo reportado por Acosta *et al.*, (2010) donde señala que el rendimiento presentado por el progenitor masculino Flor de Mayo Eugenia fluctúa de 0.800 a $2.000 \text{ kg. ha}^{-1}$, bajo condiciones de temporal. El alto rendimiento de los tratamientos pudiera atribuirse a genes aditivos, a la complementación génica, o también pudo deberse a la expresión de caracteres transgresivos (Beyene *et al.*, 2016; Delgado *et al.*, 2013) debido a la fijación de genes favorables que incrementaron el rendimiento.

Cuadro 13. Comparación de medias de 42 líneas flor de mayo para rendimiento por hectárea bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)	
37	3.230	a ¹	10	2.411	abcdef	20	1.963	defg	9	1.787	fgh
41	3.156	ab	36	2.371	abcdef	15	1.950	efgh	19	1.756	fgh
42	2.907	abc	28	2.338	abcdef	13	1.947	efgh	5	1.748	fgh
40	2.861	abcd	34	2.289	abcdef	8	1.940	efgh	14	1.746	fgh
26	2.720	abcde	27	2.264	cdefh	17	1.928	efgh	11	1.740	fgh
38	2.633	abcdef	24	2.254	cdefh	3	1.899	efgh	4	1.625	gh
39	2.629	abcdef	35	2.205	cdefh	18	1.894	efgh	7	1.623	gh
33	2.546	abcdef	31	2.184	cdefh	21	1.891	efgh	16	1.606	gh
29	2.473	abcdefg	1	2.139	cdefh	25	1.845	efgh	12	1.496	h
30	2.468	abcdefg	23	2.055	cdefh	6	1.827	efgh			
32	2.424	abcdefg	2	2.000	defh	22	1.819	efgh			

C.V. 16.85 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para índice de cosecha ($P = 0.790$), sin embargo, la comparación de medias muestra que el tratamiento 36 presentó el mayor índice de cosecha con 67.0 %, en segundo lugar lo mostró el tratamiento 37 con 63.98 %, el tratamiento con menor índice de cosecha lo mostró el tratamiento 25 con 41.78 % (Cuadro 14). Acosta *et al.*, (1999) indica que el índice de cosecha está estrechamente relacionado con la adaptación y el rendimiento bajo condiciones de temporal.

Cuadro 14. Comparación de medias para índice de cosecha de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Zacatecas.

Trat.	Media (%)		Trat.	Media (%)		Trat.	Media (%)		Trat.	Media (%)	
36	67.04	a ¹	26	52.59	abc	19	50.33	abc	2	47.18	abc
37	63.98	ab	31	52.34	abc	9	50.15	abc	4	45.81	abc
42	63.01	abc	20	52.16	abc	13	50.10	abc	6	45.63	abc
41	54.97	abc	34	52.16	abc	10	50.06	abc	15	45.38	bc
32	54.86	abc	18	51.96	abc	29	49.94	abc	7	45.34	bc
30	54.82	abc	35	51.73	abc	11	49.86	abc	21	44.78	bc
8	54.56	abc	28	51.43	abc	38	49.68	abc	3	44.62	bc
40	54.30	abc	23	50.97	abc	22	49.46	abc	12	42.95	c
24	53.89	abc	27	50.67	abc	17	48.59	abc	25	41.78	c
33	52.90	abc	14	50.53	abc	1	47.67	abc			
39	52.85	abc	16	50.51	abc	5	47.33	abc			

C.V 17.03

¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Siembra bajo condiciones de temporal en la localidad de Celaya, Guanajuato.

Líneas flor de junio

En el análisis de varianza para número de plantas por parcela (Cuadro 15), no reporta diferencias significativas entre tratamientos ($P=0.187$), sin embargo, de acuerdo con la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se observa que el tratamiento 26 presentó el mayor número de plantas con 63.5, seguido del tratamiento 21 con 53.5, el tratamiento con menor número de plantas fue el 35 con 20.5 plantas. Jiménez *et al.*, (2014) señalan que la densidad apropiada para condiciones de temporal es de doce plantas por metro cuadrado, por lo que para el caso de la localidad el promedio de plantas fue de ocho plantas en un metro cuadrado.

Cuadro 15. Comparación de medias para número de plantas de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	np			np			np			np	
26	63.5	a ¹	37	43.0	abcde	30	40.5	abcde	8	32.5	bcde
21	53.5	ab	16	42.5	abcde	5	39.5	abcde	19	32.5	bcde
7	53.5	ab	14	42.5	abcde	13	37.5	bcde	20	31.0	bcde
40	52.0	abc	33	42.5	abcde	39	37.5	bcde	29	29.0	bcde
18	48.5	abc	31	42.0	abcde	36	35.0	bcde	6	29.00	ebcde
15	47.5	abc	10	41.5	abcde	28	35.0	bcde	1	28.00	cde
11	46.5	abcd	17	41.5	abcde	22	34.5	bcde	12	28.00	cde
2	46.5	abcd	38	41.0	abcde	32	33.5	bcde	34	22.00	cde
9	45.5	abcde	42	41.0	abcde	4	33.0	bcde	35	20.50	e
25	45.0	abcde	3	41.0	abcde	24	33.0	bcde			
41	45.0	abcde	23	41.0	abcde	27	33.0	bcde			

C.V. 25.88

¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

En el análisis de varianza para peso de cien semillas se observaron diferencias altamente significativas ($P=0.001$) para tratamientos; de acuerdo con la comparación de medias el tratamiento 30 mostró el mayor peso de cien semillas 34.7 g, seguido del 42 con, 34.4 g, el tratamiento de menor peso fue el 24 con 24.9 g (Cuadro 16). El peso de cien semillas de acuerdo con Sánchez *et al.*, (2009) puede corresponder a características del progenitor Pinto Saltillo, mismo que fue utilizado como hembra, la cual presenta una fluctuación de peso de cien semillas de 30 a 34 g. Por lo que el comportamiento de las progenies superiores pudiera deberse a la influencia paterna.

Cuadro 16. Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas de tipo de flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)		Trata.	Media (g)	
30	34.7	a ¹	36	30.75	abcdefgh	18	28.35	cdefghij	23	27.00	efghij
42	34.4	a	12	30.20	abcdefghi	27	28.30	cdefghij	24	26.60	fghij
4	33.4	ab	7	30.15	abcdefghi	1	28.10	cdefghij	9	26.40	ghij
35	32.6	abc	20	30.05	abcdefghi	25	28.05	cdefghij	11	26.40	hgij
8	32.4	abc	29	29.80	abcdefghij	32	28.05	cdefghij	13	25.95	hij
37	32.2	abcd	17	29.75	abcdefghi	10	27.95	cdefghij	33	25.65	ij
6	31.7	abcde	21	29.70	abcdefghi	26	27.85	cdefghij	34	25.15	ij
41	31.6	abcdef	14	28.95	bcdefghij	40	27.70	cdefghij	15	24.95	j
39	31.2	abcdefg	3	28.85	bcdefghij	2	27.50	cdefghij	22	24.90	j
31	31.0	abcdefgh	19	28.75	bcdefghij	28	27.15	defghij			
38	30.9	abcdefgh	5	28.65	bcdefghij	16	27.05	efghij			

C.V. 7.05 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento por hectárea ($P = 0.316$), sin embargo, en la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se observó que el tratamiento 26 mostró el mayor rendimiento con 2843.1 kg. ha⁻¹, seguido del tratamiento 17 con 2431.6 kg. ha⁻¹, el tratamiento de menor rendimiento fue la 34 con 584.8 kg. ha⁻¹ (Cuadro 17). Es conveniente destacar que a pesar de que no se encontraron diferencias en el análisis, la diferencia de rendimiento de los tratamientos es muy contrastante. Esto pudo deberse a que solo se establecieron dos repeticiones del experimento debido a la poca disponibilidad de semilla, por lo que el bajo número de repeticiones incremento el error experimental reflejado en el coeficiente de variación alto, ya que esta variable es altamente influenciada por el ambiente. Osuna-Ceja *et al.*, (2012) señalan que bajo condiciones de temporal la variedad Pinto Saltillo utilizada como progenitor femenino el rendimiento por hectárea es de 1,531. kg. ha⁻¹. Así mismo, Acosta-Gallegos *et al.*, (2014) señalan que la variedad flor de junio Dalia, utilizada como progenitor masculino presenta un promedio de rendimiento de 1,881 kg. ha⁻¹, por lo que el comportamiento de los tratamientos superiores pudiera atribuirse a los efectos de genes aditivos o a la complementariedad génica, también pudo

ser efecto de la segregación transgresiva positiva, ya que algunos tratamientos presentaron mayor peso que los progenitores (Beyene *et al.*, 2016).

Cuadro 17. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)	
26	2843.1	a ¹	39	1755.3	abcd	37	1336.8	bcde	41	1099.6	bcde
17	2431.6	ab	12	1700.4	abcd	9	1330.8	bcde	10	1070.1	bcde
18	2351.3	abc	8	1687.9	abcd	16	1327.8	bcde	32	1048.2	bcde
21	2328.3	abc	7	1684.2	abcd	19	1302.6	bcde	29	969.1	bcde
30	2203.8	abcd	38	1528.9	abcd	40	1268.4	bcde	28	931.6	cde
27	2183.8	abcd	4	1516.4	abcd	24	1265.8	bcde	13	920.3	cde
23	2097.4	abcd	14	1465.8	abcd	3	1212.6	bcde	33	838.5	de
6	1994.1	abcde	2	1429.7	abcd	15	1210.5	bcde	22	791.7	de
31	1977.6	abcde	42	1411.5	abcd	11	1125.0	bcde	34	584.8	e
25	1883.8	abcde	5	1405.3	abcd	1	1115.5	bcde			
20	1786.2	abcde	35	1392.5	abcd	36	1105.3	bcde			

C.V. 40.12 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Líneas Flor de Mayo

En el análisis de varianza no hubo diferencias significativas para días a floración entre tratamientos ($P=0.379$), sin embargo, en la comparación de medias se puede observar que el tratamiento con mayor días a floración fue el 33 con 51 días, seguido del 12 con 50 días. Se pudo observar que los tratamientos presentaron seis grupos estadísticos diferentes, por lo que los días a floración fluctuaron de 46.5 a 51 días después de la siembra (Cuadro 18). De acuerdo con Acosta *et al.*, (2010) la variedad flor de Mayo Eugenia misma que fue utilizada como progenitor femenino presenta la floración a los 55 días. Por lo que los tratamientos de menores días a floración son de herencia materna.

Cuadro 18. Comparación de medias para días a floración de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	DF			DF			DF			DF	
33	51.0	a ¹	22	48.5	abc	39	48.0	abc	16	47.5	bc
12	50.0	ab	13	48.5	abc	34	48.0	abc	17	47.5	bc
19	49.0	abc	42	48.5	abc	15	48.0	abc	14	47.5	bc
2	49.0	abc	27	48.5	abc	10	48.0	abc	35	47.0	bc
1	49.0	abc	6	48.5	abc	31	48.0	abc	23	47.0	bc
38	49.0	abc	21	48.5	abc	25	48.0	abc	9	47.0	bc
11	49.0	abc	29	48.5	abc	4	47.5	bc	28	46.5	c
8	49.0	abc	37	48.5	abc	20	47.5	bc	40	46.5	c
18	49.0	abc	32	48.0	abc	7	47.5	bc	30	46.5	c
5	48.5	abc	24	48.0	abc	36	47.5	bc			
3	48.5	abc	26	48.0	abc	41	47.5	bc			

C.V. 2.55 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Se observaron diferencias altamente significativas para el peso de cien semillas ($P=0.008$) entre tratamientos, y de acuerdo a la comparación de medias se puede observar que los tratamientos 27, 20, 15 y 4 mostraron el mayor peso de cien semillas de 37 g; en general, el peso de cien semillas fluctuó de 30 a 37 g (Cuadro 19). Rosales-Serna *et al.*, (2014) señalan que la variedad Pinto Saltillo ha mostrado un peso de cien semillas de 30 g en múltiples localidades. Así mismo, Acosta *et al.*, (2010) señalan que la variedad Flor de Mayo Eugenia la cual fue utilizada como progenitor macho, presenta una fluctuación de 26 a 32 g por cien semillas. Por lo que se observó las progenies superan a el peso de cien semillas de los progenitores, según Beyene *et al.*, (2016) este comportamiento puede atribuirse a la acción génica aditiva, a la complementación génica y que en este carácter se favoreció por la segregación transgresiva positiva.

Cuadro 19. Comparación de medias para peso de cien semillas de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo primavera-verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	(g)			(g)			(g)			(g)	
27	37	a ¹	28	35	abcde	9	34	abcderfg	40	32	cdefg
20	37	a	25	35	abcdef	42	34	abcderfg	3	32	defg
15	37	ab	35	35	abcdef	12	34	abcderfg	26	32	defg
4	37	ab	19	35	abcdef	13	34	abcderfg	8	32	defg
17	36	abc	18	35	abcdef	31	34	abcderfg	33	31	efg
36	36	abc	7	35	abcdef	39	34	abcderfg	6	31	efg
37	36	abc	10	34	abcdef	5	33	abcderfg	2	31	efg
23	36	abcd	21	34	abcdef	34	33	abcderfg	41	31	fg
38	35	abcde	14	34	abcdef	16	33	bcdernfg	29	30	g
22	35	abcde	30	34	abcdef	1	32	cdernfg			
32	35	abcde	24	34	abcdef	11	32	cdernfg			

C.V. 5.26 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

La variable rendimiento por hectárea no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P=0.573$), sin embargo, de acuerdo a la comparación de medias, el tratamiento de mayor rendimiento fue 17 con $1.910 \text{ kg. ha}^{-1}$, el seguido del tratamiento 14 con $1.909 \text{ kg. ha}^{-1}$, el tratamiento con menor rendimiento fue el 1 con $0.461 \text{ kg. ha}^{-1}$ (Cuadro 20). Debido a la poca disponibilidad de semilla solo se establecieron dos repeticiones, por lo que el bajo número de repeticiones incremento el error experimental reflejado en el coeficiente de variación alto, ya que esta variable es altamente influenciada por el ambiente. El rendimiento mostrado por tratamientos es similar a lo reportado por Acosta *et al.*, (2010) donde los rendimiento del progenitor masculino Flor de Mayo Eugenia fluctúan entre 800 a 2000 kg. ha^{-1} . Por lo que el alto rendimiento de las progenies se le atribuye a herencia paterna ya que Osuna-Ceja *et al.*, (2012) reportan que el rendimiento de la variedad Pinto Saltillo es de $1,531 \text{ kg. ha}^{-1}$.

Cuadro 20. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017, en la localidad de Celaya Guanajuato.

Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg ha ⁻¹)	
17	1.910	a ¹	11	1.321	abc	10	1.23	abc	39	0.852	abc
14	1.909	a	18	1.291	abc	15	1.219	abc	41	0.839	abc
22	1.713	ab	27	1.286	abc	33	1.207	abc	28	0.825	abc
36	1.638	ab	9	1.283	abc	32	1.191	abc	5	0.811	abc
31	1.590	abc	4	1.280	abc	16	1.132	abc	6	0.807	abc
12	1.575	abc	30	1.274	abc	29	1.081	abc	8	0.792	abc
37	1.412	abc	25	1.270	abc	38	1.014	abc	40	0.783	abc
24	1.410	abc	19	1.260	abc	35	0.954	abc	2	0.662	bc
7	1.374	abc	23	1.259	abc	13	0.933	abc	1	0.461	c
42	1.368	abc	26	1.243	abc	3	0.887	abc			
20	1.334	abc	34	1.237	abc	21	0.878	abc			

C.V. 39.02 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Análisis combinado de localidades para líneas de frijol flor de junio

Peso de cien semillas

El análisis de varianza combinado para peso de cien semillas (Cuadro 21) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P = 0.0001$), también hubo diferencias entre localidades ($P = 0.0001$), y en la interacción localidad por tratamiento ($P = 0.0001$). El tratamiento con mayor peso de cien semillas fue la 41 con 38 g, seguido del 37 con 37 g, el tratamiento de menor peso fue el 34 con 28 g. Según Rosales-Serna *et al.*, (2014) y Osuna-Ceja *et al.*, (2012) el peso de cien semillas de la variedad Pinto Saltillo en múltiples localidades del altiplano fluctúa de 29.2 a 30 g, mientras que el de los tratamientos fue diverso, sin embargo, las progenies que presentan mayor peso pudieran atribuirse a los efectos de genes aditivos o a la complementariedad génica, también pudo ser efecto de la segregación transgresiva positiva, ya que algunas de las progenies presentaron mayor peso que los progenitores (Beyene *et al.*, 2016). Aunque el peso de cien semillas es una característica de interés en la demanda del mercado, esta característica es complicada de seleccionar, según Lee *et al.*, (2015) existen por lo menos

seis genes que interactúan para la expresión del tamaño del grano, encontrando que la heredabilidad para esta característica fue de 36 por ciento considerándose como intermedia.

Cuadro 21. Comparación de medias para peso de cien semillas del análisis combinado de 42 líneas de tipo flor de junio establecida bajo temporal en dos localidades en el ciclo Primavera-Verano del 2017.

Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media		Trata.	Media	
	(g)			(g)			(g)			(g)	
41	38	a ¹	8	33	cdefghi	29	31	fghijkl	40	30	jkl
37	37	ab	21	33	cdefghi	17	31	ghijkl	19	30	jkl
6	36	abc	42	33	cdefghi	26	31	hijkl	23	30	kl
35	35	abcd	1	32	defghij	28	31	hijkl	27	29	jkl
36	35	bcde	5	32	defghij	10	31	hijkl	22	29	kl
30	35	bcde	7	32	defghij	25	30	ijkl	32	29	kl
4	34	bcde	20	32	efghijk	12	30	ijkl	33	28	l
39	34	bcdef	14	32	efghijk	24	30	ijkl	15	28	l
38	34	bcdefg	2	32	efghijk	11	30	ijkl	34	28	l
3	34	bcdefgh	9	31	fghijkl	13	30	ijkl			
31	34	bcdefgh	18	31	fghijkl	16	30	ijkl			
h²=	36										

C.V. 5.83 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Rendimiento por hectárea

En el análisis de varianza combinado para rendimiento por hectárea (Cuadro 22), mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P = 0.001$), localidades ($P = 0.000$), y significativas para la interacción localidad por tratamiento ($P = 0.036$). Los tratamientos presentan buena estabilidad, aunque se requiere de más localidades para confirmar la aseveración anterior. El tratamiento de mayor rendimiento fue la 26 con 2.334 kg. ha⁻¹, seguido del 38 con 2.321 kg. ha⁻¹, el tratamiento de menor rendimiento fue el 22 con 0.930 kg. ha⁻¹. Osuna *et al.*, (2012) y Rosales-Serna *et al.*, (2014) señalan que bajo condiciones de temporal el rendimiento la variedad Pinto Saltillo fluctúa de 1,214 a 1,531 kg. ha⁻¹. Los resultados coinciden con lo reportado por Acosta-Gallegos *et al.*, (2012) quienes señalan a través de un análisis de varianza combinado para rendimiento las localidades de prueba fueron las que más influyeron en la variación observada. Sin embargo, para el caso de este estudio los tratamientos fueron menos influenciados por el

efecto de la interacción. Por lo que los tratamientos superiores en rendimiento, su respuesta se pudiera atribuir a efectos transgresivos (Beyene *et al.*, 2016; Delgado *et al.*, 2013) donde las condiciones del ambiente de selección influyeron en la fijación de genes que favorecieron el alto rendimiento de las progenies. La heredabilidad expresada para el rendimiento por hectárea fue baja con 12 por ciento. Esto pudiera atribuirse a que un complejo de genes interactúan sobre esta característica de valor comercial (Corte *et al.*, 2010).

Cuadro 22. Comparación de medias para rendimiento por hectárea del análisis combinado de 42 líneas de tipo flor de junio bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017.

Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		
26	2.334	a ¹	30	1.988	abcde	4	1.627	abcdefgh	32	1.278	cdefgh	
38	2.321	a	27	1.960	abcde	10	1.547	abcdefgh	24	1.231	cdefgh	
17	2.300	ab	6	1.946	abcde	16	1.529	abcdefgh	29	1.177	defgh	
42	2.228	ab	40	1.939	abcdef	36	1.528	abcdefgh	15	1.171	defgh	
39	2.203	ab	20	1.873	abcdef	19	1.524	abcdefgh	11	1.127	efgh	
21	2.179	ab	8	1.836	abcdefg	5	1.509	abcdefgh	28	1.057	fgh	
18	2.104	abc	7	1.829	abcdefg	13	1.500	abcdefgh	34	0.968	gh	
31	2.052	abcd	35	1.748	abcdefgh	3	1.500	abcdefgh	33	0.961	gh	
23	2.037	abcd	2	1.733	abcdefgh	1	1.492	abcdefgh	22	0.930	h	
37	2.010	abcde	25	1.634	abcdefgh	12	1.449	abcdefgh				
41	2.010	abcde	9	1.632	abcdefgh	14	1.413	bcdefgh				
h²=		12										

C.V. 30.17 ¹ Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Análisis combinado de localidades para líneas de frijol flor de mayo

Análisis combinado para peso de cien semillas

Para el análisis combinado para cien semillas no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.146$), sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades ($P = 0.000$), así mismo, se encontraron diferencias en la interacción localidad por tratamiento ($P = 0.025$), donde los tratamientos con mayor peso de cien semillas fueron el 24, 13 y 27 con 39 g, el tratamiento con menor peso de cien semillas fue el 40 con 26 g (Cuadro 23). De acuerdo a Rosales-Serna *et al.*, (2014) el peso

de cien semillas del progenitor hembra Pinto Saltillo fluctúa de 29.2 a 30 g, en contra parte el peso de cien semillas del progenitor macho Flor de Mayo Eugenia fluctúa de 26 a 32 g (Acosta *et al.*, 2010). Los resultados coinciden con lo reportado por Acosta-Gallegos *et al.*, (2012) donde el efecto de localidades fue el factor de mayor influencia de la variación para el peso de cien semillas. López-Salinas *et al.*, (2015) mencionan que la selección genotipo por ambiente permite seleccionar genotipos estables. La heredabilidad para el peso de cien semillas fue baja con 2 por ciento, esto pudiera atribuirse a lo señalado por Lee *et al.*, (2015) donde mencionan que esta característica está controlada por lo menos de seis genes. En cuanto a la heredabilidad fue sumamente baja en comparación a la presentada en los flores de junio.

Cuadro 23. Comparación de medias para peso de cien semillas, del análisis combinado de 42 líneas flor de mayo bajo temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017.

Trata	Media (g)		Trata	Media (g)		Trata	Media (g)		Trata	Media (g)	
24	39	a ¹	22	38	a	7	36	ab	5	35	ab
13	39	a	4	37	a	10	36	ab	2	35	ab
27	39	a	28	37	a	16	36	ab	3	35	ab
20	38	a	1	37	a	33	36	ab	26	35	ab
15	38	a	35	37	a	31	36	ab	41	34	ab
17	38	a	21	37	a	30	36	ab	11	34	ab
37	38	a	12	37	a	38	36	ab	29	34	ab
36	37	a	8	37	a	32	36	ab	6	34	ab
39	37	a	18	37	a	25	36	ab	40	26	b
23	37	a	9	37	a	19	36	ab			
42	37	a	14	37	a	34	36	ab			
h ²	2										

C.V. 10.13 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Análisis combinado para rendimiento por hectárea

En el análisis de varianza combinado para rendimiento por hectárea (Cuadro 24), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.923$), se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades ($P = 0.000$), así mismo, se encontraron diferencias en la interacción localidad por tratamiento ($P = 0.011$), donde se pudo observar que el tratamiento de mayor rendimiento fue el 37 con 2.321 kg. ha⁻¹, seguido del tratamiento 42 con 2.137 kg. ha⁻¹, el tratamiento con menor rendimiento fue el 40 con 1.107 kg. ha⁻¹. De acuerdo a Osuna-Ceja *et al.*, (2012) bajo condiciones de

temporal el rendimiento de la variedad Pinto Saltillo es de 1,531 kg. ha⁻¹. El rendimiento de los genotipos supera a lo reportado por Acosta *et al.*, (2010) donde señalan que el rendimiento presentado por el progenitor masculino Flor de Mayo Eugenia fluctúa de 0.800 a 2.000 kg. ha⁻¹, bajo condiciones de temporal, donde se considera que los tratamientos de alto rendimiento se atribuyen al efecto de caracteres transgresivos que favorecieron el rendimiento (Beyene *et al.*, 2016; Delgado *et al.*, 2013). Los resultados del análisis de varianza combinado coinciden con lo reportado por Acosta-Gallegos *et al.*, (2012) donde señalan que las localidades de prueba fueron las que más influyeron sobre el rendimiento. Según Corte *et al.*, (2010) el rendimiento es una característica en donde interactúan un complejo de genes, por lo que como era de esperarse la heredabilidad para esta característica fue baja, de 11 por ciento.

Cuadro 24. Comparación de medias para rendimiento por hectárea del análisis combinado de 42 líneas flor de mayo bajo condiciones de temporal el ciclo Primavera-Verano del 2017.

Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)		Trata.	Media (kg·ha ⁻¹)	
37	2.321	a ¹	38	1.824	a	15	1.584	a	3	1.393	a
42	2.137	a	10	1.821	a	28	1.582	a	21	1.384	a
36	2.005	a	32	1.808	a	35	1.579	a	16	1.369	a
41	1.997	a	29	1.777	a	25	1.557	a	8	1.366	a
26	1.981	a	27	1.775	a	12	1.535	a	2	1.331	a
17	1.919	a	22	1.766	a	9	1.535	a	6	1.317	a
31	1.889	a	34	1.763	a	11	1.530	a	1	1.300	a
33	1.876	a	39	1.741	a	19	1.508	a	5	1.279	a
30	1.871	a	23	1.657	a	7	1.499	a	40	1.107	a
24	1.832	a	20	1.649	a	4	1.452	a			
14	1.828	a	18	1.593	a	13	1.440	a			
h ²	11										

C.V. 27.99

¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; Trata. = tratamiento.

Interacción genotipo ambiente modelo AMMI

El análisis de varianza sigue un modelo de efectos meramente aditivos, capaz de identificar el efecto de la IGA (interacción genotipo por ambiente). Por otro lado, el modelo AMMI de componentes principales (CP), toma en cuenta el modelo aditivo más el multiplicativo, así, este método es útil para identificar genotipos estables y adaptados. El modelo AMMI es el más apropiado para distinguir análisis de la IGA, ya que muestra mayor precisión comparado con el modelo aditivo (Zobel *et al.*, 1988). Un enfoque común para la selección de los genotipos es el alto rendimiento y que muestran estabilidad en los ambientes de evaluación (Gauch, 2013).

Modelo AMMI para peso de cien semillas de líneas flor de junio

El análisis multivariado de la interacción genotipo por ambiente (AMMI) indicó que 47.3 % de la variación se explicó por el ambiente, 38.7 % por el tratamiento y 14.0 % por la interacción. En la (Figura 6), se observa que los tratamientos presentan un comportamiento similar para el peso de cien semillas, los que se encuentran alineadas en proyecciones verticales tienen similar peso, en tanto aquellos ubicados en el mismo nivel horizontal presentan una interacción similar. Aunque los tratamientos presentaron diferencias en peso de cien semillas, se encontraron tratamientos con la misma interacción. Sin embargo, de acuerdo con Camargo *et al.*, (2010) los tratamientos estables son los más cercanas al cero. Yan (2002), señala que el genotipo ideal se identifica estadísticamente por contar con la mayor longitud del vector, para el peso de cien semillas y con el valor cercano a cero, el tratamiento ideal es el de mayor peso de cien semillas y estable en todos los ambientes. También, se encontró que el tratamiento de mejor respuesta fue el 41 debido a que presenta el vector más largo y cercano al origen, seguido de los tratamientos 37, y 6, sin embargo, no fueron estables; el tratamiento con mayor estabilidad fue la 38 debido a que es la más cercana al cero. Los tratamientos 35, 36, 39, 21, y 31, son de menor peso, sin embargo son estables. Los tratamientos 15, 32, 22, 27, 19, y 12, fueron los de menor peso, y menos estables en los ambientes evaluados. El tratamiento 38 pudiera

utilizarse como progenitor para brindar el mayor peso de cien semillas y estabilidad en los ambientes.

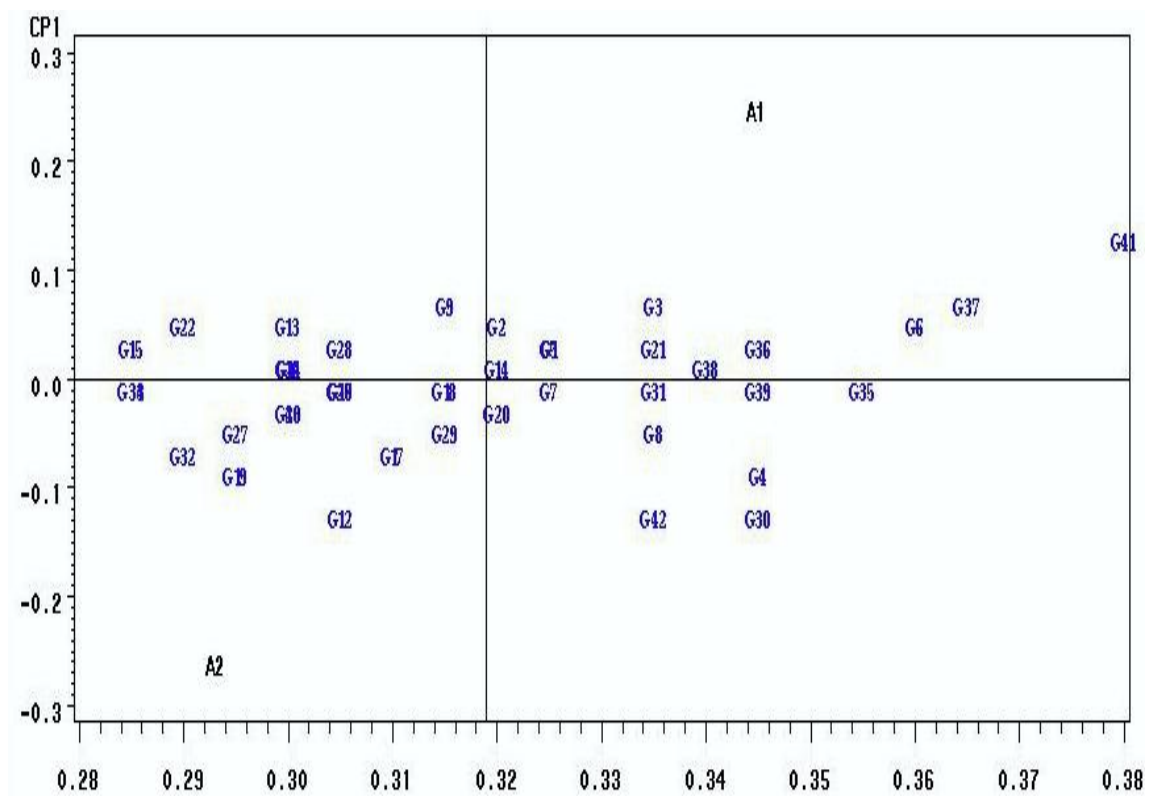


Figura 6. Componente principal y el peso de cien semillas en el modelo AMMI para 42 progenies flor de junio. G = Tratamiento.

Modelo AMMI para rendimiento por hectárea de líneas flor de junio

El análisis multivariado de la interacción genotipo por ambiente (AMMI) para rendimiento por hectárea indicó que 13.8 % de la variación se explica por el ambiente, 40.8 % por el tratamiento y 45. % por la interacción. En la Figura 7, se observa que el tratamiento 38 se identifica estadísticamente por contar con la mayor longitud del vector para el rendimiento y con el valor cercano a cero, seguido de los tratamientos 39 y 31; el tratamiento con mayor estabilidad y rendimiento fue el 17. López-Salinas *et al.*, (2015) mencionan que la selección genotipo por ambiente permite seleccionar genotipos estables de alto rendimiento y de amplia adaptación. Los tratamient

os 18, 20, 6, 37, 21, 35, 8, son de menor rendimiento que los mencionados, sin embargo, fueron estables. El tratamiento de menor rendimiento fue la 22, seguido del 15 y 11. El tratamiento 17 pudiera utilizarse en próximos estudios como progenitor para donar los genes de estabilidad y rendimiento. Sin embargo el peso de cien semillas es inferior a la media mostrada en los ambientes de evaluación, por lo que los tratamientos 38 y 39 fueron los de mayor rendimiento y los de mayor estabilidad en el peso de cien semillas.

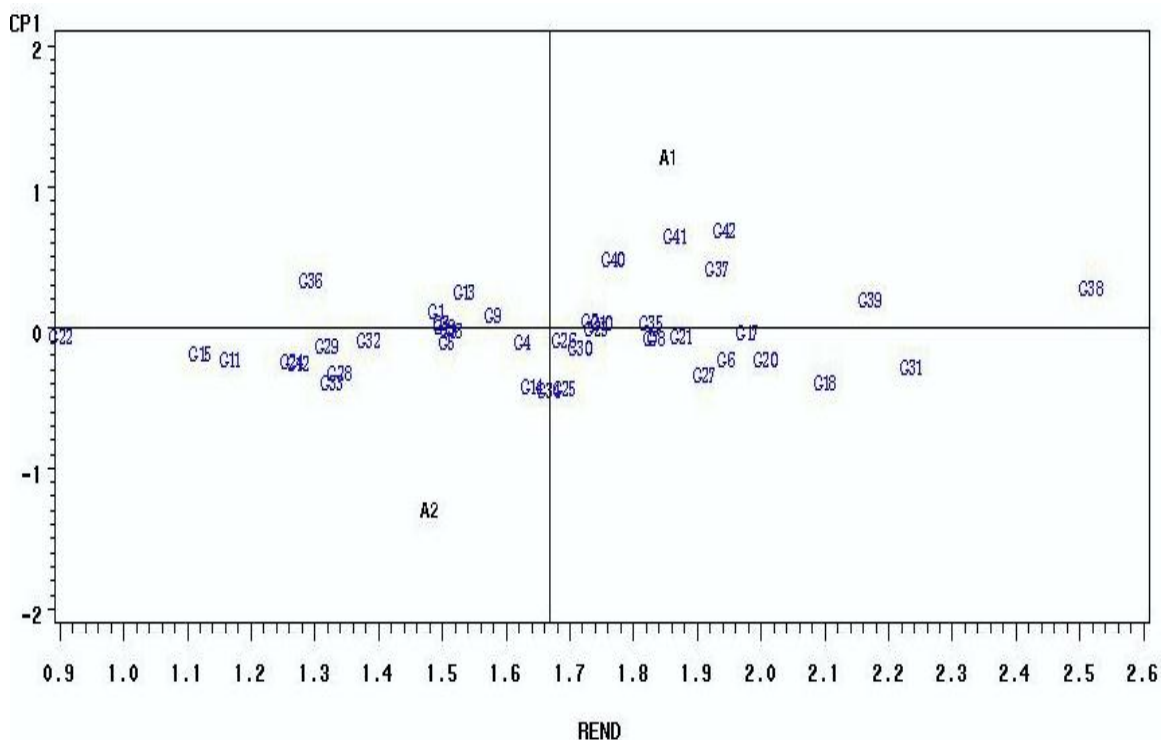


Figura 7. Componente principal y el rendimiento por hectárea en el modelo AMMI para 42 progenies flor de junio. G = Tratamiento.

Modelo AMMI para peso de cien semillas de líneas flor de mayo

El análisis multivariado de la interacción genotipo por ambiente (AMMI) indicó que 68.6 % de la variación se explica por el ambiente y 16.6 % por la interacción, y 14.8 % por el tratamiento. En la Figura 8, se observa que los tratamientos presentan un comportamiento similar para peso de cien semillas. Los tratamientos 24, 13 y 27, se identifican estadísticamente por contar con la mayor longitud del vector y con valor de interacción cercano a cero, el tratamiento con mayor estabilidad fue el 21. Los tratamientos 12, 36, y 4, fueron de menor rendimiento comparados con los mencionados anteriormente, por su valor de interacción se pudieran inferir que su potencial pudiera mantenerse. El tratamiento 9 presentó un comportamiento medio en los dos ambientes evaluados. El tratamiento 6 fue el que mostró el menor rendimiento, seguido del 40 y 29. El tratamiento 21 pudiera utilizarse como progenitor para brindar la estabilidad del peso de cien semillas en los ambientes.

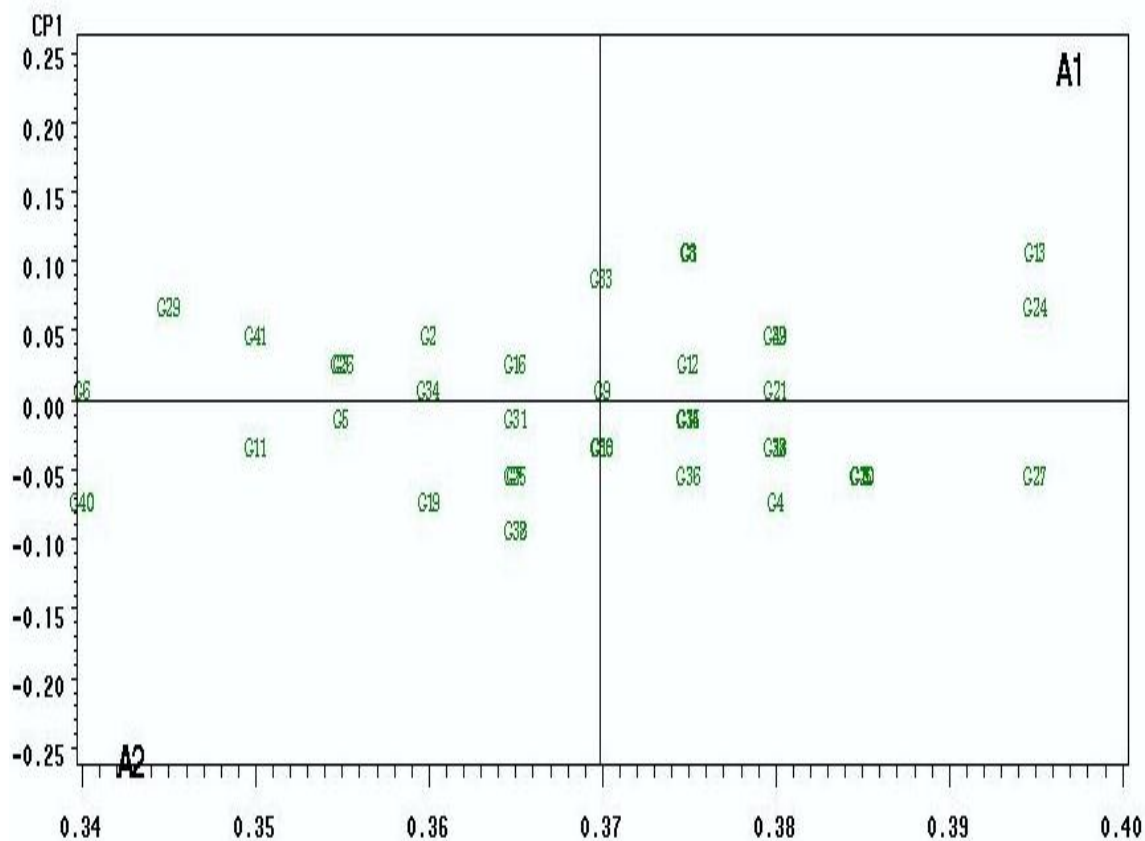


Figura 8. Componente principal y el peso de cien semillas en el modelo AMMI para 42 progenies flor de mayo. G = Tratamiento.

Modelo AMMI para rendimiento por hectárea de líneas flor de mayo

El análisis multivariado de la interacción genotipo por ambiente (AMMI) indicó que 61.2 % de la variación la explicó el ambiente, en 20.6 % la interacción, y 18.19 % el tratamiento. En la Figura 9, se observa que los tratamientos presentan un comportamiento similar para rendimiento. El tratamiento 37 se identifica estadísticamente por contar con la mayor longitud del vector para el rendimiento y con el valor cercano a cero, seguido de los tratamientos 42, 41, 26, 3 y 6, mientras que el tratamiento con mayor estabilidad y rendimiento fue el 30. López-Salinas *et al.*, (2015) mencionan que la selección genotipo por ambiente permite seleccionar genotipos estables de alto rendimiento y amplia adaptación. Los tratamientos 38, 33, 24, 10, y 29, presentan menor rendimiento que los anteriores, sin embargo, se infiere que su potencial pudiera mantenerse en diversos ambientes. El tratamiento que mostró el menor rendimiento fue la 40, seguido de los tratamientos 5 y 6. El tratamiento 30 puede utilizarse en próximas evaluaciones como progenitor y ampliar la estabilidad y rendimiento en más ambientes. Ya que este tratamiento muestra la media del peso de cien semillas de las localidades evaluadas. Sin embargo el tratamiento 24 que muestra un rendimiento estable y la mayor longitud para peso de cien semillas por lo que también pudiera considerarse como posible progenitor.

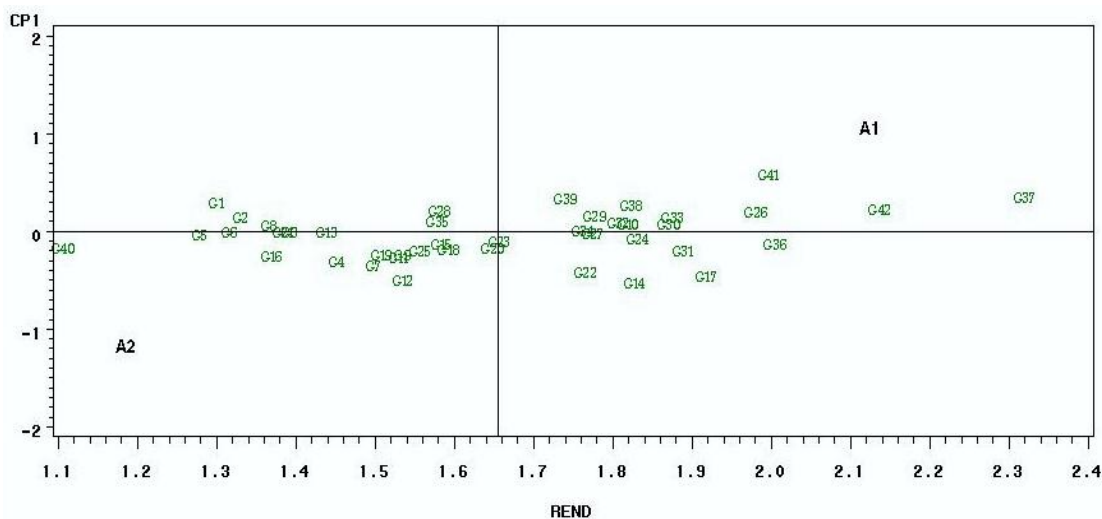


Figura 9. Componente principal y el rendimiento por hectárea en el modelo AMMI para 42 progenies flor de mayo. G = Tratamiento.

Oscurecimiento de testa de líneas flor de junio

Para observar el comportamiento en los cinco tratamientos de mayor rendimiento tipo flor de junio: 26, 38, 17, 42 y 39, más el testigo Pinto Saltillo, después de las 72 horas de exposición de rayos UV, se realizó el análisis de varianza y comparación de medias por el método de Duncan al nivel de significancia del 0.05 (Cuadro 25). Hubo diferencias significativas entre tipos de frijol, donde de acuerdo a la escala del CROMA METER CR-400, donde L va (0 a 100 de luminosidad), indicó que la variedad Pinto Saltillo utilizada como testigo fue la que mayor luminosidad mostró al inicio del muestreo. También se observó que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos; sin embargo, en la comparación de medias el tratamiento 38 se mantuvo en misma posición, aunque la graduación de la luminosidad fue disminuyendo conforme avanzó el tiempo de exposición. Es probable que este material posea el gen *sd* de oscurecimiento lento de testa. Este tratamiento mantuvo la mayor tonalidad de color rojo, y la segunda en tonalidad amarilla. El cambio del tono de la semillas puede atribuirse a concentraciones de flavonoides, así como, la actividad de la enzima polifenol oxidasa, la concentración de lignina, y las características anatómicas, y el manejo pos cosecha, todos estos aspectos influyen en el oscurecimiento de la semilla (Merles *et al.*, 2008). El efecto del color bajo la luz también pudo deberse a que las progenies presentan abundante coloración rosa como el progenitor Dalia, cuyo color de grano es de fondo crema con franjas rosas (Acosta-Gallegos *et al.*, 2014). Además de que los efectos aditivos y epistáticos son los principales rasgos en el color (Yuste-Lisbona *et al.*, 2014). Por su parte, el progenitor femenino Pinto Saltillo es de color crema claro con pintas de color café claro (Sánchez *et al.*, 2009). En segundo lugar se encontró el tratamiento 42 que presentó poca variación en los muestreos y al final del tiempo de exposición a rayos UV fue el tratamiento de mejor posición, el resto de los tratamientos presentaron variación en la luminosidad y el color conforme avanzó el tiempo exposición a los rayos UV. Al comparar el grado de oscurecimiento de la testa de los tratamientos y el testigo, se observó que las progenies presentan una velocidad de oscurecimiento más lento que el testigo Pinto Saltillo, por lo que se pudiera afirmar que poseen el gen *sd* de oscurecimiento lento de testa.

Oscurecimiento de testa de líneas flor de mayo

Los tratamientos 37, 42, 36, 41 y 26, los cuales fueron los de mayor rendimiento, además Pinto Saltillo como testigo, se sometieron a un período de 72 h bajo luz UV (Junk-Knievel *et al.*, 2007). Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias por el método Duncan al nivel de significancia del 0.05 (Cuadro 26). Se encontraron diferencias significativas entre tipos de frijol. Donde de acuerdo a la escala del CROMA METER CR-400, donde el parámetro L va (0 a 100 de color), se observó que la variedad Pinto Saltillo fue la que mayor color mostró. Se encontraron diferencias entre los tratamientos, donde en el primer muestreo a las cero horas de exposición a los rayos UV, el tratamiento 42 fue la de mayor color, conforme avanzo el tiempo de exposición este tratamiento presentó variación en la posición de expresión del color, sin embargo, al final de 72 h fue la progenie que después del testigo mostró mayor color de la testa, además, fue la que menor color rojizo perdió. El efecto del color por la exposición a la luz se atribuye a que las progenies fueron seleccionadas hacia el tipo de frijol del progenitor macho el cual fue la variedad Flor de Mayo Eugenia, cuyo color de grano es crema ligero en el fondo crema Acosta-Gallegos *et al.*, (2010). Además de que los efectos aditivos y epistáticos son los principales rasgos en el color (Yuste-Lisbona *et al.*, 2014). Ya que comparado con el progenitor hembra Pinto Saltillo donde su color es crema muy claro con pintas de color café (Sánchez *et al.*, 2009). En segundo lugar lo muestra el tratamiento 36, sin embargo, fue el penúltimo tratamiento que mayor color rojizo perdió. Sin embargo las progenies de flor de mayo en general mostraron un diferencial del muestreo inicial y final menor que Pinto Saltillo.

Cuadro 25. Comparación de medias para el oscurecimiento de testa en líneas de tipo flor de junio en diferentes tiempos de exposición a luz UV.

Parámetros de colorimetría de oscurecimiento acelerado en luz UV del progenitor y progenie																				Diferencial de Color		
(0 hrs.)		(12hrs.)		(24 hrs.)		(36 hrs.)		(48 hrs.)		(60 hrs)		(72 hrs.)										
Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media	Trata.	Media					
	PS	64.7	a	PS	61.9	a	PS	61.6	a	PS	59.5	a	PS	59.2	a	PS	56.7	a	PS	55.9	a	8.78
	38	53.5	b	38	51.2	b	38	49.4	b	38	49.0	b	38	46.9	b	38	46.0	b	38	45.2	b	8.33
	26	52.5	b	39	51.1	b	42	49.3	b	39	46.8	b	42	46.3	b	39	45.2	b	42	44.2	b	8.29
L	42	51.8	b	17	49.3	b	26	47.8	b	17	45.7	b	39	45.3	b	42	44.9	b	26	43.4	b	8.38
	39	51.4	b	26	49.0	b	17	46.7	b	42	45.1	b	17	45.1	b	17	41.9	b	39	42.9	b	8.54
	17	50.3	b	42	48.7	b	39	45.4	b	26	44.5	b	26	45.0	b	26	39.8	b	17	42.8	b	7.46
CV		2.27			3.83			4.87			3.59			3.21			5.05			3.82		Aumento de color amarillo
	39	12.2	a	17	13.4	a	17	13.6	a	26	14.4	a	38	14.3	a	17	14.8	a	42	14.8	a	2.54
	17	11.8	a	42	13.0	a	26	13.2	a	39	14.0	a	39	13.7	a	42	14.4	a	38	14.2	a	2.49
a	42	11.2	ab	39	12.1	a	39	12.7	a	42	13.3	a	17	13.6	a	26	13.7	a	17	14.1	a	2.93
	38	11.2	ab	38	11.9	a	42	12.6	a	38	13.3	a	26	13.1	a	39	13.7	a	26	13.2	a	2.04
	26	10.1	b	26	11.817	a	38	12.6	a	17	13.0	a	42	12.8	a	38	13.5	a	39	13.0	a	2.90
	PS	2.71	c	PS	4.7	b	PS	6.0	b	PS	6.9	b	PS	7.7	b	PS	7.7	b	PS	8.32	b	5.62
CV		4.78			6.07			6.75			6.76			8.88			6.58			5.47		Aumento de color rojizo
	PS	12.4	a	PS	18.1	a	PS	20.1	a	PS	20.4	a	PS	21.7	a	42	19.7	a	PS	20.4	a	8.01
	42	10.0	b	38	18.1	a	38	18.9	a	38	18.9	ab	38	18.7	a	38	19.2	a	42	18.2	ab	8.21
b	38	9.8	b	17	16.5	a	42	17.9	a	39	18.2	ab	39	17.9	b	PS	19.2	a	38	18.1	ab	8.28
	17	9.0	b	39	16.4	a	17	17.4	a	26	17.4	ab	42	17.5	b	17	16.9	a	17	17.2	ab	8.17
	39	8.6	b	42	16.2	a	39	17.0	a	42	16.8	ab	17	17.0	b	39	16.8	a	39	16.5	b	7.89
	26	8.4	b	26	14.9	a	26	16.5	a	17	15.4	b	26	16.3	b	26	16.7	a	26	15.8	b	7.46
CV		13.09			10.96			10.15			7.77			7.13			7.18			8.00		

Cuadro 26. Comparación de medias de parámetros del oscurecimiento de la testa de líneas tipo flor de mayo en diferentes tiempos de exposición a luz UV.

Parámetros de colorimetría de oscurecimiento acelerado en luz UV del progenitor y progenie																					Diferencial de Color	
P	(0 hrs.)		(12hrs.)		(24 hrs.)		(36 hrs.)		(48 hrs.)		(60 hrs)		(72 hrs.)		Diferencial de Color							
	Trata	Media	Trata	Media	Trata	Media	Trata	Media	Trata	Media	Trata	Media	Trata	Media								
L	PS	64.9	a	PS	62.0	a	PS	60.8	a	PS	60.5	a	PS	58.8	a	PS	58.4	a	PS	55.8	a	9.10
	42	53.5	b	26	50.5	b	26	49.2	b	26	46.0	b	26	46.1	b	42	45.2	b	42	44.5	b	8.98
	36	52.0	c	42	49.5	b	42	47.4	bc	37	45.6	b	42	45.4	b	36	43.7	bc	36	43.3	b	8.73
	37	51.6	c	41	49.1	b	37	47.2	bc	36	45.4	b	41	44.9	b	26	43.1	bc	37	43.2	b	8.44
	26	51.6	c	37	49.0	b	36	46.3	c	42	45.3	b	36	44.6	b	41	42.0	bc	26	42.9	b	8.72
	41	51.5	c	36	48.5	b	41	45.8	c	41	44.4	b	37	44.4	b	37	39.0	c	41	42.3	b	9.17
CV	0.67		1.64		1.86		2.84		3.01		4.18										Aumento de color amarillo	
a	42	11.5	a	42	13.9	a	41	14.2	a	42	16.0	a	41	14.3	a	41	15.3	a	37	16.7	a	5.18
	41	11.3	a	36	13.0	ab	42	13.8	a	37	14.6	ab	42	14.3	a	37	15.2	a	41	15.0	a	3.68
	37	11.2	a	41	12.0	bc	37	13.1	a	41	14.2	ab	37	14.2	a	26	13.9	ab	42	14.8	a	3.63
	36	11.0	a	37	11.9	bc	36	12.9	a	36	14.2	b	36	13.3	ab	42	13.4	ab	26	13.6	a	2.58
	26	10.4	a	26	11.2	c	26	11.5	a	26	12.6	c	26	12.6	b	36	12.3	b	36	13.2	a	2.81
	PS	3.14	b	PS	5.00	d	PS	6.166	b	PS	6.02	d	PS	7.27	c	PS	8.07	c	PS	8.27	b	5.13
CV	8.32		4.22		9.78		4.26		3.5												Aumento de color rojizo	
b	PS	16.9	a	PS	19.5	a	PS	20.5	a	PS	19.9	a	PS	20.6	a	PS	21.4	a	PS	20.7	a	3.83
	42	10.2	b	42	14.7	b	42	15.8	b	42	18.6	ab	42	17.5	b	42	16.2	b	41	16.3	b	6.04
	41	9.9	b	36	13.8	b	41	14.9	b	37	16.1	bc	37	16.7	bc	26	16.0	b	42	15.9	b	5.95
	26	9.9	b	37	13.2	b	37	14.0	b	36	15.8	bc	41	16.3	bc	37	15.6	b	26	15.5	b	5.65
	36	9.5	b	26	12.5	b	26	13.8	b	26	15.7	bc	26	15.8	bc	41	15.6	b	36	15.2	b	5.73
	37	9.4	b	41	12.2	b	36	13.8	b	41	14.9	c	36	14.4	c	36	13.6	b	37	14.8	b	5.43
CV	9.4		8.46		10.42		7.58		5.21		6.15		3.68									

En las Figuras 10 y 11, se observa la apariencia de la testa de los tratamientos de cada tipo de frijol en evaluación, al igual que el testigo Pinto Saltillo, los cuales fueron expuestos a los Rayos UV. Los tratamientos expuestos a rayos UV se les tomaron fotografías durante los siete muestreos. Donde se observa el cambio progresivo de color de la testa conforme avanza el tiempo de exposición. También se pudo observar un comportamiento similar entre tipos de frijol; Flor de Junio y Flor de Mayo, donde los tratamientos de cada tipo de frijol fueron más afectados que la variedad Pinto Saltillo utilizada como progenitor donante de la característica de oscurecimiento lento. Una diferencia importante entre Pinto Saltillo y los otros progenitores, Flor de Mayo Eugenia y Dalia, así como las progenies; es que los tipos de frijol son diferentes en el color de testa respecto a Pinto Saltillo, la cual muestra en el inicio del muestreo como la de mayor valor para el parámetro L, de 64.8, mientras que para los tratamientos tipo Flor de Junio éste valor fue de 53.72, y de 53.49 para los tratamientos Flor de Mayo. Estos valores indican diferencias significativas entre Pinto Saltillo y las progenies desde antes de iniciar el tratamiento de luz UV, las diferencias debidas al tipo de frijol y color de la testa.

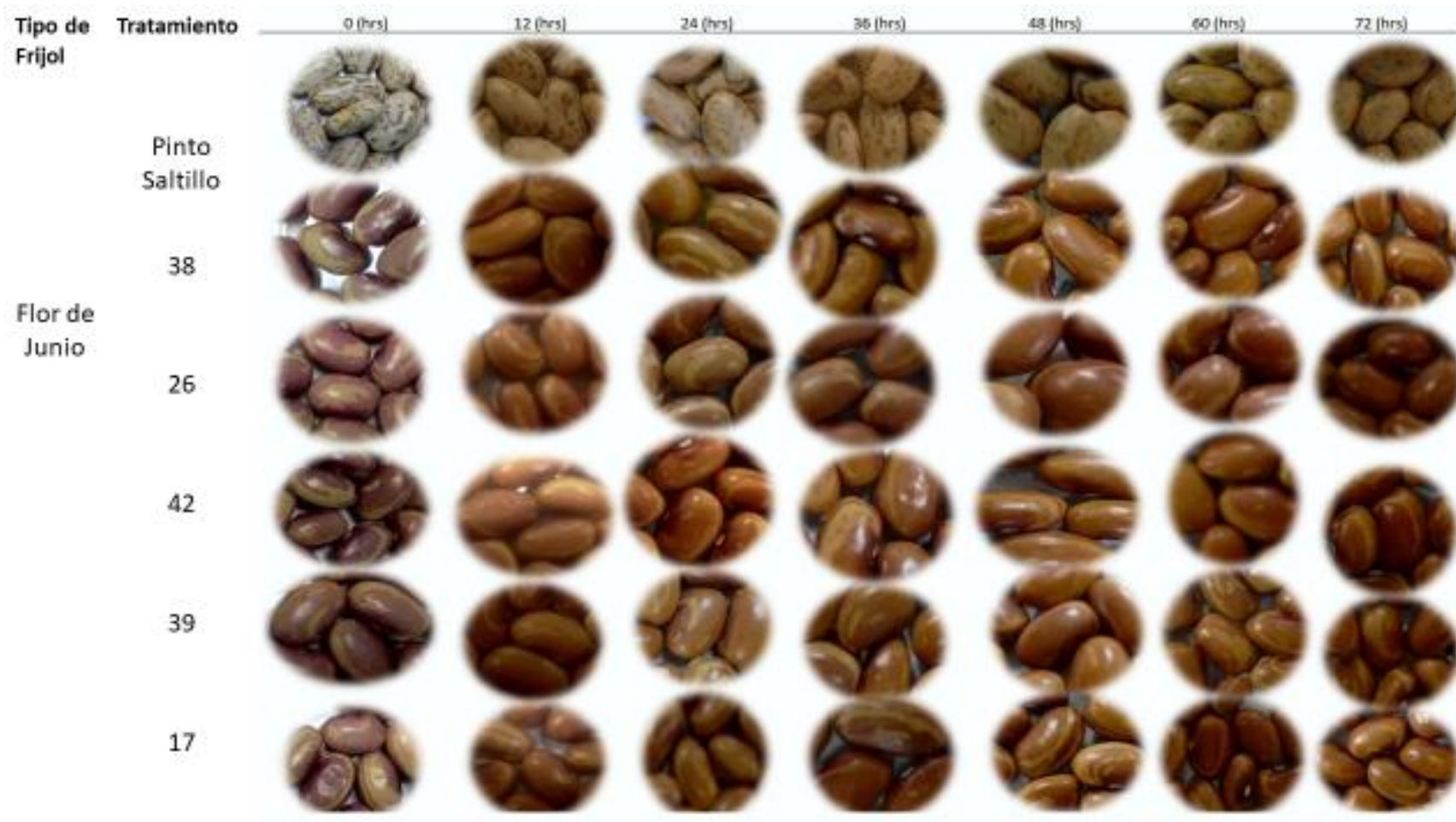


Figura 10. Niveles de oscurecimiento de la testa del grano de cinco líneas de frijol tipo flor de junio y Pinto Saltillo, por efecto de la exposición a rayos UV, en diferentes tiempo.



Figura 11. Niveles de oscurecimiento de la testa del grano de cinco líneas de frijol tipo flor de mayo y Pinto Saltillo, por efecto de la exposición a rayos UV, en diferentes tiempos.

CONCLUSIONES

En el análisis combinado para progenies de cada tipo de frijol se observó que el efecto de las localidades fue el que más influyó en la variación del rendimiento, mientras que los efectos de IGA (interacción genotipo por ambiente) influyeron en menor medida. El modelo AMMI permitió seleccionar las progenies superiores en base a su nivel de interacción genotipo por ambiente y por el rendimiento por hectárea.

Para los tratamientos tipo Flor de Junio el 38 fue el segundo de mayor rendimiento del análisis combinado, también mostro la mayor estabilidad en los ambientes de evaluación. Además mostró un decremento homogéneo de luminosidad de color durante la exposición a los rayos UV. Éste tratamiento y otros presentaron menor velocidad de oscurecimiento de la testa en comparación con la variedad Pinto Saltillo, por lo que se pudiera decir que posee la característica de oscurecimiento lento genotipo sd sd.

Para las progenies tipo flor de mayo se observó que el tratamiento 42 fue el de mayor rendimiento, además de que mostró la mayor estabilidad en los ambientes de evaluación. Conforme avanzó el tiempo de exposición a los rayos UV, se observó que este presenta menor oscurecimiento comparado con el testigo, este comportamiento y el del resto de los tratamientos fue similar a excepción del 41, por lo que se pudiera hacer la presunción que poseen el genotipo sd sd.

Se encontraron tratamientos tanto en flores de junio y flores de mayo que mostraron segregación transgresiva positiva para peso de cien semillas y rendimiento por hectárea.

REFERENCIAS

- Acosta G., J. A.; Jiménez H., Y.; Montero T., V.; Guerrero A., B. Z. y Anaya L., J. L. 2018. San Rafael nueva variedad de frijol pinto para riego y temporal en el estado de Guanajuato. Folleto técnico Núm. 3. Campo Experimental Bajío, CIRC - INIFAP, México. 27 p.
- Acosta G., J. A.; Jiménez H., Y.; Montero T., V.; Guzmán M., S. H. y Anaya L., J. L. 2016. San Rafael, nueva variedad de frijol pinto de reacción neutral al fotoperiodo para el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(3): 717-722
- Acosta-Gallegos J. A.; Montero-Tavera V.; Jiménez-Hernández Y.; José Luis Anaya-López J. L. y González-Chavira M. M. 2014. Dalia', nueva variedad de frijol de grano tipo Flor de Junio para la región centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (2): 331-336
- Acosta-Gallegos J. A.; E. Espinoza-Trujillo B.; Sánchez-García M.; Jiménez-Hernández Y.; Salinas-Pérez R. A.; Rosales-Serna R.; Zandate-Hernández R. y Gonzalez-Rivas C. 2012. Adaptación del frijol tipo flor de junio a diferentes ambientes de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 427 - 438
- Acosta G., J. A.; Jiménez H., Y.; Sánchez G., B. M.; Mendoza H., F. M.; Herrera H., M. G.; Salinas P., R. A. y González C., M. 2010. Flor de mayo Eugenia, nueva variedad de frijol para riego y temporal en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(5): 751-757.
- Acosta Gallegos J. A. 2008. Variedades de frijol para Guanajuato. Desplegable para productores Núm. 1. Campo Experimental Bajío. CIRCE-INIFAP. Celaya Guanajuato. 6 p.
- Acosta-Díaz E., Acosta-Gallegos J. A. Trejo-López C., Padilla-Ramírez J. S. and Amador-Ramírez M. D. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agricultura Técnica en México*. 35 (4): 416-425
- Acosta-Gallegos, J. A.; Rosales-Serna, R.; Navarrete-Maya, R. y López-Salinas, E. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México*. 26:79-98
- Acosta-Gallegos J. A., Acosta-Díaz, E., Padilla-Ramirez S., Goytia G. M.A., Rosales-Serna R. y López-Salinas, E. 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana*. 10(1): 83-90
- Andrade de A. L. C.; Patto R., M. A. y Barbosa A. A. de F. 2012. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. *Cienc. Agrotec., Lavras*. 36:(2)156-162

- Barrios-Gómez E. J., López-Castañeda C. y Kohashi-Shibata J. 2011. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo “flor de mayo”. *Agronomía Costarricense* 35(1): 131-145
- Basset M. J. 1996. The margo (*mar*) seedcoat color gene is a synonym for the joker locus (*j*) in common bean. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121:1028-1031
- Beninger C.W., L. Gu, R.L. Prior, D.C. Junk, A. Vanderberg and K.E. Bett. 2005. Changes in polyphenols of the seed coat during the after-darkening process in pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.* 57:7777-7782.
- Beyene A. T.; Derera J.; Sibiya J. and Fikre A. 2016. Gene action determining grain yield and chocolate spot (*Botrytis fabae*) resistance in faba bean. *Euphytica*. 207: 293–304
- Camargo R. V. P.; Moda-Cirino V.; Destro D.; Fonseca J., N. da S. and Cavenaghi P., C. E. 2010. Adaptability and stability for the trait grain yield for the color and black commercial groups in common bean. *Ciencias Agrarias, Londrina*. 31:39-54
- CIE/ L*a*b. 2018. Guía para entender la comunicación del color. Consultado en abril 2018. http://www.mcolorcontrol.com/archivos/L10-01_Understand_Color_es.pdf
- Corte. A. D.; Moda-Cirino V.; Arrabal A. C. A. Ferraz de T. J. F. and Destro D. 2010. Genetic Analysis of Seed Morphological Traits and its Correlations with Grain Yield in Common Bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 53(1): 27-34
- Delgado H.; Pinzón E. H.; Blair M.M. e Izquierdo P. I. 2013. Evaluación de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de retrocruce avanzado entre una accesión silvestre y Radical Cerinza. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 16(1): 79 - 86
- Elsadr H.T., L.C. Wright, K.P. Pauls and K.E. Bett. 2011. Characterization of seed coat postharvest darkening in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Theor. Appl. Genet.* 123:1467-1472.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2016. Panorama agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. 36 p.
- Felicetti E., Song Q., Silva G., Cregan P., E. Bett K. E., and Miklas P. N. 2012. Simple sequence repeats linked with slow darkening trait in pinto bean discovered by single nucleotide polymorphism assay and whole genome sequencing. *Crop Science*. 52: 1600-1608
- Freixas C. J. A., Munholland S., Silva A., Subedi S., Lukens L., Crosby W. L., Pauls k. P. and Bozzo G. G. 2017. Proanthocyanidin accumulation and transcriptional responses in the seed coat of cranberry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with different susceptibility to postharvest darkening. *BMC Plant Biology*. 1 - 23

- Gauch J. H. G. 2013. A simple protocol for ammi analysis of yield trials. *Crop Science*. 53: 1860-1869
- Herrera M. D., Jiménez G., J. C. y Rosales S. R. 2012. Dorado, nueva variedad de frijol pinto para el estado de Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (7): 1459-1466.
- Jacinto-Hernández C.; Bernal-Lugo I.; Garza-García R. y Garza García D. 2017. Cambios poscosecha en frijol durante el almacenamiento prolongado en contraste con el envejecimiento acelerado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8 (8): 1827-1837
- Junk-Knievel D. C., Vandenberg A., and Bett K. E. 2007. An accelerated post-harvest seed-coat darkening protocol for pinto beans grown across different environments. *Crop science*. 47: 694-702.
- Jiménez G., J. J.; Jacobo C., J. L.; Acosta G., J. A. y Orlando R., V. 2014. Altas densidades de plantas y fertilización en frijol de temporal para incrementar la producción en el estado de Chihuahua. Folleto técnico Núm. 29. Campo Experimental Sierra de Chihuahua. CIRNOC- INIFAP. 60 p.
- Lamz P. A., Cárdenas T., R. M., Ortiz P., R., Lázaro Eladio A., L. y Sandrino H., A. 2017. Evaluación preliminar de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) promisorios para siembras tempranas en melena del sur. *Cultivos Tropicales*. 38: (4) 111-118
- Lee C. M.; Park J.; Kim B.; Seo J.; Lee G.; Jang S. and Koh H. J. 2015. Influence of multi-gene allele combinations on grain size of rice and development of a regression equation model to predict grain parameters. *Crop Science* 8(1): 1-20
- López-Salinas E., Tosquy-Valle O. H. Villar-Sánchez B., Acosta-Gallegos J. A. Rodríguez-Rodríguez J. R. y Andrés-Meza P. 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (2): 173 - 181
- Morales-Rosales E. J., Escalante-Estrada J. A. S. y López-Sandoval. 2008. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Universidad y Ciencia*. 24(1): 1-10
- Mederos Y. 2006. Indicadores de calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos tropicales*. Instituto Nacional Ciencias Agrícolas, La Habana Cuba. 23: 3 p. 55-62.
- Merles M. A. S.; Vandenberg A. y Bett K. 2008. Polyphenol Oxidase Activity and Differential Accumulation of Polyphenolics in Seed Coats of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Characterize Postharvest Color Changes. *J. Agric. Food Chem*. 56 (16): 7049 - 7056
- Nayyar H., Kaur S., Smita, Singh K.J., Dhir K. K., Bains T. 2005. Water stress-induced injury to reproductive phase in chickpea: evaluation of stress sensitivity in wild and cultivated species in relation to abscisic acid and polyamines. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191:450-457.

- Osuna-Ceja E. S., Reyes-Muro L., Padilla-Ramírez J. S. y Martínez -Gamiño M. A. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (7): 1389-1400
- Rodríguez-Licea G.; García-Salazar J. A.; Rebollar-Rebollar S. y Cruz-Contreras A. C. 2010. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. *Paradigma Económico*. México. 2: 121-145
- Rosas J. C., Gallardo O. y Jiménez J. 2003. Mejoramiento genético del frijol común mediante enfoques participativos en honduras. *Agronomía Mesoamericana*. 14(1): 1-9
- Rainey K. M. and Griffiths. 2005. Differential response of common bean genotypes to high temperature *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(1):18–23.
- Rosales-Serna R.; Nava-Berumen C. A.; González-Ramírez H.; Herrera M. D.; Jiménez-Galindo J. C. Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Osuna-Ceja E. S. 2014. Rendimiento, preferencia y calidad de enlatado de variedades de frijol pinto producidas en Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (2): 309-315
- Sánchez-Valdez, I., Acosta-Gallegos, J. A., Ibarra-Pérez R., Rosales-Serna, R. y Singh S. P. 2004. Registration of ‘Pinto Saltillo’ common bean. *Crop Sci.* 44(5):1865-866
- Sánchez V., I.; Acosta G., J. A.; Ibarra P., F. J.; Rosales S., R. y Cuellar R., E. I. 2009. Pinto Saltillo: variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Folleto técnico Núm. 36. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP. 23 p.
- Sánchez V., I.; Acosta G., J. A.; Ibarra P., F. J.; Rosales S., R. y Cuellar R., E. I. 2006. Pinto Saltillo, nueva variedad de frijol para el altiplano de México. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 22. Coahuila, México. 23 p.
- Silva, F.C., P.G.S. Melo, H.S. Pereira and L.C. Melo. 2014. Genetic control and estimation of genetic parameters for seed-coat darkening of carioca beans. *Genetics and Molecular Research*. 13 (3): 6486-6496
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://siap.gob.mx>
- Tarlak F.; Ozdemir M. and Melikdglu M. 2016. Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part II. Validation of methodology with real foods. *Food Science and Technology*. 6 p.
- Toker, C. 1998. Estimate of heritabilities and genotype by environment interactions for 100-seed weight, days to flowering and plant height in kabuli chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Turk. J. Field Crops* 3: 16-20

- Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. *Agronomy Journal*. 94: 990-996
- Yuste-Lisbona F. J.; González A. M.; Capel C.; García-Alcázar M.; Capel J.; De Ron A. M.; Santalla M. y Lozano R. 2014. Genetic variation underlying pod size and color traits of common bean depends on quantitative trait loci with epistatic effects. *Mol. Breeding*. 33:939–952
- Zobel R. W., Wright M. J., and Hugh G. G. J. 1988. Statistical Analysis of a Yield Trial. *Crop Science*. 387- 393