

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento de Genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L)
Bajo Condiciones de Temporal en Dos Años de Prueba en
Sombrerete, Zacatecas

Por:

ARTURO PONCIANO FRANCISCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento de Genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L)
Bajo Condiciones de Temporal en Dos Años de Prueba en
Sombrerete, Zacatecas

Por:

ARTURO PONCIANO FRANCISCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

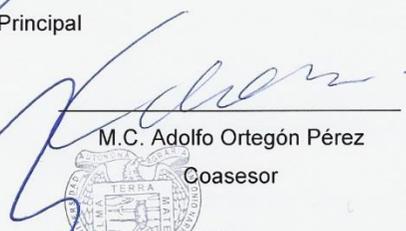
Aprobada



M.C. Adolfo García Salinas
Asesor Principal



M.C. Roberto Espinoza Zapata
Coasesor



M.C. Adolfo Ortégón Pérez
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento de Genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L)
Bajo Condiciones de Temporal en Dos Años de Prueba en
Sombrerete, Zacatecas

Por:

ARTURO PONCIANO FRANCISCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

M.C. Adolfo García Salinas

Asesor Principal

M.C. Roberto Espinoza Zapata

Coasesor

M.C. Adolfo Ortegón Pérez

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre 2014

Dedicatoria

A mis padres

Que con su sacrificio y apoyo brindado durante años de escuela, y formación personal hoy he logrado este éxito en mi vida.

A mi Madre Beda Francisco Martínez

Por su gran cariño, amor, comprensión, regaños, consejos, apoyo y sobre todo su ejemplo a seguir, de hacer las cosas y luchar para salir adelante en la vida de una manera honrada y que sin ella no estaría hoy escribiéndole estas palabras en esta hoja.

A mi padre Arturo Ponciano Cruz

Que con su sencillez, honradez, disciplina, enseñanza y ejemplo ha formado a un hijo de bien.

A mis hermanas Nelvy Ponciano Francisco y Edith Francisco Martínez

Por su compañía en mi vida en los buenos y malos momentos, en las peleas y en las alegrías, y cariño.

A mi esposa Sara Edith Hernández Rosales

Que sin su apoyo, amor y cariño no estaría completamente feliz.

A mi hija y sobrino Gema Yareth Ponciano Hernández y Jesús Alí Ponciano

Porque han hecho de mi vida un motivo más para seguir adelante buscando superarme día a día.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por cobijarme en sus aulas y permitirme a ver encontrado a esas grandes personas que hoy son mis amigos.

Al M.C. Adolfo García Salinas por su apoyo, confianza y por ser un gran maestro y amigo, que me permitió aprender de él como profesionista y como persona.

Al M.C. Roberto Espinoza Zapata y M.C. Adolfo Ortega Pérez por su apoyo, consejos y tiempo brindado.

A mis primos Jorge Luis, Erick Alí, Juan Carlos, Claudia, Blanca Estela y Eder por su amistad y compañerismo.

A mis amigos de la universidad Adolfo, Dulce Corazón, Teodoro, Irma Leticia, Manuel, Isela, Rodolfo, María de Jesús, Antonio Vela, Verónica, Jesús Adame, Rossy, Norma, Javi, Constantino, Emir, Eduardo Alonso, Arredondo, Eduardo Pineda, Andrés, Luis Miguel, Oscar, Elver, Jhon santizo, Ismael, Jaime, Víctor, Gris, Solano, Willi, Ceh, Tello, Eleuterio, Bonilla, Minchez, Cadenas, Marisol, Joaquín, Luky, Yojandi, Aurelia, Lety. Por su amistad.

A mis amigos de la infancia Carlos Alberto, Lorenzo, José, Pedro, Amadeo, Rodimiro, Juan, Javier, Conejo, Pollo, Diego, Fabiola, Jairo, Adán, Nachito, Ignacio, por seguir brindándome su amistad y apoyo.

A mis abuelitos Rufina y Julio por ser un apoyo emocional y darme su cariño.

Y a todas esas personas que no cito en este escrito les pido una sincera disculpa, y reitero que aunque no las ponga las recuerdo y les agradezco por momentos que me brindaron.

A todos...

Y si algún día esto termina...

Y ya no estoy más para ustedes.

Tengan la certeza, que por lo menos,

Hasta hoy los quise...

Como a nadie se puede querer humanamente.

Y recuerden:

*Siempre hay por qué vivir por que luchar, siempre hay por quien sufrir y a quien amar. Al final las obras quedan las gentes se va, otros que vienen las continuaran, *La Vida Sigue Igual...*"*

Pocos amigos que son de verdad...

Julio Iglesias...

"La vida es más compleja de lo que parece..."

Jorge Drexler...

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	
Dedicatoria.....	I
Agradecimientos	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE GRAFICAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos:.....	4
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
2. 1 Origen del frijol.....	6
2. 2 Mejoramiento genético del frijol	8
2. 3 Tolerancia a sequia.....	9
2. 4 Métodos de mejoramiento genético	11
2. 5 Interacción genotipo - ambiente.....	12
2. 6 Componentes de rendimiento	16
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1 Variables Evaluadas	26
3.2 Análisis Estadístico	26
3.2.1 Análisis de Varianza Individual	26
3.2.2 Análisis combinado de varianza.....	27
4. RESULTADOS Y DISCUSION	29
5. CONCLUSIONES	49
6. LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Materiales evaluados en el Rancho Santa Elena de Loberos bajo condiciones de temporal, durante los años 2011 y 2012.....	22
Cuadro 3.2 Progenitores que dieron origen a las líneas experimentales del programa de Frijol de la UAAAN	24
Cuadro 4.1 Análisis de varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011.	29
Cuadro 4.2 Concentración de medias de las variables estudiadas en el ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011.	32
Cuadro 4.3 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 del año 2011	33
Cuadro 4.4 Análisis de varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2012.	34
Cuadro 4.5 Concentración de medias de las variables estudiadas en el ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2012.	37
Cuadro 4.6 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 del año 2012.....	38
Cuadro 4.7 Análisis Combinado de Varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011 y 2012.....	39
Cuadro 4.8 Comportamiento del rendimiento estimado de las líneas y variedades evaluadas en 2011 y 2012.....	41
Cuadro 4.9 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 de los años 2011 y 2012.	42
Cuadro 4.10 Clasificación de los materiales evaluados respecto a su estabilidad productiva en los años de evaluación.	48

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 3.1 Precipitación Media Nacional en milímetros (mm), a través del periodo comprendido del 2000 al 2012.....	22
Grafica 4.1 Comparación de medias de la variable Días a Primera Flor de los años 2011 y 2012.	43
Grafica 4.2 Comparación de medias de la variable días a cosecha de los años 2011 y 2012.	44
Grafica 4.3 Comparación de medias de la variable plantas por parcela útil (P.U.) de los años 2011 y 2012.....	45
Grafica 4.4 Comparación de medias de la variable peso de 100 semillas de los años 2012 y 2012.....	46
Grafica 4.5 Comparación del rendimiento estimado en los materiales evaluados de los años 2011 y 2012.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.6.1 Rendimiento de genotipos de frijol en condiciones de riego y sequía.....	19
Figura 3.1 Localización de Rancho Santa Elena de Loberos	20
Figura 3.2 Ubicación del Rancho con respecto a la Cabecera Municipal de Sombrerete	21
Figura 4.1 Duración de las fases fenológicas hasta madurez fisiológica. ...	44

RESUMEN

La ardua búsqueda para desarrollar nuevas variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) es indiscutible, ya que se busca cada vez variedades más productivas y con mejores características para una mayor producción en las zonas potencialmente productoras, siempre para tratar de satisfacer las necesidades alimenticias de la población mexicana y de otros países donde se consume esta leguminosa. El utilizar métodos de mejoramiento y hacer investigación *in situ* es una alternativa para desarrollar las nuevas variedades aptas para esos lugares de producción bajo temporal. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de 16 materiales del Programa de Frijol de la UAAAN y 4 variedades comerciales, con respecto a su potencial productivo bajo condiciones de temporal.

Se realizó una evaluación de dos años de los materiales, tomando variables como días primera flor, días a cosecha, plantas por parcela útil, peso de 100 semillas y rendimiento por parcela útil, el cual se convirtió a kg / ha. Las cuales se evaluaron *in situ*, en el momento adecuado para cada variable.

El experimento se realizó bajo un diseño experimental Bloques Completos al Azar, con cinco repeticiones y veinte tratamientos. Los datos de la variable Rendimiento se sometieron a un Análisis de Varianza Individual y Combinado, utilizando el paquete estadístico SAS 9.0. Cuando el efecto del tratamiento fue significativo se empleó la prueba de comparación de Tukey con

un nivel de confianza del 95%, para identificar las diferencias significativas entre las medias individuales y combinadas.

Los resultados obtenidos en los Análisis de Varianza individual nos muestran que hubo diferencias altamente significativas entre repeticiones y tratamientos, y se agruparon en diferentes grupos (A, B y C) conforme TUKEY ($P < 0.05$).

De la misma manera en el Análisis Combinado de Varianza mostro diferencias altamente significativas entre años y tratamientos, mostro diferencias significativas en la interacción años por tratamientos. Y la prueba de medias conforme a TUKEY ($P < 0.05$) nos agrupa las medias combinadas en tres grupos (A, B Y C), mostrando diferencias estadísticas.

En los resultados finales nos muestra que de los veinte materiales evaluados sobresalen cinco (**6, 11, 9, 14 y 16**) y los peores genotipos fueron los **7, 2, 3, 13 y 17**, en los cuales nos indica que dentro de los materiales existen buenos genotipos con buena estabilidad productiva, en años diferenciales en cuanto a condiciones favorables y no favorables para su producción.

Palabras clave: Frijol (*Phaseolus vulgaris* L), estabilidad, temporal, diferencial, evaluación, materiales.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia que tiene el frijol esta fuera de toda duda, ya que este grano forma parte de la dieta alimenticia de millones de personas y su cultivo se ha extendido prácticamente a todos aquellos lugares que tienen condiciones favorables para permitir su desarrollo.

En el entorno mundial los principales países productores de acuerdo a la FAO en 2012 fueron: India, Brasil, Myanmar, China, Estados Unidos de Norte América y México. Es decir, el frijol se cultiva y se consume en mayor o menor medida en todos los continentes, con producción mayor en América y Asia.

En México se le considera como el segundo cultivo básico en el orden de importancia después del maíz; es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, lo anterior debido a que constituye la principal fuente de proteína de origen no animal sobre todo en las clases marginadas.

De acuerdo con la información del Comité Nacional del Sistema Producto Frijol, se estima que en el país existen 570 mil productores, el 65.8 % del total son para autoconsumo y el resto lo hace para fines comerciales, (SAGARPA, 2013).

El 86% de la producción nacional de frijol se concentra en dos regiones geográficas, la región de mayor importancia se ubica en la zona templada semiárida que se localiza en la parte centro-norte del país (Región del Altiplano) y que comprende a los Estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Aguascalientes, San Luis Potosí, y Norte de Guanajuato: en los cuales en el

2010 se sembraron 1.24 millones de hectáreas, equivalente al 65 % de la superficie nacional y en promedio aportan anualmente el 50 % de la producción del país.

La producción de frijol en el 2011, comparándolo con el 2010, bajó un 52 % a nivel nacional, esto debido a que en el año 2011 hubo reporte de pérdida de superficie siniestrada a consecuencia de la sequía (siendo el factor principal), entre otros factores (heladas, etc.), de un 41 % de la superficie nacional sembrada (611,000 has), y en el año 2010 se reportó solo una superficie siniestrada de 21 %. El 2011 fue un año de intensa sequía lo que influyó para que la pérdida de la cosecha en comparación al 2010 fuera considerablemente mayor.

Por otra parte, el consumo de frijol por persona ha caído en los últimos años; el consumo era de 15 kg en el 2003 (Jacinto 2003; SIAP, 2005); mientras que actualmente ha bajado a 9.25 kg por persona, debido muy probablemente a las constantes alzas en su cotización (FIRA 2013, SIAP 2013), por lo tanto el incremento en el precio del frijol es el resultado de las fluctuaciones adversas de los factores ambientales, las cuales provocan pérdidas en la producción a nivel nacional. Por consecuencia la población cambió o sustituyó este básico por otras alternativas de consumo que afectaran menos su economía familiar.

En 2012 la media de rendimiento nacional fue de 690 kg ha⁻¹ el cual es muy bajo si lo comparamos con otros países como Estados Unidos de Norte América y Brasil (SIAP, 2012).

Los limitantes ambientales, como lo es la errática y deficiente precipitación, considerada la más importante, y algunos otros factores incluyendo inundaciones en algunas regiones, tipos de suelos, relieves, etc., son los de mayor importancia para una buena producción.

A pesar de ser el frijol un cultivo de gran importancia en nuestro país, no se ha logrado aumentar la producción en los últimos años, lo anterior debido al bajo rendimiento de las variedades sembradas así mismo por la falta de adaptación a diferentes ambientes prevalecientes en las zonas donde se cultiva, y a fluctuaciones que se presentan de un año a otro. Por ello es indispensable el uso de variedades mejoradas con tolerancia a la sequía, al igual que investigación relacionada y encaminada a solucionar estos problemas con el desarrollo de mejores variedades como una alternativa económicamente viable que permita aumentar la productividad; por consecuencia esto traerá beneficios económicos y mejorara la calidad de vida de la población que es lo que finalmente se pretende en el quehacer científico aplicado.

Por lo anterior en el presente trabajo de investigación se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

Objetivos:

- 1.- Identificar a los genotipos con mejor estabilidad en base a su productividad bajo condiciones de temporal, durante dos años de prueba.

- 2.- Comparar líneas experimentales del Programa de Frijol de la UAAAN, con variedades comerciales.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

Hipótesis 1: El comportamiento de los genotipos en función a su productividad es diferencial en los años de prueba debido a las fluctuaciones del ambiente sobre estos.

Hipótesis 2: Al menos una de las líneas del Programa de Frijol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), es superior a los testigos o variedades comerciales.

2. REVISION DE LITERATURA

La importancia que tiene el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) está fuera de toda duda, ya que este grano forma parte de la dieta alimenticia de un sinnúmero de personas y su cultivo se ha extendido a prácticamente a todos aquellos lugares susceptibles de permitir su desarrollo.

En la actualidad, la sequía sigue siendo la principal limitante de los rendimientos de frijol en México y otros países. En el Altiplano Mexicano la sequía intermitente, impredecible en cualquier etapa durante el ciclo biológico del cultivo, es una amenaza constante para los agricultores, sobre todo en la región semiárida.

López (2009), indica que para el óptimo crecimiento, desarrollo y producción de frijol se necesita tener las siguientes condiciones: temperaturas que van de 20° a 28° C, suelos con una textura franco limoso o ligeramente arenosa o en suelos franco arcillosos, con un pH de 5.5 a 6.5.

El INIFAP (2008), en relación a sus investigaciones, determina que el frijol se desarrolla mejor a temperaturas que van de 15° a 27°C, en suelos franco-arenosos y franco-arcillosos. Y que con respecto al pH se desarrolla bien en un rango de 5.5 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5. De la misma manera requiere de 300 a 500 mm de agua durante el periodo vegetativo.

2. 1 Origen del frijol

De acuerdo con Linneus (1753), esta leguminosa se considera primordialmente originaria de Asia, señalando a la India como posible centro de diversificación, ya que refiere que existe gran variabilidad de tipos de frijol en esta región.

Según De Candolle (1886), *Phaseolus vulgaris* proviene originalmente de Asia Occidental, sin embargo posteriormente se modificó su opinión, ya que conforme a excavaciones realizadas en Anaconda, Perú, se encontró semilla de *Phaseolus vulgaris* L. Wittmack (citado por Miranda 1967).

Por otra parte Ivanov (1928) y Vavilov (1935), señalan que el frijol se originó en la parte tropical del sur de México, Guatemala, Honduras y parte de Costa Rica, a una altura aproximada de 1,200 m.s.n.m.

Miranda (1966), menciona que *Phaseolus vulgaris* L. es nativo del área México-Guatemala, cultivado en México por más de cuatro mil años. Kaplam (1960), en este sentido refiere datos de restos arqueológicos encontrados en Ocampo, Tamaulipas y en la cueva de Coxcatlan, Puebla.

El hecho de identificar el centro de origen, domesticación y diversificación de una especie es de gran importancia, ya que en ese sitio podemos encontrar la mayor variabilidad genética de especies ancestrales y

silvestres del cultivo, favoreciendo la presencia de genes útiles que podemos ocupar para mejorar las diferentes especies vegetales, teniendo en cuenta que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L); es un alimento básico e indispensable en muchos países para su dieta diaria. Es por ello que no es posible perder de vista la necesidad de identificar claramente el centro de origen del frijol, teniendo en cuenta que sigue habiendo discusión en este sentido por algunos autores (Ivanov, 1928; Bukasov, 1931; Vavilov, 1935; Kaplan, 1967; Gentry, 1969).

La evolución del frijol en el transcurso del tiempo, ha generado grandes cambios en su morfología y fisiología; tanto en la planta como en su fruto, podemos destacar entre estos cambios:

Ciclo vegetativo; existen variedades de frijol precoces, intermedias y tardías.

Morfológica; variedades trepadoras que comúnmente van asociadas con maíz y se utilizan principalmente en zonas marginadas y estas son para autoconsumo; variedades no trepadoras que son para explotación comercial. Podemos decir además que hay variedades que difieren en número de ramas por planta, color de la hoja (verde fuerte, pardo, etc.), número de nudos por inflorescencia, etc.

Semillas; que difieren en tamaño, color, peso, latencia, tiempo de cocción, etc.

Tolerancia: a enfermedades e insectos; a inundaciones, sequía, salinidad, al frío, pH, entre otras.

La domesticación de plantas es un proceso resultante de la combinación de la evolución natural y la selección empírica practicada por el hombre, mediante la cual se derivan los cultivos domesticados a partir de sus progenitores silvestres.

Las poblaciones domesticadas se distinguen por pérdida de la capacidad de dispersión y de la latencia, arquitectura compacta de la planta, mayor rendimiento de grano y semilla de mayor tamaño, sincronía y precocidad de la floración. Estos cambios son debidos a que los alelos relacionados con el "síndrome de la domesticación" muestran pérdida de función génica (Papa *et al.*, 2006).

2. 2 Mejoramiento genético del frijol

Los microclimas existentes en México son muy variados, por tal motivo es difícil abarcar cada uno de ellos para mejoramiento genético específico, sin embargo se puede realizar esta práctica científica a grandes rasgos en lugares con microclimas similares.

Márquez (1988), considera que el punto de partida y el más importante para iniciar el programa de hibridación para crear variabilidad en una especie, es una adecuada selección de los progenitores.

Acosta (1999) argumenta que en mejoramiento genético del frijol común se optó por cruzar genotipos locales adaptados a las condiciones agroecológicas del lugar, con fuentes tolerantes a diversos factores bióticos y abióticos, para lograr aumentar la productividad del mismo.

2. 3 Tolerancia a sequia

Nielsen y Nelson (1998) comentan que el efecto de la sequía depende de su duración, de la capacidad del suelo para almacenar agua para la raíz, de las condiciones atmosféricas que influyen en la tasa de evapotranspiración, y de la constitución genética de la planta que condiciona su reacción a este factor abiótico.

En un experimento realizado por Masaya y White (1991) concluyen que la planta de frijol puede soportar temperaturas extremas entre 5 y 40 ° C, pero su tolerancia a las temperaturas altas es reducida, y que la mayoría de variedades comerciales están adaptadas a temperaturas moderadas propias de regiones de elevación media a alta o de siembras de otoño-invierno.

Rosales-Serna (2000), menciona que la variación entre los niveles de intensidad de sequía produce un efecto directo sobre el rendimiento del grano y los criterios de selección evaluados.

White y Singh (1991), refieren que para el caso del mejoramiento genético, su principal objetivo es el rendimiento final, lo que simplifica o ignora muchos de los procesos fisiológicos de la adaptación a la sequía. A la fecha el mejor criterio de selección de frijol bajo sequia es el rendimiento.

Así mismo, el mejoramiento genético para resistencia a sequía, representa una de las mejores alternativas para incrementar la productividad de frijol, bajo estas condiciones de temporal (Frahm *et al.*, 2003).

Acosta (1999), hace mención que en la actualidad, la estrategia para mejorar la producción se basa en la recombinación de fuentes de resistencia a sequía de diferente acervo genético, bajo la premisa de que esos genotipos poseen diferentes mecanismos de adaptación a la sequía temporal y de que es posible obtener genotipos superiores a los progenitores.

El desarrollo de variedades mejoradas con tolerancia a la sequía es difícil, lento y costoso, ya que los genotipos muestran inconsistencia en su rendimiento, por diferencias en severidad, tiempo de ocurrencia y duración de la sequía a través de localidades y años (Acosta *et al.*, 1999; Rosales-Serna *et al.*, 2000).

2.4 Métodos de mejoramiento genético

A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes métodos de mejoramiento en autógamias, algunos de ellos se siguen ocupando, de tal manera la forma como se desarrollaron algunos y otros han sufrido modificaciones para hacerlos más eficientes, de acuerdo a Miranda (1966) los más sobresalientes son:

Método de introducción: consiste en introducir a una localidad germoplasma que ha sido desarrollado en otras regiones.

Método de selección: es el más eficaz para la obtención de variedades mejoradas de frijol, por la gran variabilidad genética que hay en las variedades criollas de este cultivo; este método se divide en selección masal e individual.

Selección masal: se recolecta de una población las plantas que tengan los mejores e idénticos fenotipos, cosecharlas y mezclar la semilla. La mezcla resultante es una selección en masa. Las variedades obtenidas por este método, son un compuesto de líneas.

Selección individual: refiere a la separación, de una población heterogénea, la mejor o las mejores líneas puras, para estudiar su capacidad productiva a nivel experimental.

Selección por pedigrí: se selecciona a partir de F_2 las plantas que reúnen los caracteres deseables, y la progenie de cada planta seleccionada se vuelve a re-seleccionar en las generaciones siguientes hasta que la segregación genética haya cesado.

Cruzas múltiples: puede usarse para obtener variedades mejoradas. Este sistema tiene la ventaja de que es posible recombinar genes de muchos progenitores, y algunas recombinaciones pueden ser de gran utilidad para el mejoramiento.

Los métodos más utilizados en México son los métodos: selección individual y selección por pedigrí. Y el método más sugerido para México es el de selección masal.

2. 5 Interacción genotipo – ambiente

En el proceso de desarrollo de variedades indispensables para el consumo humano y que son poco rendidoras, la interacción genotipo ambiente es de gran importancia, puesto que el comportamiento de un material es muy diferencial a otro en un ambiente heterogéneo. Mas sin embargo, el que un material sea estable con el ambiente de un lugar representativo de una zona potencialmente productora de un alimento, es una gran ventaja. Por ello y sin más preámbulo, el comportamiento desigual de genotipos en diferentes

ambientes (interacción genotipo x ambiente) en ensayos de rendimiento, es un reto para los fitomejoradores.

La interacción genotipo-ambiente es un componente fundamental e importante de la variabilidad fenotípica y determina un comportamiento diferenciado de los genotipos.

Falconer (1970), hace mención que existe interacción genotipo-ambiente cuando una diferencia específica de ambiente no tiene el mismo efecto sobre diferentes genotipos, es decir que no podemos asociar una cierta desviación ambiental, con una diferencia específica de ambiente, independientemente al genotipo en el cual aquella actúe. De la misma manera refiere que esta interacción puede adoptar diferentes formas.

Bucio (1969), explica que la expresión fenotípica o el rendimiento depende de dos factores: un genético y otro ambiental, cualquier cambio, sea cualitativo o cuantitativo, en uno o ambos de estos factores, producen efecto fenotípico diferente.

La respuesta diferencial de los genotipos a las condiciones ambientales produce la interacción genotipo-ambiente, que limita la precisión en la estimación de rendimiento y dificulta la selección de genotipos aptos para ambientes específicos (Crossa *et al.* (1990) y Torres *et al.* (2005).

Bittaye y Sanneh (2001) y Lamin (2005), hacen mención a la necesidad de implementar estrategias que requieren una mayor diversificación genética

que pueda ser adaptada para las condiciones agroecológicas y socioeconómicas heterogéneas de los productores.

La interacción G x A es frecuentemente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, y cuando ésta ocurre en gran proporción, reduce el progreso genético de la selección (Yang y Baker, 1991; Magari y Kang, 1993).

Torres *et al.* (2005), argumentan que la interacción genotipo-ambiente se evalúa en los genotipos sobresalientes, con el propósito de seleccionar aquellos con una menor interacción en la región de interés, y cuya respuesta de rendimiento se incremente conforme mejoran las condiciones del cultivo.

Alejos (2006), hace mención que para evaluar el comportamiento de los cultivares, generados de los programas de mejoramiento genético de cualquier rubro agrícola, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación.

Según Rosales-Serna (2000), existe una fuerte interacción genético-ambiental que impide el rápido avance del mejoramiento genético; una forma de evaluar los resultados consiste en evaluar los genotipos sin limitaciones de humedad (riego) y con suspensión de riego en la etapa reproductiva del cultivo, para identificar los genotipos sobresalientes mediante índices de selección.

Acosta y Ochoa (1992), indican que las variedades tardías interactúan más con el ambiente, que las de ciclo precoz e intermedio, esto debido a la

mayor exposición al efecto detrimental (daño) de los factores ambientales y a los patógenos.

El conocimiento de los parámetros de estabilidad es una herramienta útil para distinguir diferencias genéticas o ambientales entre variedades, híbridos, clones, etc., debido a que solo el valor de la media del carácter como único dato, resulta insuficiente para definir el comportamiento del material en estudio (Basford y Cooper, 1998).

Según Campbell y Kern (1982), un método estadístico que ha sido usado para el análisis de la interacción $G \times A$, es el análisis combinado de varianzas en pares de cultivares, sugiriendo qué líneas con la interacción $G \times A$ más pequeñas, serían las más estables.

Hernández (2012), plantea que la fecha de siembra al determinar las condiciones del ambiente que inciden sobre el cultivo modifica su desarrollo, es decir, la fecha de ocurrencia de los estados fenológicos, la duración de las etapas y por ende, la duración del ciclo del cultivo.

El programa de mejoramiento busca generar granos, que por sus características de calidad (color y tamaño), sean preferidos para el mercado de exportación, y que por su capacidad de rendimiento, tolerancia a enfermedades y adaptación representen una seguridad en la producción (Salinas, *et al*, 2009).

Lépiz (2010), señala que la reducida ganancia genética obtenida por mejoramiento genético en frijol, se debe por un lado a la estrecha base genética de la forma cultivada y por otra, a la reducida utilización y a la extensa variabilidad genética disponible en el germoplasma silvestre.

2. 6 Componentes de rendimiento

El rendimiento puede expresarse como el resultado final de una serie de procesos fisiológicos-agronómicos para llegar a un resultado final de interés económico y social.

El rendimiento biológico tiene su expresión morfológica en las estructuras de la planta como son: raíz, tallo, hojas, botones, flores y frutos. También el rendimiento económico tiene su expresión morfológica en el grano, el cual es considerado como resultado de los procesos anteriormente mencionados.

El rendimiento en frijol en condiciones de temporal es muy bajo en comparación con otros cultivos. Aun así cuando se han hecho investigaciones profundas para el aumento del rendimiento, se ha avanzado lento para aumentarlo.

El rendimiento de un cultivo no se logra aumentando insumos, pero si sabiendo producirlo con menos costos.

Krarpup y Davis (1970), afirman que los componentes de rendimiento más importantes en muchos cultivos de leguminosas son: número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de la semilla.

Yassin (1973), reporta que el rendimiento es heredado cuantitativamente y es influenciado por efectos genéticos y por la interacción del genotipo con el medio ambiente; el rendimiento por sí mismo, no es el mejor criterio de selección y es por eso que es necesario estudiar sus componentes y el grado de asociación de estos con el rendimiento.

Arrieta *et al.* (2002), comenta que el número de nudos y de hojas, altura de planta y longitud de entre nudos muestran asociación positiva significativa con el número de vainas y semillas, y en consecuencia con el rendimiento.

Campos (2002), hace mención que el efecto del retraso de la fecha de siembra se manifestó en una demora en la emergencia, reducción en los días a floración y madurez, reducción en el número de ramas de segundo orden y en el rendimiento del grano.

Salinas (2012), señala que el bajo rendimiento puede deberse en parte a la falta de un manejo apropiado de las variedades utilizadas y a la falta de adaptación, y que para revertir lo anterior se diseñan estrategias con prácticas agronómicas que conduzcan al incremento del rendimiento y calidad nutricional del frijol.

Cuando el estrés por calor incide en prefloración sus efectos posteriores son más severos, como caída de vainas pequeñas y reducción del número de semillas, pero sin afectar al peso de semilla, en comparación con la incidencia en post-floración. (Agtunong *et al.*, 1992 y Barrios *et al.* 2011).

Barrios *et al.* (2011), interpreta que la tolerancia a sequía en especies vegetales es un proceso complejo que involucra diferencias morfológicas y anatómicas que contribuyen a la adaptación de la planta a condiciones restringidas de humedad, para lograr el objetivo final que viene siendo el rendimiento del grano.

Salinas (2008), menciona que el rendimiento del frijol varía en función del fotoperiodo, la intensidad luminosa y la temperatura ambiental, esto mismo interpretado por Acosta y White (1995) ya que el ciclo de la planta se alarga quedando más susceptible a daños bióticos como abióticos.

López *et al.* (2008), argumentan que la falta de precipitación pluvial en una etapa reproductiva, que es cuando el cultivo es más sensible a la falta de humedad, provoca deficiente llenado de grano, disminuyendo el número de semillas por vainas y disminuyendo la longitud de vaina y por consecuencia el rendimiento del grano disminuye, de la misma manera lo menciona Acosta *et al.* (1999), en el cuadro 2.6.1.

Figura 2.6.1 Rendimiento de genotipos de frijol en condiciones de riego y sequía.

Genotipo	Riego (kg ha ⁻¹)	Sequía (kg ha ⁻¹)	Promedio (kg ha ⁻¹)	Reducción (%)	ISS [†]	MG ^{††}	IER ^{†††}
ICTA JU-97-1	1029	381	705	73.0	0.92	626	1.01
ELS-15-55	1013	434 *	723	57.2	0.83	663	1.13
DOR-667	1306	463 *	884 *	64.5	0.94	778	1.56
ELS-11-37	1221	345	783 *	71.7	1.04	649	1.08
NGO 99054	946	213	580	77.5	1.13	449	0.52
82L-17-80	1149	369	759 *	67.9	0.99	651	1.09
NGO 99038	1251	143	697	88.6	1.29	423	0.46
NI/N8025-20-1	868	226	547	74.0	1.07	443	0.50
NGO 99055	1167	289	728 *	75.2	1.09	581	0.87
NGO 17-99	1251	529 *	890 *	57.7	0.84	813	1.70
'Negro Jamapa'	1069	280	674	73.8	1.07	547	0.77
DOR-454	891	309	600	65.3	0.95	525	0.71
DOR-448	1173	424 *	798 *	63.8	0.93	705	1.28
NGO 99176	1129	257	693	77.2	1.12	539	0.75
'Negro INIFAP'	1238	510 *	874 *	58.8	0.85	795	1.63
'Negro Tacaná'	1129	398	763 *	64.7	0.94	670	1.16
Promedio	1114.4 *	348.1	731.1	68.8	1.0	616	1.0
CV (%)	15.78	20.39	18.34				
DMS (0.05)		118.38	166.20				

[†]Índice de Susceptibilidad a Sequía. ^{††}Media Geométrica. ^{†††}Índice de Eficiencia Relativa.

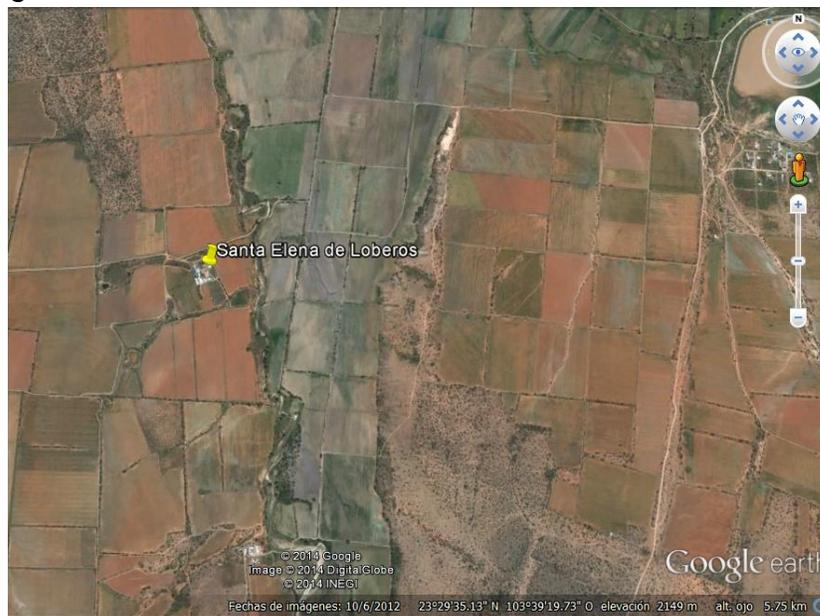
*Genotipos estadísticamente superiores, según la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Según el cuadro 2.6.1 los autores concluyen que el peso de la semilla estuvo correlacionado con el rendimiento del grano, tanto en riego como sequía. Y con el número de semillas por vaina en esta última correlación.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo durante los años 2011 y 2012, en el Rancho Santa Elena de Loberos, del Municipio de Sombrerete, Zacatecas (Figura 3.1), siendo este Municipio el número uno a nivel nacional en superficie sembrada con Frijol.

Figura 3.1 Localización de Rancho Santa Elena de Loberos



El Rancho Santa Elena de Loberos se localiza a 20 km de distancia, al sur de la Cabecera Municipal de Sombrerete, (Figura 3.2).

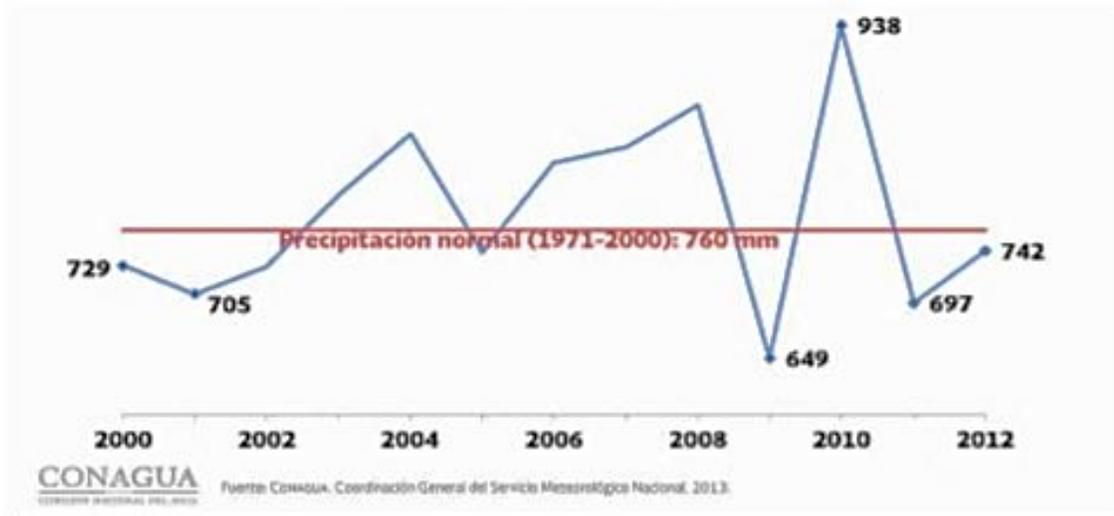
Figura 3.2 Ubicación del Rancho con respecto a la Cabecera Municipal de Sombrerete



Las coordenadas geográficas son: latitud norte $23^{\circ} 29' 37''$, en la longitud oeste con $103^{\circ} 39' 35''$. Este lugar se encuentra a una altura aproximada de 2,131 msnm.

El clima predominante, es el templado subhúmedo con lluvias en verano *Cf* (García, 1973), el cual ocupa el 51.12 por ciento de la superficie Municipal. Le sigue el clima semi-seco templado, con 48.88 por ciento de la superficie municipal. La temperatura media anual es de 22°C , (INAFED). La precipitación pluvial es de 635.6 milímetros promedio, 334.512 mm en años secos y 850.2 mm en años lluviosos, (CONAGUA; INEGI 2012-2013). De igual manera la distribución de precipitación pluvial que se presenta en México, se observa en la siguiente grafica presentada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) México, (2013) (Grafica 3.1).

Grafica 3.1 Precipitación Media Nacional en milímetros (mm), a través del periodo comprendido del 2000 al 2012.



Para este estudio se incluyeron 20 materiales; 16 líneas sobresalientes del Programa de Frijol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y 4 variedades comerciales como se muestran en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Materiales evaluados en el Rancho Santa Elena de Loberos bajo condiciones de temporal, durante los años 2011 y 2012.

	Materiales	Tipo de crecimiento
1	PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3)	III
2	PC-244-1 (Z-06-244-1)	III
3	Z-05-228-1	III
4	Z-05-237-4	III
5	PC-247-1 (Z-06-247-1)	III
6	PC-237-1 (Z-06-237-1)	III
7	PC-232-1 (Z-06-232-1)	III
8	PC-232-6 (Z-06-232-6)	III
9	NV-145-94-8	III
10	PC-245-2 (Z-06-245-2)	III

11	PC-243-4 (Z-06-243-4)	III
12	PC-230-2 (Z-06-230-2)	III
13	Z-05-244-3	III
14	PC-243-1 (Z-06-243-1)	III
15	PC-232-4 (Z-06-232-4)	III
16	Z-05-234-3	III
17	Flor de Mayo M-38	II
18	Flor de Mayo Sol	III
19	Flor de Mayo 2000	III
20	Flor de Mayo AN05	III

II. Arbustivo Indeterminado

III. Crecimiento Indeterminado Postrado

Cuadro 3.2 Progenitores que dieron origen a las líneas experimentales del programa de Frijol de la UAAAN.

No. DE CRUZA	PROGENITOR	PROGENITOR	¿ X ?
PC-209-2	Bayo Madero	Manzano x F. de M. RMS (PC-145-94-12)	B X FM
PC-228-1	Bayo Madero	Manzano x B. Zac. (PC-147-95-1-1)	B X BR
PC-230	Manzano x F. de M. RMC (PC-146-94-1)	Bayo Madero	FM X B
PC-232 **	Manzano x F. de M. RMC (PC-146-94-1)	Manzano x B. Zac. (PC-147-95-1-1)	FM X BR
PC-234	F. de M. RMS x RMC (PC-148-95-8)	Manzano x F. de M. RMC (PC-146-94-1)	FM X FM
PC-237 **	Manzano x F. de M. RMC (PC-146-93-23)	Manzano x F. de M. RMS (PC-145-94-12)	BR X FM
PC-243 **	Manzano x F. de M. RMS (PC-145-94-12)	Manzano x B. Zac. (PC-147-95-1-1)	FM X BR
PC-244	Manzano x F. de M. RMS (PC-145-94-12)	B. Zac. X Zac-1 (PC-140-1-96-3)	FM X B
PC-245	Manzano x F. de M. RMS (PC-145-94-12)	SO-94-83	FM X B
PC-247	B. Zac. X F. de M. RMC (PC-141-93-4)	Manzano x F. de M. RMC (PC-146-94-1)	FM X FM

**.- Poblaciones compuestas por cruzas directas reciprocas

FM= Flor de Mayo

B= Bayo

BR= Bayo Rosa

Previo a la siembra de los experimentos, se realizaron las labores necesarias para la preparación adecuada del lote experimental.

La distribución de los tratamientos se llevó a cabo bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar, el cual consistió en veinte tratamientos y cinco repeticiones; se analizaron los datos obtenidos a través de un Análisis de Varianza individual por año y combinado, que incluyen los dos años de prueba. Para la realización de los análisis se ocupó el paquete estadístico SAS 9.0 (Statistical Analysis System).

El experimento establecido en el año 2011 se sembró el 12 de Agosto y el del 2012 el 5 de Julio.

La parcela total para cada tratamiento consistió de dos surcos; dentro de cada bloque; cada surco midió 6 metros lineales con una separación de 0.76 metros entre surcos, la parcela útil constó de 5 metros lineales eliminando 50 cm en cada extremo para evitar el efecto de orilla, dando un área de 3.8 metros cuadrados.

Para el manejo y atención del lote experimental se siguieron las recomendaciones técnicas utilizadas por los productores de la región. No se fertilizó a la siembra, y en la escarda se aplicaron 23 unidades de nitrógeno, utilizando como fuente de este elemento la Urea. En el control de plagas se optó por utilizar el insecticida Agrocin (Cipermetrina 200).

3.1 Variables Evaluadas

La toma de datos de las variables consideradas en el presente trabajo se realizó en los momentos oportunos según el desarrollo del cultivo, siendo estas las siguientes:

Días a primera flor

Días a cosecha

Plantas por parcela útil

Peso de 100 semillas

Rendimiento por parcela útil, el cual se convirtió a kg / ha.

3.2 Análisis Estadístico

3.2.1 Análisis de Varianza Individual

Se efectuó el Análisis de Varianza por separado conforme a cada año que se realizó el experimento, en base al siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + \sigma_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor observado para la i – ésima prueba

μ = Efecto medio

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

R_j = Efecto de la j – ésima repetición

σ_{ij} = Efecto del área experimental de la j – ésima repetición que estará sujeta al i – ésimo tratamiento.

$$i = 1, 2, \dots \dots t \text{ (tratamiento)}$$

$$j = 1, 2, \dots \dots r \text{ (repetición)}$$

3.2.2 Análisis Combinado de Varianza

Para la característica evaluada se realizó un análisis combinado de varianza utilizando el diseño experimental bloques completos al azar bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j(k) + A_k + TA_{ik} + \sigma_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo año.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$R_{j(k)}$ = Efecto de la j-ésima repetición del k-ésimo año.

A_k = Efecto del k-ésimo año.

TA_{ik} = Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo año.

σ_{ijk} = Efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots \dots t$ (*tratamientos*)

$j = 1, 2, \dots \dots r$ (*repeticiones*)

$k = 1, 2, \dots \dots k$ (*años*)

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En base a los resultados que arrojó el análisis de varianza (Cuadro 4.1) para la variable rendimiento en el año 2011, podemos observar que existió diferencia altamente significativa (nivel .01) tanto para bloques como para tratamientos. Así mismo el coeficiente de variación que se encontró (38.77 %).

Cuadro 4.1 Análisis de varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011.

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
REP	4	82006.0204	20501.5051	3.29**	0.0153
TRAT	19	434283.8779	22857.0462	3.67**	<.0001
ERROR	76	473905.6556	6235.6007		
TOTAL	99	990195.5539			

** Significativo al .01

C.V. = 38.77%

El coeficiente de variación se puede considerar alto, debido a diferentes factores los cuales influyeron a que se elevara significativamente. Entre estos factores se considera la fecha de siembra, la cual fue tardía, malezas, heladas tempranas, fotoperiodo, lo anterior concuerda con trabajos realizados por INIFAP (2008); G. Cirilo (Fecha de siembra y Rendimiento en maíz); Parker (1999); FAO (Conservación de los Recursos Naturales para una Agricultura Sostenible); López *et al.* (2008) y Pastor (1990).

Tomando en cuenta que los tratamientos fueron aleatorizados involucra que no se dio ventaja a ningún tratamiento. Considerando los resultados obtenidos es posible señalar que la precipitación pluvial y la fecha de siembra fueron los principales factores que afectaron de cierta manera el comportamiento que tuvieron los genotipos en el año mencionado.

En el cuadro 4.2 se muestran los resultados de las variables evaluadas en el año 2011 las cuales fueron afectadas de manera diferencial con respecto al 2012, ya que el retraso de la fecha de siembra, las heladas tempranas, el acortamiento del fotoperiodo, la tardía y mala distribución de la precipitación pluvial; así como otros factores afectaron de manera significativa a los genotipos. En la concentración de medias podemos observar que los días a primera flor se retrasaron, los días a cosecha se alargaron, las plantas por parcela útil disminuyeron, el peso de cien semillas se vio reducido y por consecuencia el rendimiento por hectárea. De esta manera podemos apreciar que los materiales evaluados tuvieron una respuesta diferencial a estas condiciones adversas, coincidiendo con los trabajos presentados por diferentes investigadores tales como Acosta (1997), López (2008), Rosales (2000) y Acosta-Gallegos (1991).

En la prueba de medias realizadas (Cuadro 4.3) podemos observar tres diferentes grupos (A, B y C) en los cuales concluimos que el genotipo que obtuvo el rendimiento más alto fue el **6** (PC-237-1 (Z-06-237-1), y que los materiales similares sin diferencia estadística en base a la prueba de medias realizada fueron los genotipos **12** (PC-230-2 (Z-06-230-2), **14** (PC-243-1 (Z-06-243-1)) y **9** (NV-145-94-8). Los peores materiales estadísticamente fueron el número **13** (Z-05-244-3) y el número **17** (Flor de Mayo M-38). De igual forma se observa que agronómicamente si hubo grandes diferencias entre los materiales. Estos resultados son comparables a los presentados por Rosales (2001) que al agrupar en 1997 las variedades por hábito de crecimiento, pudo observarse la superioridad en rendimiento de las variedades de tipo III, respecto a los demás grupos, en las dos localidades, coincidiendo con López (2008) y Rosales (2000) donde concluye que en condiciones restrictivas de humedad redujo el rendimiento en los diferentes genotipos evaluados, mostrando diferente respuesta a condiciones desfavorables y agrupando de manera diferente a los materiales en base a su prueba de medias, de la misma manera lo deduce Pajarito (2006).

Cuadro 4.2 Concentración de medias de las variables estudiadas en el ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011.

	Materiales	1ra Flor	Días a cosecha	Plantas P.U.	Peso 100 sem.	Rend. P.U.	Rend. kg/ha
1	PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3)	45	116	55.2	30.36	205.3	547.5351
2	PC-244-1 (Z-06-244-1)	46.5	116	57	28.22	227.88	607.75596
3	Z-05-228-1	41.5	102	50.6	25.44	184.5	492.0615
4	Z-05-237-4	48	116	54	29.92	213.24	568.71108
5	PC-247-1 (Z-06-247-1)	49	116	53.6	32.85	157.06	418.87902
6	PC-237-1 (Z-06-237-1)	46.5	116	57.8	28.98	330.38	881.12346
7	PC-232-1 (Z-06-232-1)	50	116	52.8	29.98	143.62	383.03454
8	PC-232-6 (Z-06-232-6)	49	116	45.04	29.96	217.94	581.24598
9	NV-145-94-8	50	116	50.4	30.9	273.9	730.4913
10	PC-245-2 (Z-06-245-2)	51.5	116	56	38.35	169.82	452.90994
11	PC-243-4 (Z-06-243-4)	48	116	54	28.46	242.74	647.38758
12	PC-230-2 (Z-06-230-2)	46.5	116	55.4	30.18	289.125	754.33428
13	Z-05-244-3	49	116	51.2	27.28	110.7	297.9039
14	PC-243-1 (Z-06-243-1)	48	116	58	28.44	275.7	732.6249
15	PC-232-4 (Z-06-232-4)	49	116	53	31.12	222.56	593.56752
16	Z-05-234-3	49	116	54	28.14	257.66	687.17922
17	Flor de Mayo M-38	55	116	49.8	29.2	37.64	100.38588
18	Flor de Mayo Sol	49	116	51.4	25.05	150.66	401.81022
19	Flor de Mayo 2000	51.5	116	50.8	24.6	155.52	414.77184
20	Flor de Mayo AN05	49	116	52.6	30.78	213.72	572.65824
	Media general:	48.55	115	53.132	29.4105	203.98	543.31

*.- Factor de conversión a kg/ha = 2.667

Cuadro 4.3 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 del año 2011

Grupo TUKEY	Rend. Promedio (kg/ha)	Material
A	881.12	6 (PC-237-1 (Z-06-237-1))
B A	754.33	12 (PC-230-2 (Z-06-230-2))
B A	732.62	14 (PC-243-1 (Z-06-243-1))
B A	730.49	9 (NV-145-94-8)
B A	687.17	16 (Z-05-234-3)
B A	647.38	11 (PC-243-4 (Z-06-243-4))
B A C	607.75	2 (PC-244-1 (Z-06-244-1))
B A C	593.56	15 (PC-232-4 (Z-06-232-4))
B A C	581.24	8 (PC-232-6 (Z-06-232-6))
B A C	572.65	20 (Flor de Mayo AN05)
B A C	568.71	4 (Z-05-237-4)
B A C	547.53	1 ((PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3))
B A C	492.06	3 (Z-05-228-1)
B A C	452.90	10 (PC-245-2 (Z-06-245-2))
B A C	418.87	5 (PC-247-1 (Z-06-247-1))
B A C	414.77	19 (Flor de Mayo 2000)
B A C	401.81	18 (Flor de Mayo Sol)
B A C	383.03	7 (PC-232-1 (Z-06-232-1))
B C	297.90	13 (Z-05-244-3)
C	100.38	17 (Flor de Mayo M-38)

De acuerdo a los resultados dados por el análisis de varianza (Cuadro 4.4) para la variable rendimiento en el año 2012, nos mostró que existieron diferencias altamente significativas al de nivel .01 en cuanto a bloques y tratamientos.

Cuadro 4.4 Análisis de varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2012.

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
REP	4	86842.2086	21710.5522	3.16**	0.0186
VARS	19	255518.8716	13448.3617	1.96**	0.0212
ERROR	76	522188.5714	6870.9023		
TOTAL	99	864549.6516			

** Significativo al .01

C.V. = 15.66 %

Dado a que el coeficiente de variación de este año fue de 15.66 %, podemos determinar que los resultados estuvieron menos influenciados por los factores abióticos (como sucedió en el 2011), siendo un mejor año en cuanto a precipitación pluvial y en una fecha de siembra más adelantada a el intervalo de siembra indicada por INIFAP (2008).

En estudios similares Rocha (1984) obtuvo un coeficiente de variación de 15.6% en la evaluación de “Efectos de la Interacción genotipo-ambiente sobre la asociación de caracteres en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)”. Reyes (1995) en la Localidad de Calera, Zacatecas, donde se realizó un

experimento de “Evaluación de genotipos de Frijol en dos Localidades bajo condiciones de temporal” encontró un coeficiente de variación de 18.42 %.

En el cuadro 4.5 podemos apreciar la concentración de medias de las variables evaluadas en el ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas en 2012, en este año fue lo inverso a lo sucedido en 2011 ya que aquí la fecha de siembra se estableció a principios del mes de julio entrando en el intervalo establecido por INIFAP (2008), y los factores ambientales fueron más positivos, la expresión de los mismos genotipos evaluados fue con mayor respuesta y más estable en las variables evaluadas, tanto que el rendimiento de las mismas se asemeja el rendimiento promedio, del cual se observan materiales con buena respuesta a condiciones favorables. Estos resultados son comparables con los presentados por López (2008).

Los resultados arrojados por la prueba de medias (Cuadro 4.6) nos forman dos grupos (A y B), en el cual nos concluye que no existieron diferencias estadísticas entre los materiales con la letra A pero si con la letra B. Los materiales más sobresalientes fueron el número **11** (PC-243-4 (Z-06-243-4), **18** (Flor de Mayo Sol) y **20** (Flor de Mayo AN05) estadísticamente hablando. Y los peores materiales fueron el número **2** (PC-244-1 (Z-06-244-1)) y número

17 (Flor de Mayo M-38) respectivamente. Estos resultados son semejantes a los presentados por Acosta (1997).

Cuadro 4.5 Concentración de medias de las variables estudiadas en el ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2012.

	Material	1ra Flor	Días a cosecha	Plantas P.U	Peso 100 serr	Rend. P.U.	Rend. kg.ha
1	PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3)	42	99.2	63.0	31.84	572.9	1527.9243
2	PC-244-1 (Z-06-244-1)	43.5	105.0	62.2	34.56	420.8	1122.2736
3	Z-05-228-1	39	98.0	60.2	30.1	463.4	1235.8878
4	Z-05-237-4	42	98.8	67.6	36.38	547.98	1461.46266
5	PC-247-1 (Z-06-247-1)	42	102.0	62.6	41.22	536.28	1430.25876
6	PC-237-1 (Z-06-237-1)	42	98.8	65.6	36.48	536.68	1431.32556
7	PC-232-1 (Z-06-232-1)	42	99.2	63.8	38.82	531.3	1416.9771
8	PC-232-6 (Z-06-232-6)	42	98.8	65.2	39.4	547.04	1458.95568
9	NV-145-94-8	44	101.0	67.0	67.0	569.12	1517.84304
10	PC-245-2 (Z-06-245-2)	45	105.0	61.2	47.9	507.76	1354.19592
11	PC-243-4 (Z-06-243-4)	40	98.4	67.0	32.48	600.74	1602.17358
12	PC-230-2 (Z-06-230-2)	42	98.0	71.4	35.76	508.32	1355.68944
13	Z-05-244-3	42	98.4	62.4	33.26	477.08	1272.37236
14	PC-243-1 (Z-06-243-1)	41	98.0	62.6	36.68	533.26	1422.20442
15	PC-232-4 (Z-06-232-4)	42	100.8	63.6	40.64	552.74	1474.15758
16	Z-05-234-3	42	98.0	66.0	35.1	546.98	1453.46166
17	Flor de Mayo M-38	46	105.0	60.2	33.48	407.6	1087.0692
18	Flor de Mayo Sol	45	102.8	61.2	30.26	580.82	1549.04694
19	Flor de Mayo 2000	45	99.6	67.2	29.04	563.88	1503.86796
20	Flor de Mayo AN05	42	98.4	64.2	37.66	578.88	1543.87296
	Media general	42.525	100.16	64.21	37.403	529.17	1411.05

*.- Factor de conversión a ton/ha = 2.667

Cuadro 4.6 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 del año 2012

Grupo TUKEY		Rend. Promedio (kg/ha)	Material
	A	1602.17	11 (PC-243-4 (Z-06-243-4))
B	A	1549.04	18 (Flor de Mayo Sol)
B	A	1543.87	20 (Flor de Mayo AN05)
B	A	1527.92	1 (PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3))
B	A	1517.84	9 (NV-145-94-8)
B	A	1503.86	19 (Flor de Mayo 2000)
B	A	1474.15	15 (PC-232-4 (Z-06-232-4))
B	A	1461.46	4 (Z-05-237-4)
B	A	1458.95	8 (PC-232-6 (Z-06-232-6))
B	A	1453.46	16 (Z-05-234-3)
B	A	1431.32	6 (PC-237-1 (Z-06-237-1))
B	A	1430.25	5 (PC-247-1 (Z-06-247-1))
B	A	1422.20	14 (PC-243-1 (Z-06-243-1))
B	A	1416.97	7 (PC-232-1 (Z-06-232-1))
B	A	1355.68	12 (PC-230-2 (Z-06-230-2))
B	A	1354.19	10 (PC-245-2 (Z-06-245-2))
B	A	1272.37	13 (Z-05-244-3)
B	A	1235.88	3 (Z-05-228-1)
B	A	1122.27	2 (PC-244-1 (Z-06-244-1))
B		1087.06	17 (Flor de Mayo M-38)

Para el Análisis Combinado de Varianza (Cuadro 4.7) donde se evaluaron conjuntamente los dos años para la variable rendimiento, se puede concluir que existió una diferencia estadística altamente significativa para las fuentes de variación años, tratamientos y repeticiones (nivel .01), mientras que para la interacción años por tratamientos la diferencia encontrada fue solamente significativa (al .05).

Cuadro 4.7 Análisis Combinado de varianza de la variable rendimiento del ensayo de líneas y variedades de frijol evaluadas bajo temporal en 2011 y 2012.

FV	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
AÑOS	1	5297805.454	5297805.454	808.42**	<.0001
REP (Años)	8	168848.229	21106.029	3.22 **	0.0021
TRAT	19	480554.023	25292.317	3.86**	<.0001
Años * TRAT	19	209248.727	11013.091	1.68*	0.0451
ERROR	152	996094.227	6553.251		
TOTAL	199	7152550.660			

**Altamente Significativo al .01 * Significativo al .05
C.V. = 22.09 %

El Análisis Combinado de Varianza (Cuadro 4.7) nos da a entender que los materiales evaluados presentan gran diferencia con el ambiente, y que sobresalen los que tienen mejor estabilidad a situaciones adversas del ambiente y otros factores que influyen para su expresión.

En la concentración de medias conforme al rendimiento (Cuadro 4.8), se puede concluir que los materiales más sobresalientes en el año 2011 se mantienen con buena producción en 2012 con condiciones ambientales más

favorables. Los materiales más estables son el **6** (PC-237-1 (Z-06-237-1)), **11** (PC-243-4 (Z-06-243-4)) y **9** (NV-145-94-8), y los más afectados por el medio ambiente son el número **13** (Z-05-244-3) y **17** (Flor de Mayo M-38).

En la combinación de los dos años y con base a la prueba de medias conforme a TUKEY (Cuadro 4.9), se visualiza que entre los materiales existe diferencia estadística, ya que están agrupados en tres grupos (A, B y C) indicándonos que en base a su productividad se clasifican en buenos, regulares y malos, los genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, debido a lo contrastante de las condiciones que se presentaron en los años de evaluación provocó una respuesta diferencial entre los materiales, ya que existe mucha diferencia entre los materiales, mostrado en el rango de productividad de los mismos. Estadísticamente los mejores fueron el número **6** (PC-237-1 (Z-06-237-1)), **11** (PC-243-4 (Z-06-243-4)), **9** (NV-145-94-8) y **14** (PC-243-1 (Z-06-243-1)) ya que presentaron la mejor respuesta en los años de evaluación, y los que presentaron el más pobre comportamiento fueron el **3** (Z-05-228-1), **13** (Z-05-244-3) y **17** (Flor de Mayo M-38) . Esto nos indica que si se explotan comercialmente los más sobresalientes se incrementaría la productividad.

Cuadro 4.8 Comportamiento del rendimiento estimado de las líneas y variedades evaluadas en 2011 y 2012.

Material	Rend. kg/ha 2011	Rend. Kg/ha 2012	Rendimiento \bar{X}
1 PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3)	547.5351	1527.9243	1037.7297
2 PC-244-1 (Z-06-244-1)	607.75596	1122.2736	865.01478
3 Z-05-228-1	492.0615	1235.8878	863.97465
4 Z-05-237-4	568.71108	1461.46266	1015.08687
5 PC-247-1 (Z-06-247-1)	418.87902	1430.25876	924.56889
6 PC-237-1 (Z-06-237-1)	881.12346	1431.32556	1156.22451
7 PC-232-1 (Z-06-232-1)	383.03454	1416.9771	900.00582
8 PC-232-6 (Z-06-232-6)	581.24598	1458.95568	1020.10083
9 NV-145-94-8	730.4913	1517.84304	1124.16717
10 PC-245-2 (Z-06-245-2)	452.90994	1354.19592	903.55293
11 PC-243-4 (Z-06-243-4)	647.38758	1602.17358	1124.78058
12 PC-230-2 (Z-06-230-2)	754.33428	1355.68944	1055.01186
13 Z-05-244-3	297.9039	1272.37236	785.13813
14 PC-243-1 (Z-06-243-1)	732.6249	1422.20442	1077.41466
15 PC-232-4 (Z-06-232-4)	593.56752	1474.15758	1033.86255
16 Z-05-234-3	687.17922	1453.46166	1070.32044
17 Flor de Mayo M-38	100.38588	1087.0692	593.72754
18 Flor de Mayo Sol	401.81022	1549.04694	975.42858
19 Flor de Mayo 2000	414.77184	1503.86796	959.3199
20 Flor de Mayo AN 05	572.65824	1543.87296	1058.2656
\bar{X}	543.318573	1411.051026	977.1847995

\bar{X} = Media General

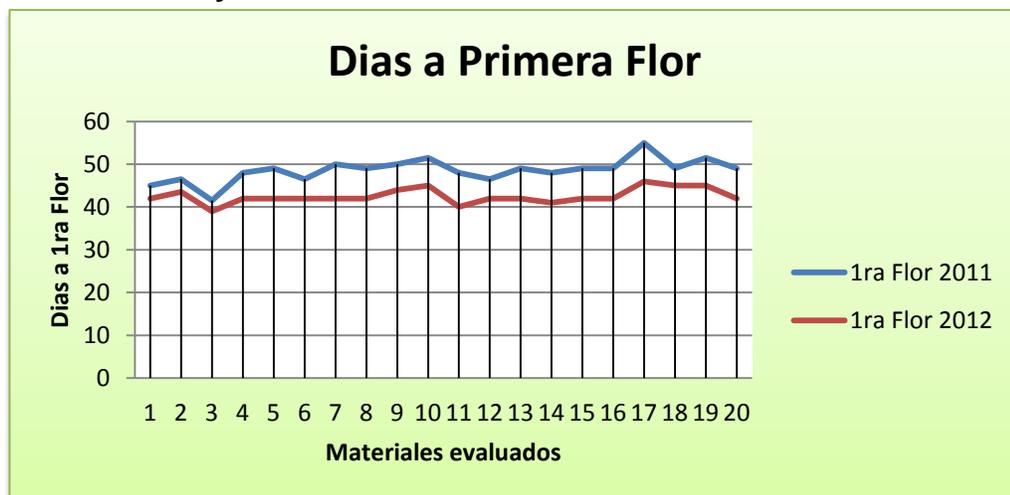
Cuadro 4.9 Prueba de medias conforme a TUKEY al .05 de los años 2011 y 2012.

Grupo TUKEY		Rend. Promedio (kg/ha)	Material
	A	1156.22	6 (PC-237-1 (Z-06-237-1))
B	A	1124.78	11 (PC-243-4 (Z-06-243-4))
B	A	1124.16	9 (NV-145-94-8)
B	A	1077.41	14 (PC-243-1 (Z-06-243-1))
B	A	1070.32	16 (Z-05-234-3)
B	A	1058.26	20 (Flor de Mayo AN05)
B	A	1055.01	12 (PC-230-2 (Z-06-230-2))
B	A	1037.72	1 (PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3))
B	A	1033.86	15 (PC-232-4 (Z-06-232-4))
B	A	1020.10	8 (PC-232-6 (Z-06-232-6))
B	A	1015.08	4 (Z-05-237-4)
B	A	975.42	18 (Flor de Mayo Sol)
B	A	959.31	19 (Flor de Mayo 2000)
B	A C	924.56	5 (PC-247-1 (Z-06-247-1))
B	A C	903.55	10 (PC-245-2 (Z-06-245-2))
B	A C	900.00	7 (PC-232-1 (Z-06-232-1))
B	A C	865.01	2 (PC-244-1 (Z-06-244-1))
B	A C	863.97	3 (Z-05-228-1)
B	C	785.13	13 (Z-05-244-3)
B	C	593.72	17 (Flor de Mayo M-38)

Representación gráfica de la comparación de las medias de las variables estudiadas bajo temporal en el Rancho Santa Elena de Loberos, Sombrerete, Zacatecas en los años 2011 y 2012.

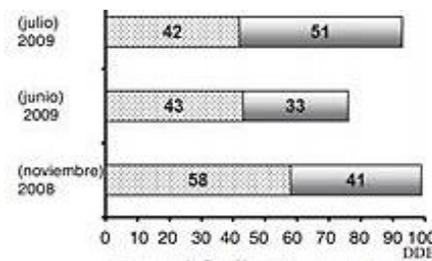
En la gráfica 4.1 se puede observar que en el año 2011 hubo un retraso en los días a primera flor, en comparación con el año 2012, ya que aproximadamente hubo 10 días de diferencia entre ambos. Este fenómeno pudo haber sido por la intensidad luminosa de horas luz que recibieron las plantas. Según Rosales – Serna *et al.* (2001) comentan que la disponibilidad de la humedad, la temperatura, el fotoperiodo y sus interacciones influyen notoriamente en el crecimiento y desarrollo, de la misma manera como en la duración de sus etapas fenológicas, como de la siembra a floración y a la madurez fisiológica, coincidiendo con Acosta *et al.*, (1996). De la misma forma Pajarito (2006) documenta que los cambios observados en la floración de su experimento en sequia se debieron a la poca precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo y a la baja temperatura que fue de 3°C.

Grafica 4.1 Comparación de medias de la variable Días a Primera Flor de los años 2011 y 2012.



Como se representa en la gráfica 4.2, los días a cosecha de los materiales tienen una diferencia muy grande con respecto de un año a otro. Como se muestra en el año 2011 en general los días a cosecha son uniformes ya que se presentó una helada el día 3 de diciembre, lo cual indica que se cosechó todo simultáneamente, y en el año 2012 son muy inestables, pero siempre en un intervalo que va de 97 a 105 días aproximadamente. Hernández (2012) concluye en sus resultados que en las fechas de siembra tardía en noviembre de 2008 en la zona tropical, las plantas necesitan mayor cantidad de días para completar su ciclo hasta madurez fisiológica (Figura 4.1).

Figura 4.1 Duración de las fases fenológicas hasta madurez fisiológica.



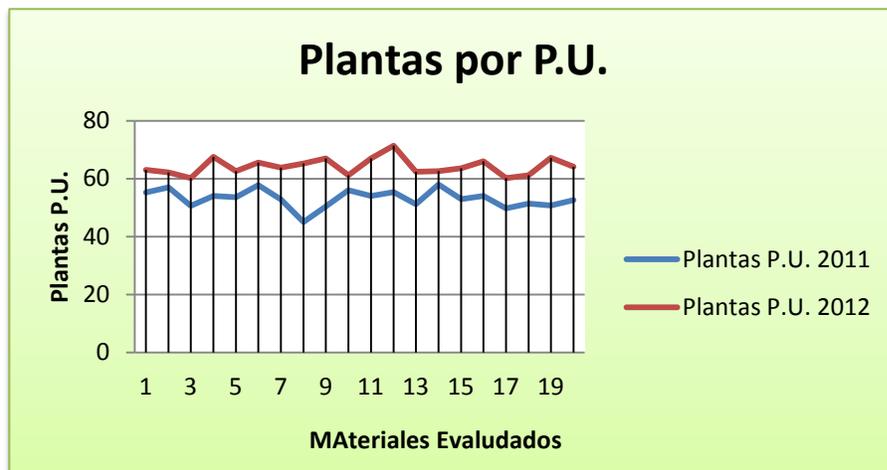
Pajarito (2006) coincidiendo con Acosta (1993) indican que en siembras establecidas después del tres de julio, el retraso a la madurez fue debido a las bajas temperaturas.

Grafica 4.2 Comparación de medias de la variable días a cosecha de los años 2011 y 2012.



Comparando las medias de la parcela útil (Grafica 4.3) podemos observar que hubo una pérdida mayor de plantas en el año 2011. Aquí observamos que los materiales sobresalientes son los números **6** (PC-237-1(Z-06-237-1) y **12** (PC-230-2 (Z-06-230-2)), las cuales se ha mantenido en los dos años, comparándolas contra las variedades comerciales. Esto mismo nos indica que si estas líneas son manejadas adecuadamente pueden llegar a explotarse comercialmente.

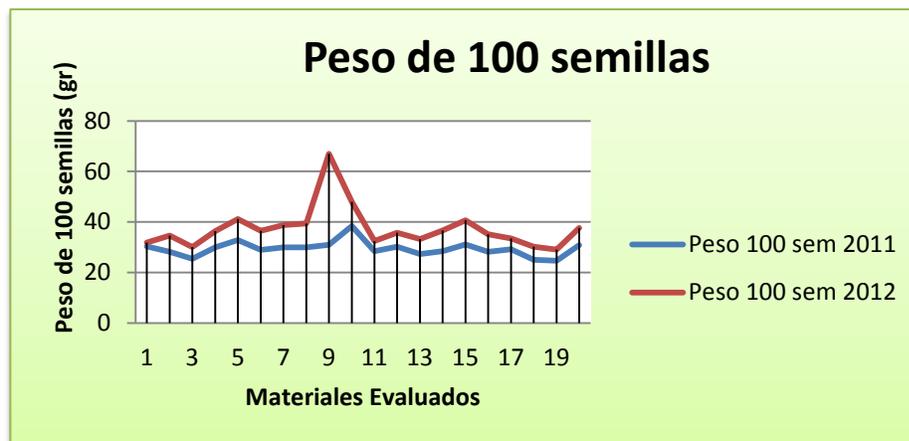
Grafica 4.3 Comparación de medias de la variable plantas por parcela útil (P.U.) de los años 2011 y 2012.



El peso de las semillas nos indica mucho, pero a la vez poco, es decir, si no se sabe relacionar esta variable con otros factores que intervienen en los parámetros de rendimiento de la planta de Frijol, la misma variable puede ser engañosa. La gráfica 4.4 nos muestra que el material **9** (NV-145-94-8) sobresale en peso de 100 semillas y el material que menos peso tiene es el **3**

(Z-05-228-1) y las variedades comerciales **18** (Flor de Mayo Sol) y **19** (Flor de Mayo 2000). Campos (2002) menciona que en siembras tardías la baja temperatura retrasa la madurez fisiológica y reduce el rendimiento del grano, coincidiendo con lo mostrado en la gráfica 4.4.

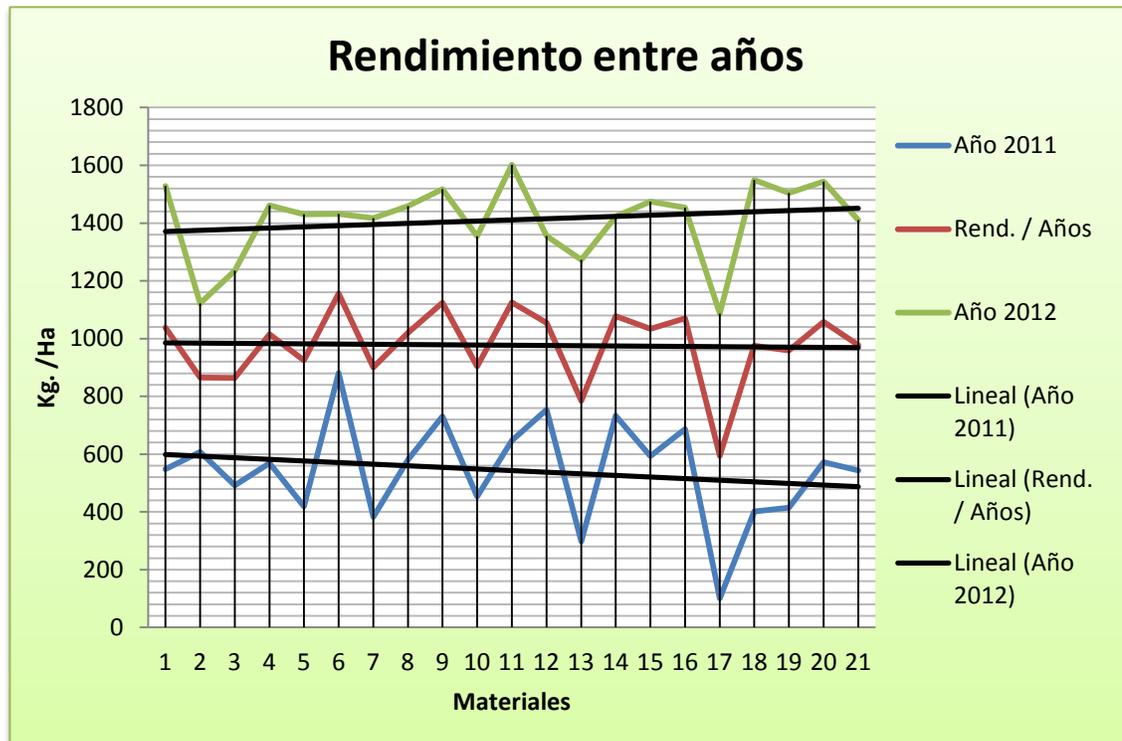
Grafica 4.4 Comparación de medias de la variable peso de 100 semillas de los años 2011 y 2012.



En la gráfica 4.5 podemos apreciar que la estimación que se hizo de cada material en cada año, para su rendimiento por hectárea, se observa que los materiales sobresalientes son los que más permanencia presentaron en los diferentes aspectos ambientales. De lo anterior podemos concluir que existen dentro de los materiales evaluados genotipos que tienen buena estabilidad, concordando de la misma manera con Rosales (2000), quien concluye que la variación entre los niveles de intensidad de sequía produce un efecto directo sobre el rendimiento de grano y aquí sobresalen los genotipos con alto potencial de rendimiento y adaptación a condiciones adversas; mismos que si se manejan y conducen adecuadamente dentro del programa de mejoramiento

se podrán explotar con fines comerciales, y por consecuencia tendrá un impacto social grande en beneficios, tanto a la Universidad como a los productores de esta región.

Grafica 4.5 Comparación del rendimiento estimado en los materiales evaluados de los años 2011 y 2012.



*.- Factor de conversión 2.667, para la estimación del rendimiento por hectárea.

Los materiales evaluados se agrupan de la siguiente manera (Cuadro 4.10), en donde podemos apreciar que cinco materiales: el **6, 11, 9, 14 y 16** son los mejores, por haber obtenido un rendimiento superior a la media más una desviación estándar; mientras que los materiales que mostraron un rendimiento menor a la media menos una desviación estándar fueron el **7, 2, 3, 13 y 17**, por los que se consideran de menor potencial productivo.

Cuadro 4.10 Clasificación de los materiales evaluados respecto a su estabilidad productiva en los años de evaluación.

Número	Materiales	Rend. Prom. (kg/ha)	Mejores Materiales
6	PC-237-1 (Z-06-237-1)	1156.22451	$= \bar{X} + 1 \sigma$
11	PC-243-4 (Z-06-243-4)	1124.78058	
9	NV-145-94-8	1124.16717	
14	PC-243-1 (Z-06-243-1)	1077.41466	
16	Z-05-234-3	1070.32044	
20	Flor de Mayo AN05	1058.2656	$= \bar{X} \pm 1 \sigma$
12	PC-230-2 (Z-06-230-2)	1055.01186	
1	PC-209-2-3 (Z-06-209-2-3)	1037.7297	
15	PC-232-4 (Z-06-232-4)	1033.86255	
8	PC-232-6 (Z-06-232-6)	1020.10083	
4	Z-05-237-4	1015.08687	
18	Flor de Mayo Sol	975.42858	
19	Flor de Mayo 2000	959.3199	
5	PC-247-1 (Z-06-247-1)	924.56889	$= \bar{X} - 1 \sigma$
10	PC-245-2 (Z-06-245-2)	903.55293	
7	PC-232-1 (Z-06-232-1)	900.00582	
2	PC-244-1 (Z-06-244-1)	865.01478	
3	Z-05-228-1	863.97465	
13	Z-05-244-3	785.13813	
17	Flor de Mayo M-38	593.72754	
Media General (\bar{X})		977.1847995	
Desv. Estandar (σ)		133.9167728	

5. CONCLUSIONES

1. Los genotipos evaluados mostraron un amplio rango de variación en cuanto a su nivel de productividad.
2. Estos materiales presentaron una respuesta diferencial en los dos años de evaluación.
3. El año 2011 el inicio del temporal se retrasó y por consecuencia la fecha de siembra fue demasiado tarde, sin embargo estas condiciones nos permitieron detectar los mejores genotipos; dentro de los cuales se encuentran el numero **6** (PC-237-1 (Z-06-237-1)), **12** (PC-230-2 (Z-06-230-2)) y **14** (PC-243-1 (Z-06-243-1)).
4. En 2012 la cantidad y distribución de la precipitación fue más adecuada para el cultivo, lo que permitió a los genotipos mostrar un potencial de rendimiento superior al 2011.
5. Gracias a lo contrastante de las precipitaciones pluviales que se mostraron en el 2011 y 12 se logró identificar los materiales más estables, los cuales fueron el **6** (PC-237-1 (Z-06-237-1)), **11** (PC-243-4 (Z-06-243-4)) y **9** (NV-145-94-8), así como el peor material para la región que fue la variedad comercial Flor de Mayo M-38 la cual fungió como testigo dentro del experimento.

6. Existen líneas del programa de Frijol de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que fueron superiores a las variedades comerciales que sirvieron como testigo.

7. El rendimiento del frijol no solamente está fuertemente influenciado por factores propios de los genotipos, sino por factores ambientales principalmente por la cantidad y distribución de las precipitaciones.

6. LITERATURA CITADA

- Abawi, G. S.; Pastor, M. A.C. 1990. Pudrición de la raíz de frijol en América Latina y Africa: Diagnóstico, metodologías de investigación y las estrategias de gestión. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 114 p.
- Acosta G. J. A, E Acosta, S Padilla, Ma. A. Mongolla, R. Rosales, E López.1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía mesoamericana* 10(1): 83-90.
- Acosta G. J. A. y Ochoa M. R. 1992. Amplia adaptación vs. adaptación específica en frijol de temporal. In: Sanchez-Gonzales, J. J.; Ron-Parra, J.; Marquez-Sanchez, F. (comps.). *Memorias del simposio Interaccion Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal*. Sociedad Mexicana de Fitogenetica p.297-323.
- Acosta, D. E. *et al.* 1997. Rendimiento y sus componentes en el frijol bajo condiciones de sequía. *Agri. Tec. Méx.* Vol. 23. Num. 2. Julio-Diciembre.
- Acosta-Gallegos J A, J White W (1995) Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments (Plasticidad fenológica como una adaptación de frijol común a los ambientes de seco). *Crop Sci.* 35:199-204.
- Agtunong T P, R Redden, M A Mengee-Nang, C Searle, S Fukai (1992) Genotypic variation in response to high temperature at flowering in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Aust. J. Exp. Agric.*

- Alejos, G., Monasterio, P., & Rea, R. (2006). Análisis de la Interacción genotipo-ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop*, 56(3), 369-384.
- Anónimo 1980. Morfología de las plantas de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Serie 04513-09.01.
- Arrieta *et al.* (2002). Aptitud combinatoria y acción génica de características morfológicas y del rendimiento en frijol común. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (1): 1-8, 2002.
- AYELE, M. 1994. Diallel analysis for yield and yield components in haricot bean, *Phaseolus vulgaris*. *Ami. Rep. Bean Improv. Coop.* 37:159-160.
- Barrios *et al.* (2011). Avances en el mejoramiento genético del frijol en México por tolerancia a temperatura alta y a sequía. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 34 (4): 247 - 255, 2011.
- BASFORD, K. E. y M. COOPER. 1998. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 153-74. (Citado por Rea, R., & Vieira, O. S. (2001). Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. *Caña de azúcar*, 19).
- Bittaye, A. Sanneh, M. A. 2001. Participatory varietal selection for improved upland rice technology transfer in The Gambia. En: *Participatory Plant Breeding and Participatory Plant Genetic Resources Enhancement*. An

African Wide Exchange. Proceedings of a workshop (2011 may. 7-10: Ivory coast),. P. 26.

Bucio, A. L. 1969. Interacción de la varianza fenotípica cuando se consideran efectos genéticos, ambientales e interacción genético-ambiental. *Agrociencia*. Vol. 4, 2: 29-37.

CAMPBELL, L. G. y J. J. KERN. 1982. Cultivar x environment interactions in sugarbeet yield trials. *Crop Sci.* 22:932-935. (Citado por Rea, R., & Vieira, O. S. (2001). Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. *Caña de azúcar*, 19).

Campo, E. A. *et al.* 2002. Respuesta al fotoperiodo de familias segregantes de frijol de alto potencial de rendimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (1): 9-15,

Campos *et al.* (2002). Respuesta al fotoperiodo de familias segregantes de frijol de alto potencial de rendimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (1): 1-8, 2002.

Comisión Nacional del agua (México). Estadísticas del agua en México, edición 2013.

Crossa, J. H. G.; Gauch, Jr. And Zobel, R. W. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* 30:493-500.

De Candolle, A. 1886. Origin of cultivated plants. 2nd. ed. London.

Falconer, D. S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa. 2^{da}. Ed. en español. Edic. CECSA. México.

Frahm M. J C Rosas, N MayeK, E Lopez, J A Acosta, J D Kelly (2003) Resistencia a sequia terminal en frijol negro tropical, Agron. Mesoam. 14:143-150.

G, C. A. Fecha de siembra y rendimiento en maíz. INTA, Pergamino, Buenos Aires. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210723.pdf>

Hernández, C. N.; Soto, C. F. 2012. Influencia de las fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del Maíz (*Zea maíz* L). Cultivos Tropicales, vol. 33, no. 2, p. 44-49.

INIFAP. 2008. Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México. Libro técnico No. 4. Pág. 13.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Anuario estadístico de Zacatecas 2012 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del Estado de Zacatecas. México. INEGI, 2013.

Ivanov, N. R. 1928. Peculiarities in the originating of forms of Phaseolus in the old and new world. Bull Appl. Bot. Genet and Plant Breeding. 19:84-212.

Kaplan, L. and R. S. Mac Neish. 1960. Prehistoric vean remains from caves in the Ocampo Región of Tamaulipas, México. Bot Mus. Leaflets Harvard University. 19 (2): 33-56.

KORNEGAY, J.; WHITE, J., LLANO, G.; RAMÍREZ, H.1997. Análisis dialélico para el rendimiento del frijol andino bajo condiciones de sequía y riego. In: S.P In: Common Beans: Research for Crop Improvement. A V Schoonhoven, O Voysest (eds). C. A. B. Intl. U. K. and CIAT, Cali, Colombia. pp:445-500.

Krarpup, A. and D.W. Davis. 1970. Inheritance of seed yield and its components in a Six-parent diallel cross in peas. J. Amer. Soc. Hort. 95: 795-797.

Labrada R. y Parker C. 1994. Control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. Weed Labrada R. Parker y Gestión de los Países en Desarrollo. Editado R. Labrada, JC Caseley y C. Parker, Planta Producción y Protección No. 120, FAO, Rome, pp. 3-8.

Lamin, *et al.* (2005). Evaluación del impacto de la selección participativa de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 26(4), 89-94.).

Lépiz Ildelfonso, R. y R. Ramírez Delgadillo. 2010. *Los parientes silvestres del frijol común en el occidente de México*. Universidad de Guadalajara. 64pp.

López *et al.* 2008. Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el Estado de Veracruz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (Núm. Especial 3): 35 – 39, 2008.

- López, R. M. 2009. Tecnologías de producción del cultivo del frijol. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX). Pag. No. 2.
- MAGARI, R. and M. KANG. 1993. Genotype selection via a new yield stability statistic in maize yield trials. *Euphytica* 70:105-111.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Metodos Teorias Resultados. Tomo II Primada edición. AGT Editor, S.A. Mexico. P 505-522.
- Masaya P, J W White (1991) Adaptation to photoperiod and temperature.
- Miranda, c. s. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* (frijol común). *Agrociencia*. 1:99-108. Chapingo, México.
- Miranda, C. S. 1966. Mejoramiento del frijol en México. Folleto misceláneo No. 13.
- Navarrete M, R.; Acosta G, J. 1999. Reacción de frijol común a *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani* en el altiplano de México. *Agronomía Mesoamericana* 10(1): 37-47. 1999.
- Nielsen D C, N O Nelson (1998) Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. *Crop Sci.* 38:422-427.
- Pajarito, R. A. 2006. Fenología y rendimiento de variedades de frijol en diferentes fechas de siembra y condiciones de humedad. *Producción agrícola. Agrofaz.* Vol. 6. Núm. 1.
- Papa R, L. Nanni, D. Sicard, D. Rau, G. Attene (2006) The evolution of genetic diversity in *Phaseolus vulgaris* L. *In: Darwin's Harvest: New Approaches*

to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops. J J Motley, N Zerega, H Cross (eds). Columbia University Press. New York. pp:121-142.

Reyes, M, G. 1995. Evaluación de Genotipos de Frijol en dos ambientes bajo condiciones de temporal. Tesis.

Rocha, R. G. 1984. Efectos de la Interacción genotipo-ambiente sobre asociación de caracteres en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Tesis. M.C. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Rosales S. R. P; Ramírez, V.; Acosta, Gallegos, J. A.; Castillo, G.; Kelly, J. D. (2000) Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del frijol en condiciones de campo, *Agrociencia* 34:153-165.

Rosales, S. R. *et al.* 2001. Fenología y rendimiento de frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Programa de frijol INIFAP. *Agrociencia* 35: 513-523.

Rosales, S. R. Ramírez, V. P. Acosta, G. J.A. Castillo, G. F. Kelly, D. J. 2000. Rendimiento del grano y tolerancia a la sequía del frijol común en condiciones de campo. Programa frijol. CEVAMEX-INIFAP. *Agrociencia* 34: 153-165, 2000.

Salinas *et al.* (2008). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 31 (3): 235 – 241, 2008.

- Salinas *et al.* (2012). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (4): 317-323, 2012.
- Salinas, P. R. A.; Rodríguez C. I. F.; Padilla. V. I.; 2009, *Aluyori, nueva variedad de frijol blanco (alubia) para Sinaloa*, Artículo de registro Aluyori. Fundación produce Sinaloa.
- SCHNEIDER, K.; ROSALES, R.; IBARRA,F.; CAZARES, B.; ACOSTA,J.; RAMÍREZ,P.; WASSIMI,N.; KELLY,J. 1996. Improving common bean performance under stress. *Crop Sci.* 37: 43-50.
- Torres, V. M. P., Villa, V. M. Z., Vázquez, V. M. G., Garza, S. J. G., & Gutiérrez, E. E. V. (2005). Interacción genotipo por ambiente en clones de papa bajo riego en el noreste de México. *Agricultura Técnica en México*, 31(1), 55-64.
- Valladares, C.A. 2010. Cultivos de grano APV-350. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano. II. Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano 001. Universidad Autónoma de Honduras.
- Vavilov, N. I. 1935. Origin, variation immunity and breeding of cultivated of plants. K.S. Chester Trans. *Chronica Botanika* 1951.
- WHITE, J.; SINGH, S. 1991. Breeding for adaptation todrought. pp.S01-560, In:A. van Shoonhoven and O.Voysest (eds.), common bean: Research for crop improvement. CAB-CIAT, Cali, Colombia. pp.

WHITE, W.; OCHOA, R.; IBARRA, F.; SINGH, S. 1994. Inheritance of seed yield maturity and seed weight of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under semi-arid rainfall conditions. *J. Exp. Agric. (Cambridge)* 122:265-263.

YANG, R. and R. BAKER. 1991. Genotype – environment interactions in two wheat crosses. *Crop Sci.* 31:83-87.

Yassin, T.E. 1973. Genotypic and phenotypic variances and correlations in field beans (*Vicia fava L.*). *J. Agr. Sci.* 8: 445-448.

Páginas electrónicas citadas

<http://sipse.com/archivo/se-desploma-el-consumo-de-frijol-en-mexico-fira-165590.html>

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61009707>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773802013000200002&script=sci_arttext http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/crecimie.htm

<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura.aspx>

<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM32zacatecas/municipios/32042a.html>

http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/wm/weeds.pdf

http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1901/texto/rrea.htm

http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1901/texto/rrea.htm