

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE FRIJOL EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN LA REGIÓN DEL BAJÍO*

YIELD AND SEED QUALITY OF COMMON BEAN GROWN IN TWO PLANTING DATES AT THE BAJIO REGION

Gabriela González Torres¹, Francisco Manuel Mendoza Hernández², Jorge Covarrubias Prieto¹, Nicolás Morán Vázquez¹ y Jorge Alberto Acosta Gallegos^{2§}

¹Instituto Tecnológico de Roque, km 8.5 carretera Celaya a Juventino Rosas, Roque, Celaya, Guanajuato, C. P. 38110. ²Programa de Frijol, Campo Experimental Bajío, INIFAP. Apartado Postal 112, Celaya, Guanajuato. C. P. 34000. §Autor para correspondencia: jamk@prodigy.net.mx

RESUMEN

Entre las principales limitantes para la producción de frijol en el centro de México, se encuentra la baja disponibilidad de semilla de alta calidad y precio accesible de variedades mejoradas. El objetivo de esta investigación fue determinar el rendimiento y la calidad de la semilla de ocho variedades de frijol de cuatro diferentes tipos de frijol producida en dos épocas y sistemas de siembra. Los experimentos fueron establecidos en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) de Celaya, Guanajuato, México durante 2006, bajo riego en invierno-primavera (siembra 5 de marzo) y bajo temporal en verano-otoño (siembra cinco de julio 2006). Las variedades utilizadas fueron: Flor de Junio Marcela y FJ07001, Flor de Mayo Anita y Flor de Mayo Noura, Pinto Durango y Pinto Saltillo, Azufrado 26 y Azufrado Noroeste. La parcela experimental fue de tres surcos de 5 m de longitud, separados 0.8 m con 20 semillas m² sembradas a mano en suelo húmedo. Las características evaluadas fueron de tipo agronómico en el campo y en laboratorio el porcentaje y velocidad de germinación con y sin tratamiento de envejecimiento acelerado a la semilla. Bajo ambas condiciones de siembra, las variedades de tipo flor de mayo fueron las de mayor rendimiento y similares a las de tipo Flor de Junio en riego y a Pinto Saltillo en riego y temporal, mientras que el menor rendimiento fue obtenido por las variedades de tipo Azufrado. Azufrado Noroeste obtuvo el menor porcentaje de germinación

estándar en la siembra de riego, 89%. Con el envejecimiento acelerado la semilla de Pinto Saltillo de riego y temporal disminuyó su capacidad germinativa de 93 y 95% a 72 y 67%, respectivamente, mientras que Azufrado Noroeste y Pinto Durango proveniente de la siembra de temporal, mostraron una capacidad germinativa de 48 y 59%. Las variedades de los tipos flor de junio y mayo mostraron una germinación promedio de 80% después del tratamiento de envejecimiento acelerado. En general, los porcentajes de germinación disminuyeron en la siembra de temporal, en mayor proporción en las variedades de tipo pinto y azufrado. Esto se atribuyó a que en esta época lluviosa hubo mayor incidencia de enfermedades y estas variedades mostraron mayor susceptibilidad.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., envejecimiento acelerado, germinación, riego, temporal.

ABSTRACT

The lack of high quality seed of improved cultivars at an affordable price to farmers is one of the main constraints for common bean production in Mexico. The aim of this research was to determine the yield and seed quality in eight bean cultivars of four different commercial classes

* Recibido: Enero de 2007
Aceptado: Diciembre de 2008

produced in two growing seasons. The field trial was established during 2006 at the Bajío Experimental Station in the winter-spring season in march 5th under irrigated conditions and in the summer season in July 5th under rainfall conditions. The genotypes utilized were: Flor de Junio Marcela and FJ07001, Flor de Mayo Anita and Flor de Mayo Noura, Pinto Durango and Pinto Saltillo, Azufrado 26 and Azufrado Noroeste. Sowing was on moist soil and the experimental plot consisted of three 5 m rows separated at 0.8 m and a stand of 20 seeds m². Traits recorded in the field were of the agronomic type whereas in the laboratory the percentage and germination rate were recorded with and without exposing the seed to the accelerated aging test. In both planting seasons, flor de mayo cultivars were the top yielders along with flor de junio cultivars in the irrigated trial and with Pinto Saltillo in the rainfall trial. In both trials the cultivars of the azufrado type showed the lower yields. Azufrado Noroeste showed the lowest percentage of standard germination (89%) in the seed from the irrigated trial. With the accelerated aging test the seed of Pinto Saltillo from both trials lost germination capacity from 93 and 95% to 72 and 67%, respectively, while the one from Azufrado Noroeste and Pinto Durango from the rainfed trial had a germination capacity of 48 and 59%, respectively. Flor de mayo and flor de junio cultivars showed an average germination of 80% after the accelerated aging treatment. In general, germination was more affected in the seed from the rainfed trial, particularly the pinto and azufrado cultivars. These results were attributed to the presence of diseases in the rainfall trial and to the susceptibility shown by these cultivars.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., accelerated aging test, germination, irrigation, rainfall.

INTRODUCCIÓN

El frijol es producido en casi todos los estados de la República Mexicana, aunque destacan las regiones templada-semiárida y cálida con invierno seco, tanto por la superficie sembrada, como por el valor de la producción; en la primera, los estados de Zacatecas y Durango y en la segunda, Sinaloa y Nayarit, son los principales productores. En Guanajuato, durante 2006 se sembraron en riego y temporal 98 747 ha con un volumen de producción de 53 140 t y rendimiento de 1.60 t ha⁻¹ en riego y 0.570 en temporal (SIAP-SAGARPA, 2007). Una

de las limitantes para la producción de frijol en el estado, es la baja disponibilidad de semilla de alta calidad de variedades mejoradas, para condiciones de riego y temporal.

La producción de semilla se recomienda en áreas semiáridas de clima seco y con disponibilidad de riego; es decir, regiones relativamente libres de enfermedades, debido a que el cultivo de frijol es afectado por numerosos patógenos, entre ellos, virus, bacterias y hongos, que pueden ser transmitidos a través de la semilla (Dornbos y Mullen, 1991).

La influencia de las variaciones ambientales es uniforme en la planta, no así en las diferentes estructuras con desarrollo secuencial, entre las que se encuentran los principales componentes del rendimiento, número de vainas y semillas por planta y el peso de la semilla. Así, se tiene que el tamaño de la semilla muestra poca plasticidad, a diferencia del número de vainas y, según las condiciones climáticas durante y después de la maduración, puede verse afectada la calidad de la semilla por factores ambientales, entre ellos el exceso de humedad y las enfermedades.

La capacidad germinativa y el vigor son los principales atributos involucrados en el componente de calidad fisiológica de la semilla. El vigor en semillas es el potencial biológico de ésta que favorece el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones, incluso desfavorables, de campo. En tanto que germinación es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y desarrollan, a partir del embrión, las estructuras esenciales para la formación de una planta normal bajo condiciones favorables (Delouche, 2002). La semilla presenta el mayor vigor y potencial germinativo cuando alcanza la madurez fisiológica.

En esa etapa la semilla tiene el peso seco máximo (ha acumulado mayor cantidad de reservas nutritivas) y el embrión ha completado su desarrollo. A partir de este momento se inicia el proceso de deterioro de la semilla, en forma continua e irreversible, hasta perder su capacidad germinativa. El proceso de deterioro de las semillas es influenciado por factores genéticos y ambientales, primero se deteriora el vigor y posteriormente la germinación. En cuanto a los factores genéticos, estos se hacen presentes al observarse diferencias entre variedades o genotipos y una de las pruebas indirectas que permite observar esas diferencias en un tiempo reducido, es la del envejecimiento acelerado de la semilla (Desai *et al.*, 1997). En esta

prueba la semilla se somete a condiciones de temperatura y humedad relativa altas por un tiempo que varía según la especie. Estas condiciones inducen un incremento en el ritmo de deterioro fisiológico de la semilla y, por lo general, existe alta correlación entre porcentaje de semillas que sobreviven al tratamiento y el porcentaje de emergencia en el campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad de prueba. El experimento se realizó durante el ciclo invierno-primavera y el de verano, bajo condiciones de riego y temporal; éste se estableció el 5 de marzo y 5 de julio 2006, respectivamente, en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, situado a los 20° 31' latitud norte y 100° 45' longitud oeste a 1 765 msnm. El suelo del área es Verisol pélico, el clima del área corresponde al semi-calido con una precipitación pluvial promedio anual

de 670.3 mm, la mayor parte de la precipitación ocurre en el verano (García, 1973).

El disponer de semilla de calidad a precios competitivos para los productores de frijol, resultaría en la obtención de mayor rendimiento y un producto alimenticio de mayor uniformidad y calidad. El objetivo fue determinar el rendimiento y la capacidad de germinación de la semilla de ocho variedades de frijol de diferentes tipos de frijol, producidas en dos épocas de siembra, una bajo condiciones de riego y otra bajo temporal.

Germoplasma utilizado. Se utilizaron ocho genotipos de frijol, dos de cada una de cuatro clases comerciales: Flor de Junio, Flor de Mayo, Pinto y Azufrado. Se considero a las variedades Flor de Mayo Anita y Flor de Junio Marcela como testigos comerciales. Los materiales evaluados son del programa de mejoramiento de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Bajío. Seis de los materiales son de hábito de crecimiento indeterminado y dos de hábito determinado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Hábito de crecimiento, raza y tamaño de la semilla de ocho variedades de frijol.

Variedad	Hábito de crecimiento	Raza	Tamaño de semilla
Flor de Mayo Anita	Indeterminado postrado, tipo III	Jalisco	Pequeño
Flor de Mayo Noura	Indeterminado postrado, tipo III	Jalisco	Pequeño
Flor de Junio Marcela	Indeterminado postrado, tipo III	Jalisco	Mediano
FJ 07001	Indeterminado postrado, tipo III	Jalisco	Mediano
Azufrado 26	Determinado arbustivo, tipo I	Nueva Granada	Grande
Azufrado Noroeste	Determinado arbustivo, tipo I	Nueva Granada	Grande
Pinto Durango	Indeterminado postrado, tipo III	Durango	Mediano
Pinto Saltillo	Indeterminado postrado, tipo III	Durango	Mediano

Fuente: Rosales-Serna *et al.* 2004; Singh *et al.* 1991.

Diseño experimental y conducción del ensayo en campo. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho repeticiones. La parcela experimental consistió de tres surcos de 5 m de longitud, separados 0.8 m con 20 semillas m² sembradas a mano, a una profundidad de 6 cm en suelo húmedo. La parcela útil constó de cuatro m lineales del surco central de la parcela experimental. Se fertilizó a los 30 días después de la siembra

con la dosis 50-50-20 de N-P₂O₅-K₂O₅. En la primera época se aplicaron un riego de presiembra y tres de auxilio y en la segunda sólo se dio un riego para uniformizar la germinación y en el resto del ciclo el cultivo dependió de la precipitación (Figura 1). En ambas épocas se dieron las labores agronómicas de acuerdo a las recomendaciones para el cultivo de frijol en el estado (Andrade *et al.*, 1995).

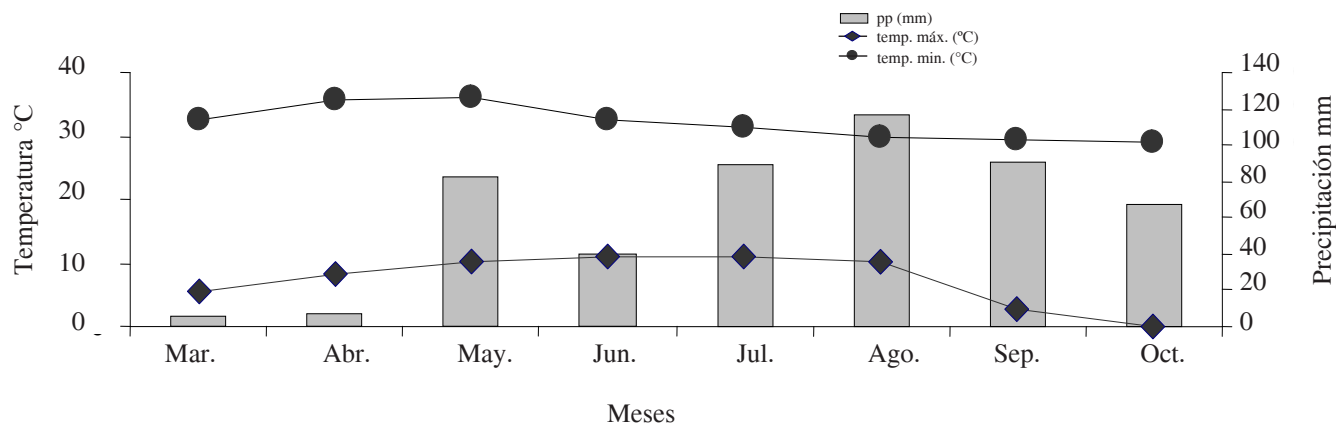


Figura 1. Precipitación mensual acumulada (mm), temperatura máxima y mínima (°C) media mensual registrada en la estación del Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, 2006.

Características determinadas en los ensayos de campo.

Se determinó el número de días a la floración (50%) y madurez fisiológica a partir del día de la siembra, y con ellos se calculó la duración del período reproductivo. Se determinó el rendimiento en kg ha^{-1} , mismo que fue dividido por la duración del período reproductivo para calcular la tasa de incremento diario del rendimiento. La información climática durante los ciclos de cultivo se tomó de la estación automatizada del CEBAJ, localizada a menos de 500 m del sitio experimental.

Características determinadas en laboratorio. Se determinó el peso de las semillas en g tomando al azar 100 semillas de la bolsa correspondiente a cada parcela y para el peso volumétrico se utilizó una probeta de 100 ml de capacidad, la cantidad de semilla contenida en esta se pesó en una balanza electrónica, el valor del volumen se expresó en gramos por hectolitro (g HL^{-1}). Para determinar la calidad fisiológica de la semilla cosechada en ambas épocas de siembra se realizó una prueba de germinación con y sin envejecimiento acelerado de las semillas (Moreno, 1996).

Se utilizó el método “entre papel” (ISTA, 1996), para ello se contaron 400 semillas de cada variedad para establecer ocho repeticiones de 50 semillas cada una. La técnica consistió en extender dos toallas de papel germinador previamente humedecidas con agua destilada y Captan como desinfectante, sobre una superficie plana, y sobre las cuales se colocaron las semillas distribuidas uniformemente; posteriormente se cubrieron con otras dos toallas húmedas y se doblaron para formar un rollo,

acomodándolo en forma vertical en bolsas de plástico. Las bolsas con los rollos se colocaron en germinadoras de ambiente controlado marca Con virón modelo TC16, a una temperatura de 25 °C y luz difusa.

Los conteos de plántulas se realizaron a partir de los cinco días para evaluar la velocidad de germinación y número de plántulas normales; a los nueve días se evaluaron plántulas normales, anormales, semillas duras y semillas muertas (ISTA, 1996). El porcentaje de germinación se calculó con la suma de las plántulas normales obtenidas en los dos conteos. Para la determinación del vigor se utilizó la prueba de envejecimiento acelerado (Moreno, 1996), las ocho repeticiones de cada variedad con 50 semillas se colocaron en cámara de envejecimiento marca Sheldom MFG modelo 3025T a 42 °C y alta humedad relativa durante 72 h. La evaluación de plántulas se efectuó de acuerdo a las normas de ISTA (1996). Las semillas que produjeron plántulas normales se consideraron como vigorosas. Entre y dentro de variedades se compararon los resultados de la prueba de germinación con y sin envejecimiento acelerado.

Análisis estadístico. Los resultados de campo y de laboratorio se analizaron en forma individual siguiendo el diseño utilizado de bloques completos al azar con ocho repeticiones y para incluir las dos épocas de siembra se realizó un análisis combinado en arreglo factorial 8 x 2. Se realizó una prueba de contrastes ortogonales para comparar los resultados

entre y dentro de las clases de frijol utilizadas, así como correlaciones simples entre las variables cuantificadas. Para realizar los análisis se utilizó el paquete SAS para microcomputadoras (SAS, 2002).

RESULTADOS

Condiciones climáticas durante la conducción de los experimentos

Durante la primera época de siembra, la cual se extendió de marzo a junio, la temperatura mínima y máxima media fue de 8.5 y 34 °C, respectivamente, con una precipitación acumulada de 133 mm (Figura 1). En esta época, por lo general el frijol se produce estrictamente bajo riego con cuatro o cinco riegos de auxilio (Andrade *et al.*, 1995). La lluvia registrada en mayo pudiera considerarse excepcional y equivalente a un riego de auxilio. La temperatura máxima ocurrió durante los meses de abril y mayo durante las etapas de prefloración y la mayor parte del período reproductivo.

En la segunda época de siembra, el cultivo se desarrolló durante los meses de julio a octubre; la temperatura mínima y máxima media fue de 6 y 30 °C, respectivamente, con una precipitación acumulada de 362 mm durante el ciclo del cultivo, cuya distribución favoreció el desarrollo del mismo (Figura 1). La presencia de la estación lluviosa en esta época, tiene un efecto sobre la temperatura ambiental, disminuyéndola. Así, se observó una temperatura máxima menor que la registrada en la primera fecha. Asimismo, en octubre se observaron temperaturas mínimas de 0 °C, que causaron un leve daño en las hojas superiores de las plantas, sin consecuencia en el rendimiento. En la localidad de siembra, la duración del fotoperíodo decreció a partir de agosto; de acuerdo con Wallace *et al.* (1993), su duración, en combinación con la temperatura modulan el desarrollo del cultivo y la distribución de la materia seca entre los órganos vegetativos y reproductivos.

Fenología

En ambas épocas de siembra las variedades del tipo azufrado fueron las de menor número de días para florecer y en la primera época de siembra Pinto Durango resultó similar (Cuadro 2). Por el contrario,

en ambas épocas las variedades de tipo flor de mayo, junto con Flor de Junio Marcela en la segunda época fueron las más tardías para iniciar la floración; estos resultados corresponden a la descripción hecha por Singh *et al.* (1991) para los genotipos de la raza Jalisco, a la que corresponden estos genotipos; mientras que la precocidad de los Pintos de raza Durango y los azufrados de raza Nueva Granada también concierne con la descripción respectiva. En cuanto a la madurez fisiológica, sólo en la primera época hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades siendo los tipos flor de mayo y junio, junto con Pinto Saltillo, los más tardíos. En general, se observó una reducción generalizada para alcanzar ambas etapas fenológicas en la segunda época de siembra; en esta época el fotoperíodo y las temperaturas disminuyeron a partir del mes de agosto (Figura 1), lo que afectó la duración de esas etapas fenológicas (Wallace *et al.*, 1993).

A pesar de las diferencias significativas entre épocas para los días a la madurez fisiológica ($p < 0.05$), la duración del período reproductivo resultó similar (Cuadro 2) debido a una reducida etapa vegetativa en la segunda época de siembra. Respuesta probablemente asociada a la disminución de fotoperíodo.

Rendimiento

En ambas épocas de siembra y condiciones de humedad, las variedades de tipo flor de mayo fueron las de mayor rendimiento y similares a las de tipo Flor de Junio en riego y a Pinto Saltillo en ambas recondiciones, riego y temporal (Cuadro 3). En la primera época de siembra bajo riego se observaron diferencias entre los tipos Flor de Mayo y Flor de Junio con respecto a Pintos y Azufrados, así como entre Pintos y Azufrados, estos últimos fueron los de menor rendimiento. En la segunda época de siembra bajo temporal todas las variedades de hábito indeterminado tipo III mostraron un incremento en rendimiento, sobre todo Flor de Mayo Anita, Flor de Mayo Noura y Pinto Saltillo. El bajo rendimiento observado con las variedades de tipo Azufrado, probablemente estuvo relacionado con su hábito de crecimiento determinado cuyo volumen es pequeño, para el sistema de producción utilizado de surcos individuales separados a 80 cm. Este tipo de variedades daría mayor rendimiento en surcos a doble o triple hilera o individuales más cerrados tal como lo han reportado diversos investigadores (Park *et al.*, 1993; Salinas *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Días a floración, madurez fisiológica y duración del período reproductivo (DPR) de ocho variedades de frijol establecidas en dos épocas de siembra (riego y temporal). Celaya, Guanajuato. 2006.

Variedad	5 de marzo, riego			5 de julio, temporal		
	Días a floración	Días a madurez	DPR ¹	Días a floración	Días a madurez	DPR
Flor de Junio Marcela	56.8 b ²	99.4 a	42.6	50.4 ab	93.0 a	42.6
FJ07001	53.9 c	98.4 a	44.5	48.8 b	93.2 a	44.4
Flor de Mayo Anita	62.5 a	98.1 a	35.5	51.0 a	90.0 a	39.0
Flor de Mayo Noura	61.4 a	101.0	39.6	50.6 ab	90.2 a	39.6
Pinto Saltillo	52.1 c	98.0 a	45.9	46.3 c	91.1 a	44.8
Pinto Durango	45.6 d	93.4 b	47.8	45.1 c	92.9 a	47.8
Azufrado 26	43.9 d	92.4 b	48.5	41.3 d	89.7 a	48.4
Azufrado Noroeste	45.9 d	97.5 a	51.6	43.0 d	94.6 a	51.6
Promedio	52.7 a	97.3 a	44.5 a	47.0 b	91.8 b	44.8 a

¹ DPR= duración del período reproductivo (días a madurez - días a floración); ²Valores con la misma letra dentro de columnas e hilera de promedios son estadísticamente iguales Duncan ($p < 0.05$).

Cuadro 3. Rendimiento por hectárea y diario durante el período reproductivo de ocho variedades de frijol producidas en dos épocas de siembra y diferentes condiciones de humedad, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato 2006.

Variedad	5 de marzo, riego		5 de julio, temporal	
	kg ha ⁻¹	g m ⁻² d ⁻¹	kg ha ⁻¹	g m ⁻² d ⁻¹
Flor de Junio Marcela	2 368 a ¹	4.44 bc	2630 c	4.99 cd
FM 07001	2 550 a	4.56 bc	2633 c	4.74 d
Flor de Mayo Anita	2 542 a	5.76 a	3615 a	7.51 a
Flor de Mayo Noura	2 487 a	5.13 ab	3168 b	6.49 b
Pinto Saltillo	2 188 ab	3.89 cb	3228 ab	5.77 cd
Pinto Durango	1 977 b	3.28 d	2437 c	4.11 d
Azufrado 26	1 300 c	2.15 e	1124 d	1.86 e
Azufrado Noroeste	1 138 c	1.77 e	1117 d	1.74 e
Promedio	2 069 b	3.45 b	2494 a	3.78 a

¹Valores con la misma letra dentro de columnas e hilera de promedios son estadísticamente iguales, Duncan ($p < 0.05$).

En general, los genotipos de mayor acumulación diaria del rendimiento o mayor tasa de acumulación de peso en el grano, obtuvieron el mayor rendimiento unitario. En promedio de las ocho variedades se observó un ligero incremento en la acumulación de peso en el grano en la segunda época de siembra bajo temporal, incremento marcado en las variedades de tipo Flor de Mayo y en Pinto Saltillo (Cuadro 3).

Los contrastes ortogonales para el rendimiento diario del período reproductivo en la primera época de siembra mostraron diferencias altamente significativas entre

los tipos Flor de Mayo y Junio con respecto de Pintos y Azufrados, entre Flores de Mayo y Junio y entre Pintos y Azufrados. En ambas épocas de siembra, el cultivar Flor de Mayo Anita mostró el mayor rendimiento diario durante el período reproductivo lo cual se vio reflejado en el rendimiento total, en tanto los Azufrados presentaron el menor. Esto último debido a una menor eficiencia en la asignación de peso seco hacia el grano, resultado relacionado con el tamaño de la semilla y hábito de crecimiento determinado (White y González, 1990). Estos resultados eran esperados, ya que las variedades de tipo Flor de Mayo y Junio fueron generadas para la

región del Bajío, por lo que están mejor adaptadas, mientras que las variedades de tipo Azufrado fueron desarrolladas para regiones de trópico seco, lo que refleja su menor adaptación. Además, en variedades de tipo de crecimiento determinado se ha reportado una relación negativa entre el rendimiento por unidad de área y el tamaño de la semilla (White y González, 1990).

Calidad de semilla. El análisis de varianza en la primera época bajo riego no mostró diferencias significativas

entre variedades para germinación estándar; en contraste, para la germinación con envejecimiento acelerado sí hubo diferencias significativas. Esto indica diferencias entre variedades en la respuesta a las condiciones adversas impuestas por esta prueba; las variedades con menor porcentaje de germinación fueron Flor de Junio Marcela y Pinto Saltillo. Para la semilla de la segunda época hubo diferencias altamente significativas entre variedades para la germinación con y sin envejecimiento acelerado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Germinación promedio con y sin envejecimiento acelerado de ocho variedades de frijol cultivadas en dos épocas de siembra en el Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato 2006.

Variedad	Época de siembra			
	5 de marzo, riego		5 de julio, temporal	
	GE (%)	GCEA (%)	GE (%)	GCEA (%)
Flor de Junio Marcela	96.2 a	71.2 b	99.2 a	85.2 a
FM 07001	95.0 a	88.7 a	96.2 ab	87.7 a
Flor de Mayo Anita	95.0 a	80.0 ab	91.0 ab	79.7 a
Flor de Mayo Noura	93.2 a	79.7 ab	93.2 ab	80.7 a
Pinto Saltillo	93.0 a	72.0 b	95.2 ab	67.0 b
Pinto Zapata	92.5 a	79.2 ab	90.5 ab	59.0 b
Azufrado 26	91.5 a	84.5 a	87.0 b	64.2 b
Azufrado Noroeste	89.0 a	78.7 ab	74.7 c	48.0 c
Promedio	93.2 a	79.3 a	90.9 b	71.5 b

Valores con la misma letra dentro de columnas e hilera de promedios son estadísticamente iguales con Duncan, $\alpha=0.05$ GE= germinación estándar; GCEA= germinación con envejecimiento acelerado.

En la semilla de la segunda época con germinación estándar el mayor porcentaje lo obtuvo Flor de Junio Marcela mientras que Azufrado Noroeste presentó el menor. En la germinación con envejecimiento acelerado los de mayor porcentaje fueron los de tipo Flor de Junio y Mayo y la variedad Azufrado Noroeste obtuvo el menor porcentaje (Cuadro 4). La prueba de envejecimiento acelerado afectó en mayor proporción a las variedades de los tipos Pinto y Azufrado, sobre todo en la semilla cosechada en la segunda época de siembra (temporal). Independientemente de la prueba de germinación (con y sin envejecimiento) y de la variedad, la semilla cosechada en la primera época (mayo a junio, riego completo) mostró mayor capacidad de germinación que la de la segunda época. En esta época de siembra bajo riego, hubo una menor ocurrencia de enfermedades.

En lo que respecta a los contrastes ortogonales para la germinación en la primera época con envejecimiento acelerado, sólo mostraron diferencias altamente

significativas dentro de los Flores de Junio y dentro de los Azufrados. En la segunda época, en la germinación con envejecimiento se registró diferencia altamente significativa en los tipos Flor de Mayo y Junio con respecto a Pintos y Azufrados y dentro de los Azufrados. En germinación estándar hubo diferencias altamente significativas en los tipos Flor de Mayo y Junio con respecto de Pintos y Azufrados, entre Pintos y Azufrados y dentro de los Azufrados. En general, estos resultados indican que la semilla de los tipos Flores de Mayo y Junio obtenida en la segunda época, superó a Pintos y Azufrados y a su vez los Pintos superaron a los Azufrados. Esto sugiere que los cuidados necesarios para la producción de semilla, difieren con el tipo de variedad y época de siembra, siendo la semilla de la segunda época bajo temporal, la de mayor riesgo por la presencia de enfermedades. Los resultados indican que la siembra bajo riego en la primera época del año, es adecuada para la producción de semilla y que en la segunda época, bajo condiciones de temporal, con y sin riego suplementario, las

variedades susceptibles a enfermedades, como lo fueron los Pintos y Azufrados, requieren de un mayor cuidado.

La calidad fisiológica de las semillas depende de múltiples factores en los procesos de producción y almacenamiento (Delouche, 2002). Esto se corroboró con los resultados obtenidos, los que mostraron una disminución de la calidad fisiológica al someter la semilla a estrés por envejecimiento acelerado. Las variedades con mayor porcentaje de germinación después del envejecimiento, tienen mayor capacidad de almacenamiento o de resistir al deterioro impuesto por condiciones de estrés. El estrés ambiental en el cultivo de plantas de soya redujo la germinación y vigor aún en semillas sanas, es decir, libres de patógenos y de daño físico (Egli *et al.*, 2005). En frijol, la sequía en la etapa de formación de la semilla,

disminuye el tamaño y capacidad de germinación de la semilla (Sánchez y Pinchinat, 1974).

En ambas épocas de siembra se observó una correlación positiva en el porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado (Cuadro 5); es decir, la semilla vigorosa presentó mayor germinación aún en condiciones desfavorables. Esto se debió a que las mismas variedades, tipo Flor de Mayo, fueron las mejores en ambas épocas de siembra y condiciones de humedad. La semilla de mayor vigor puede presentar un mejor desempeño en condiciones adversas, ya sea de almacenamiento o en el establecimiento del cultivo. Esto, en su mayor parte debido a las características genéticas intrínsecas de cada variedad y a la adaptación que mostraron en el ambiente de producción.

Cuadro 5. Contrastes ortogonales y significancia estadística para la germinación con y sin envejecimiento acelerado entre ocho variedades de frijol cultivadas en dos épocas de siembra en el Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato. 2006.

Contrastes ortogonales	Épocas de siembra			
	5 de marzo, riego		5 de julio, temporal	
	GSEA	GCEA	GSEA	GCEA
Flores vs otros	42.25 ns	27.56 ns	1040.06 **	9072.56 **
Flores de Mayo vs				
Flores de Junio	18.00 ns	0.13 ns	253.13 ns	312.50 ns
Entre Flores de Mayo	36.00 ns	0.25 ns	20.25 ns	4.00 ns
Entre Flores de Junio	49.00 ns	1225.00 **	36.00 ns	25.00 ns
Pintos vs Azufrados	84.50 ns	288.00 ns	1152.00 **	378.13 ns
Entre Pintos	49.00 ns	210.25 ns	90.25 ns	256.00 ns
Entre Azufrados	16.00 ns	132.25 **	600.25 **	1056.25 **

*, ** significancia estadística a nivel 0.05 y 0.01; NS= no significativo; GSEA= germinación sin envejecimiento acelerado; GCEA= germinación con envejecimiento acelerado.

Cuadro 6. Peso de 100 semillas (g) y peso volumétrico (g HL⁻¹) de ocho variedades de frijol cultivadas en dos épocas de siembra y condiciones de humedad, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato 2006.

Variedad	5 de Marzo, riego		5 de julio, temporal	
	P100S	Peso volum.	P100S	Peso volum.
Flor de Junio Marcela	36.58b	75.43ab	35.39bc	75.55cb
FJ 07001	36.58b	76.75a	33.30dc	76.86bc
Flor de Mayo Anita	30.61c	66.58b	32.14d	75.58cd
Flor de Mayo Noura	31.60c	77.80a	31.84d	77.56ab
Pinto Saltillo	36.44b	77.33a	37.25ab	74.38de
Pinto Durango	41.28a	74.01ab	37.44ab	73.03e
Azufrado 26	35.76b	80.15a	36.56ab	78.36ab
Azufrado Noroeste	41.54a	80.16a	38.29a	79.18a
Promedio	36.29	76.02	35.27	76.31

¹Valores con la misma letra dentro de columnas e hilera de promedios son estadísticamente iguales, Duncan ($p < 0.05$).

Por otra parte, el peso volumétrico de la semilla no mostró diferencias entre épocas de siembra (Cuadro 6) y no se observó correlación entre el peso volumétrico y germinación con y sin envejecimiento acelerado. El peso de 100 semillas de la segunda época de

siembra mostró una relación negativa con la germinación con envejecimiento acelerado, lo que indica que las variedades de mayor peso de semilla, pintos y azufrados (Cuadro 7) fueron más afectadas por esa prueba.

Cuadro 7. Correlaciones simples entre pares de características determinadas en la semilla de ocho variedades de frijol cultivadas en dos épocas de siembra y condiciones de humedad. Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. 2006.

Época	5 de marzo, riego			5 de julio, temporal		
	PVOL	GSEA	GCEA	PVOL	GSEA	GCEA
P100S	0.243 ns	-0.164 ns	-0.058 ns	-0.002	-0.216 ns	-0.392 **
PVOL		0.059 ns	-0.043 ns		-0.231 ns	-0.029
GSEA			0.389 **			0.582 **

*, ** significancia estadística a nivel 0.05 y 0.01; NS = no significativo; P100S= peso de 100 semillas (g); PVOLS= peso volumétrico de la semilla (100 ml); GSEA= germinación sin envejecimiento acelerado; GCEA= germinación con envejecimiento acelerado.

El conocer la capacidad germinativa de las variedades es de importancia para la obtención de un máximo rendimiento, ya que los productores requieren de variedades de rápido y óptimo establecimiento, aún en condiciones adversas. Por otro parte, el conocer la capacidad germinativa de los diferentes tipos de variedades permitirá hacer los ajustes necesarios con la cantidad de semilla a utilizar en la siembra.

En general, se puede afirmar que en la localidad de prueba, representativa de la región El Bajío, los genotipos del frijol tipo Flor de Mayo y Pinto Saltillo, de hábito indeterminado tipo III, mostraron excelente adaptación en ambas épocas de siembra, invierno-primavera bajo riego y bajo temporal en verano-otoño. Esa adaptación se mostró a través de un alto potencial de rendimiento. Durante la primera época, los genotipos del tipo Flor de Junio también fueron de alto rendimiento, no así en la época de temporal en la cual fueron afectados por la roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*). Las variedades de hábito determinado tipo I, del tipo Azufrado, fueron las de menor rendimiento en ambas épocas de siembra. Es conocido el limitado potencial de rendimiento de las variedades de hábito determinado

(Singh *et al.*, 1991; Rosales-Serna *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2008), cuya explotación debe ser bajo una mayor densidad de población en surcos estrechos (Park *et al.*, 1993).

CONCLUSIONES

En ambas épocas de siembra y condiciones de humedad, las variedades de tipo Flor de Mayo fueron de mayor rendimiento y similares a las de tipo Flor de Junio en la primera época de siembra bajo riego y a Pinto Saltillo en la segunda bajo temporal. En ambas épocas el menor rendimiento fue obtenido por las variedades de tipo Azufrado.

En ambas épocas de siembra con y sin envejecimiento acelerado, la semilla de las variedades de los tipos Flor de Mayo y Flor de Junio resultó superior a la de los tipos Pinto y Azufrado.

La semilla obtenida en la primera época de siembra bajo riego fue de mayor porcentaje de germinación que la producida en la segunda época de siembra bajo condiciones de temporal, sobre todo las variedades Pinto Saltillo y

Azufrado Noroeste. Por el contrario el mayor porcentaje de germinación estándar en esa época fue de Flor de Junio Marcela.

Con el tratamiento de envejecimiento acelerado a la semilla se observaron diferencias significativas entre variedades en ambas épocas de siembra; resultaron afectadas en mayor grado las variedades de tipo Pinto y Flor de Junio Marcela, las menos afectadas fueron FJ07001 y Azufrado 26.

LITERATURA CITADA

- Andrade, A. E.; Delgadillo, S.; Arévalo, V. A.; Soria, R. J.; Rodríguez, G. H.; Díaz, C. G.; Castellanos, R. J. Z.; Narro, S. J.; Pérez, M. J.; Díaz de León, T. G.; 1995. Guía para cultivar frijol de riego y temporal en Guanajuato. INIFAP-CIRCE-CEBAJ, Celaya, Guanajuato. México 25 p. (Folleto para Productores Núm. 2).
- Delouche, J. C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed News* 6(6).
- Desai, B. B.; Kotecha, P. M. and Salunkhe, D. K. 1997. *Seed handbook, biology, production, processing, and storage*. Marcel Dekker, INC. USA.
- Dornbos, D. L.; Mullen, R, E. 1991. Influence on stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci.* 71:373-383.
- Egli, D. B.; TeKrony, D. M.; Heitholt, J. J., and Rupe, J. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Sci.* 45:1329-1335.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. 2ª. Ed. UNAM, México, D. F.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. *International rules for seed testing*. *Seed Sci. and Technol.* 24 Supplement. 243 p.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. 383 p.
- Rosales, S. R.; Acosta, G. J. A.; Muruaga, M. J. S.; Hernández, C. J. M.; Esquivel, E. G.; Pérez, H. P. 2004. Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Valle de México. p. 148. (Libro Técnico Núm. 6).
- Park, S. J. 1993. Response of bush and upright plant type selections to white mold and seed yield of common bean in various row widths in southern Ontario. *Can. J. Plant Sci.* 73:265-272.
- Salinas, P. R. A.; Acosta, G. J. A.; López, S. E.; Torres, E. C. A.; Ibarra, P. F. J.; Félix, G. R. 2008. Rendimiento y características morfológicas relacionadas con tipo de planta erecta en frijol para riego. *Rev. Fitotec, Mex.* 31:1-9.
- Sánchez, M. R. and Pinchinat, A. 1974. Bean seed quality in Costa Rica. *Turrialba* 24:72-75.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2007. Centro de Estadísticas agropecuarias. www.siap.sagarpa.gob.mx.
- Statistical Analysis Institute (SAS-Institute) V8.0, 2002. *The SAS system for windows*. SAS Institute Inc. Cary. NC27513, USA. p. 891-996.
- Singh, S. P.; Gepts, P. and Debouck, D. G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
- Wallace, D. H.; Yourstone, K. S.; Masaya, P. N. and Zobel, R. W. 1993. Photoperiodo control partitioning between reproductive and vegetative growth. *Teor Appl. Genet.* 86:6-16.
- White, J. W.; González, A. 1990. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. *Field Crops Res.* 23:159-175.