

EFECTO DEL MEDIO AMBIENTE Y LA OPORTUNIDAD
DE COSECHA EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE
SEMILLA DE FRIJOL DE DIFERENTE DUREZA

EVENOR IDILIO CUELLAR ROBLES

T E S I S

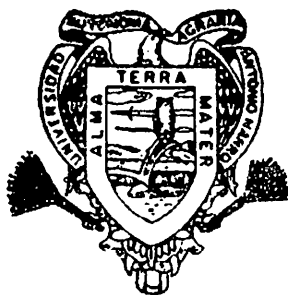
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

FEBRERO 1997

EFFECTO DEL MEDIO AMBIENTE Y LA OPORTUNIDAD DE COSECHA
EN LA CALIDAD FISIOLOGICA DE SEMILLA DE FRIJOL
DE DIFERENTE DUREZA.

EVENOR IDILIO CUELLAR ROBLES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"
Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Febrero de 1997

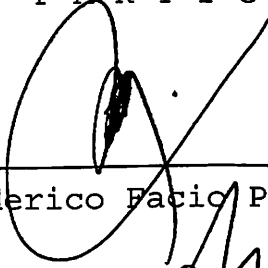
Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para, obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:


M.C. Federico Facio Parra.

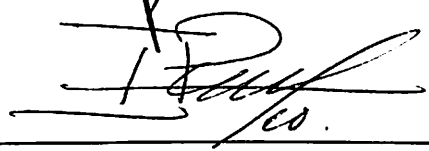
Asesor:

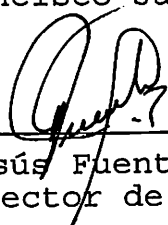

M.C. Antonio Valdez Oyervides.

Asesor:


M.C. Adolfo Garcia Salinas.

Asesor:


Dr. Francisco Javier Ibarra Pérez.


Dr. Jesús Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Febrero de 1997.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), me brindó su apoyo económico e hizo posible mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por las facilidades brindadas para la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por haberme dado la oportunidad de superarme y hacer de mi una persona útil a México.

Al M.C. Federico Facio Parra, por su apoyo en la planeación, conducción y aportación de sus conocimientos para la realización de esta investigación y por haberme brindado su confianza y amistad desinteresada.

Al M.C. Antonio Valdez Oyervides, por sus aportaciones y apoyo técnico en la presente investigación, así como por distinguirme desde siempre con su amistad, que nunca defraudaré.

Al M.C. Adolfo García Salinas, por su gran ayuda durante la planeación, desarrollo y revisión del trabajo de investigación, por sus valiosas sugerencias que enriquecieron grandemente y revelando su gran experiencia en investigación agrícola, así como por su amistad brindada.

Al Dr. Francisco Javier Ibarra Pérez, por su apoyo y orientación técnica durante todo el desarrollo del trabajo de investigación, sus acertadas sugerencias, avaladas por su gran experiencia en investigación.

A los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) por su invaluable contribución para mi formación y su amistad distinguida.

A los Doctores Ramón A. Martínez Parra, Vocal Agrícola del INIFAP durante el período de estudios de maestría, por su confianza y amistad brindada y Enrique Sánchez Granillo, Director del Centro de Investigación Regional del Norte Centro del INIFAP por su decidido apoyo para la realización de mis estudios.

Al personal científico del Campo Experimental Valle del Guadiana, caracterizados por su constante superación y esfuerzo para el desarrollo del campo Mexicano, al M.C. Adán Castillo Rosales y al Sr. Jorge Vargas Félix por su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis compañeros de generación: Adriana Lucía Patricia Dorantes González, Rosa Elia Valdés Flores, Teodoro González Urbano, Héctor Javier Ríos Caro y Francisco Higinio Ruiz Espinoza, en especial a Filiberto Herrera Cedano y Juan José García Valdés por su amistad brindada, así como a todos los compañeros de especialidad que me tocó convivir durante mi estancia en la Universidad.

DEDICATORIA

A Dios que me regaló la vida y me permitió lograr una más de mis metas.

A mis padres:

Sr. Idilio Cuéllar Hernández.

Sra. Profra. Gudelia Robles Esquivel.

Por haberme guiado por el camino correcto y su gran sacrificio y dedicación para sacar adelante su familia por sobre todas las cosas.

A mi esposa María del Socorro Bermúdez Haro compañera de mi vida, por su gran cariño y esfuerzo que son ejemplo a seguir.

A mi hija Sara Paulina, motivo de mi esfuerzo y lucha continúa.

A mis hermanos: Sandra Luz, Abel, Gerardo, Víctor Manuel y Jesús Fernando, por la gran unión y cariño que siempre he recibido de ellos.

A los campesinos de México, verdaderos agentes de cambio, ignorados y explotados, con los que después de muchos años nuestras instituciones no han cumplido el compromiso para con ellos.

COMPENDIO

Efecto del medio ambiente y la oportunidad de cosecha en la calidad fisiológica de semilla de frijol de diferente dureza.

Por:

Evenor Idilio Cuéllar Robles

MAESTRIA EN

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRERO DE 1997

M.C. Federico Facio Parra - Asesor -

Palabras clave: Calidad fisiológica. Dureza de semilla. Frijol. Germinación. Latencia. Leguminosas. Madurez fisiológica. Medio ambiente. Oportunidad de cosecha. *Phaseolus vulgaris* L. Vigor.

Semillas de cinco variedades de frijol desarrolladas para el altiplano Mexicano, clasificadas por su diferente dureza por tiempo de cocción, fueron establecidas bajo condiciones de temporal en el verano de 1994 en Durango, Dgo., el objetivo fue determinar el efecto del medio ambiente sobre la calidad fisiológica. Los tratamientos en estudio fueron 0, 10, 20 y 30 días de exposición en campo después de cosecha y almacenamiento al medio ambiente.

En la variedad Bayo Victoria se observó latencia en el tratamiento de cosecha inmediata provocando un efecto positivo la intemperización al romper la latencia y potencializar el vigor y la germinación en los tratamientos de 10, 20 y 30 días de exposición en campo.

Las variedades Negro Durango y Flor de Mayo Bajío consideradas suaves y sin problemas de latencia alcanzaron los valores más altos de vigor y germinación durante los cuatro tiempos de almacenamiento.

Las variedades Pinto Villa y Ojo de Cabra Santa Rita consideradas de dureza intermedia presentaron valores altos de vigor, germinación y ausencia de latencia.

Bajo el ambiente de producción de Durango a los 10 días de arranque la semilla alcanza un contenido de humedad adecuada para su cosecha con el menor riesgo de daño mecánico.

En general se observó que el almacenamiento de semilla de frijol al medio ambiente bajo las condiciones de Durango, no provoca deterioro de la calidad de la semilla, hasta los 12 meses de producida.

ABSTRACT

Effect of production environment and harvest opportunity in the
physiological quality of dry bean seed with
different seed hardness

By

Evenor Idilio Cuéllar Robles

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRUARY, 1997

M.C. Federico Facio Parra - Advisor-

Key words: Physiological quality. Seed hardness. Dry bean.
Germination. Dormancy. *Phaseolus vulgaris* L.
Production environment. Harvest opportunity.
Storage. Vigor.

Seeds of five dry bean varieties developed for the highlands of México and classified as of different seed hardness determined as cooking time, were growing under rainfed conditions during 1994 in Durango, México to determine the effect of production environment and harvest opportunity over seed physiological quality.

The treatments in study were, 0, 10, 20 and 30 days of expositure to field conditions after plants were pulled and four periods (0, 4, 8 and 12 months) in open storage.

In "Bayo Victoria" variety, was observed Seed dormancy by water impermeability. The treatments of 10, 20 and 30 days after plant pulled observed positive effect by intemperization to break dormancy and increase the germination and vigor.

"Negro Durango", "Flor de Mayo Bajío" varieties reached high values in germination and vigor. These varieties did not have seed dormancy, however the treatments 20 and 30 days of field exposure after pulled, produced seeds that appeared seed coat damage by wrinkled and patched.

Bean seeds produced and stored in Durango under open storage, kept high seed quality for more than twelve months after harvest. Results of this study indicate that under Durango conditions, ten days after pulling is the best time to harvest the seed in order to keep the higher seed quality.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	7
Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	7
Concepto de semilla.....	9
Calidad de la semilla.....	11
Madurez fisiológica.....	14
La germinación en semillas.....	17
Dureza de la semilla.....	23
Patógenos de la semilla.....	28
MATERIALES Y METODOS.....	30
Descripción del area de estudio.....	30
Material Genético en estudio.....	30
Conducción del experimento.....	31
Tratamientos.....	32
Descripción de las variedades evaluadas.....	32
Manejo de la semilla.....	33
Aplicación de los tratamientos.....	34
Principio de la prueba.....	35
Características de planta y semilla.....	35
Análisis y modelo estadístico.....	37
RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
Determinación de vigor.....	39
Determinación de la germinación.....	49

Características agronómicas.....	55
Días a emergencia.....	55
Contenido de humedad inicial.....	57
Peso hectolítrico.....	60
Peso de mil semillas.....	62
CONCLUSIONES.....	64
RESUMEN.....	66
LITERATURA CITADA.....	68
APENDICE.....	75

INDICE DE CUADROS

Cuadros		Página
3.1	Características agronómicas de las variedades de frijol evaluadas.....	33
4.1	Análisis de varianza factorial del porcentaje de Vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	40
4.2	Análisis de varianza factorial del porcentaje de germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	50
4.3	Análisis de varianza del número de días a emergencia de cinco variedades de frijol de diferente dureza en Durango, México.....	56
4.4	Análisis de varianza de la humedad inicial de cinco variedades de frijol de diferente dureza en Durango, México.....	58
4.5	Análisis de varianza del Peso hectolítrico de cinco variedades de frijol de diferente dureza producidas en Durango, México.....	61
4.6	Análisis de varianza del Peso de mil semillas de cinco variedades de frijol de diferente dureza producidas en Durango, México.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinado mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	47
4.2	Efecto de la oportunidad de cosecha sobre el vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza a través de doce meses de almacenamiento mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	47
4.3	Efecto del almacenamiento sobre la germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinada en laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	54
4.4	Efecto de la oportunidad de cosecha sobre la germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza a través de doce meses de almacenamiento mediante la prueba de Evaluación de plántulas.....	54
4.5	Dinámica de la humedad inicial de semilla de cinco variedades de frijol de diferente dureza, en cuatro períodos de exposición en campo en Durango, México.....	60

INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es una especie nativa de Mesoamérica (México-Guatemala) y ha sido cultivada en nuestro país por más de 8 mil años, en la actualidad, es uno de los cultivos más importantes de nuestro país, tanto por la superficie de siembra, volumen de producción como por la actividad económica que genera.

En el año de 1993 la superficie cosechada en México fue de 1,873,862 hectáreas, con una producción de frijol de 1,287,573 toneladas, y un valor de \$ 2,777,449,632.00. El rendimiento promedio nacional por unidad de superficie fue de 650 kilogramos por hectárea aproximadamente (INEGI, 1995).

Este bajo rendimiento se debe, entre otros factores a que el frijol se produce en condiciones de temporal. Dentro de este sistema de producción los principales estados productores de frijol por orden de importancia son: Zacatecas, Durango y Chihuahua, los cuales forman una gran área localizada en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental. Esta zona es semiárida con elevaciones entre los 1500 y 2300 msnm., en donde se dedican a este cultivo cada año aproximadamente 1.2 millones de hectáreas bajo este régimen (Pérez et al., 1990).

Esta región se caracteriza por presentar condiciones agroecológicas con gran aleatoriedad en la cantidad y distribución de precipitación, con relación a tipo y calidad de suelo; sin embargo en estas áreas, aun cuando el rendimiento promedio de 450 kilogramos por hectárea ha sido difícil de incrementar, es donde se obtiene el mayor volumen de producción en el país.

En el Estado de Durango cada año se siembran durante el ciclo primavera-verano aproximadamente 280,000 hectáreas de frijol bajo condiciones de temporal. En base a la superficie de siembra bajo este sistema, es el segundo productor mas importante del país. En 1993 se cosecharon en el Estado de Durango 277,042 hectáreas, con un volumen de producción 176,432 toneladas, con un valor de \$ 339,039,741 y un rendimiento promedio de 637 kilogramos por hectárea. Es evidente que el cultivo del frijol en el Estado se puede definir como una operación comercial más que de subsistencia.

En las áreas productoras de frijol del Estado de Durango que cuentan con riego, la siembra se realiza desde la primera quincena de abril hasta mediados de junio. Bajo este sistema de producción, el cultivo es severamente afectado por enfermedades y plagas del follaje y fruto, y altas temperaturas desde floración hasta madurez fisiológica que provocan aborto de flores y frutos.

Sin embargo cuando la cosecha coincide con lluvias tempranas, éstas provocan un deterioro en la calidad y apariencia de la semilla (Sánchez y Sánchez 1983).

En el área de temporal, las siembras se inician desde junio hasta la primera semana de agosto dependiendo de la oportunidad de las lluvias. Bajo este sistema el cultivo se ve afectado principalmente por factores abióticos adversos como la poca disponibilidad de agua, heladas tempranas que coinciden con la etapa de llenado de grano, suelos delgados con bajo contenido de materia orgánica y pendientes pronunciadas, además la incidencia de plagas como Conchuela (*Ephilachna varivestis*), Chapulín (*Melonoplus bivittatus* Say) y Gallina ciega (*Phyllophaga spp*) y enfermedades como Antracnosis (*Coletotrichum lindemutianum*) y Bacteriosis común (*Xantomonas campestris*) y competencia de malas hierbas.

Dentro de los principales factores limitantes de la producción de este cultivo se tienen los fenómenos meteorológicos, precipitación irregular y escasa, corto período libre de heladas, lluvias al momento de la cosecha que disminuyen la calidad de la semilla. Prácticas agronómicas inadecuadas y monocultivo, baja densidad de población, malezas y limitado uso de fertilizante. Además factores bióticos como las enfermedades arriba mencionadas y las plagas del suelo y follaje.

Otro factor muy importante y que sin duda ha sido determinante en la baja producción de frijol en la entidad, es el mínimo uso de semilla mejorada por parte de la mayoría de los agricultores.

Este muy importante aspecto no ha sido considerado prioritario por las diferentes dependencias del sector oficial relacionadas con la agricultura, en particular se demuestra con el hecho de la fuerte reducción de los programas de producción de semilla de frijol por parte de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y el desabasto de semillas básicas a las recién creadas Asociaciones Regionales Productoras de Semillas (Sector social).

La escasa utilización de semilla certificada de frijol en Durango está influenciada entre otras razones por las siguientes: poca redituabilidad y gran incertidumbre del cultivo (característica propia del ambiente de producción); falta de una política oficial que impulse la producción y uso de semillas mejoradas; nula difusión de las nuevas variedades liberadas, lo que trae como consecuencia el desconocimiento por parte del agricultor de las bondades de las nuevas variedades con respecto a la semilla que él utiliza y produce; insuficiente producción de semilla certificada; pocos centros de distribución; alto precio de venta; poca oferta de semillas mejoradas; mala calidad, sanidad y pureza varietal; gusto preferente por variedades criollas como Negro Querétaro, Pinto

Nacional, Río Grande y Canario.

Respecto a las prácticas de cosecha y postcosecha, en ambos sistemas de producción (riego y temporal) la práctica común del agricultor es como sigue: Llevar el cultivo hasta madurez de cosecha, usar un cortador de planta para después colocarlo manualmente en hileras, dejándolo en su sitio expuesto al medio ambiente para bajar su contenido de humedad y trillarlo. Durante esta etapa del proceso, la humedad del suelo y de las plantas recién arrancadas provocan un ambiente con alto nivel de humedad, lo que propicia la formación de un microclima que facilita la multiplicación de microorganismos fitopatógenos, que atacan a la semilla que está en contacto principalmente con el suelo. Además durante el día, la semilla es expuesta a fuertes variaciones de temperatura y humedad relativa, ataque de plagas, así como lluvias tardías que provocan manchado, arrugado de testa y pérdida de calidad física y fisiológica de la semilla.

OBJETIVOS

Objetivo General

En base a lo anteriormente descrito se planteó el presente trabajo de investigación con el objetivo general de evaluar el efecto del medio ambiente y la oportunidad de cosecha sobre la calidad fisiológica de la semilla de frijol.

Objetivos específicos.

- A) Caracterizar variedades de frijol de conocida dureza de testa por su viabilidad y vigor.
- B) Determinar el efecto de la oportunidad de cosecha y exposición en campo sobre la calidad y vigor de la semilla.

Hipótesis

- A) Las variedades de frijol con mayor dureza de testa conservan después de un prolongado tiempo de almacenamiento, una mayor calidad que las variedades con menor dureza.
- B) La exposición prolongada de la semilla al medio ambiente (humedad relativa, temperatura del aire, radiación solar, etc.) no afecta la viabilidad y vigor comparado con aquellas semillas con menor tiempo de exposición.

REVISION DE LITERATURA

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.

Debouck e Hidalgo (1985) mencionan que el frijol es una especie anual, ampliamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, y se le considera una especie termófila, es decir no soporta heladas. El frijol se cultiva esencialmente para aprovechar el grano, el cual tiene un contenido proteínico aproximado del 22 por ciento.

Ortega (1984) reporta que los efectos de altas temperaturas durante el período de floración, se manifiestan en bajos rendimientos debido a la alta tasa de aborción de flores.

Las temperaturas en las que se desarrolla óptimamente el frijol oscilan entre 15 y 27 °C, y se reconoce que existe un gran rango de tolerancia entre variedades. En términos generales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento y las altas temperaturas lo aceleran y los extremos provocan problemas, como la falta de floración y/o esterilidad por aborción de flores (White, 1985).

Para el crecimiento sano, buenos rendimientos y alta calidad de la semilla de frijol es imprescindible la correcta

nutrición de la planta progenitora. Todos los nutrientes esenciales deben estar presentes en suficiente cantidad para producir buenos rendimientos de semilla de alta calidad. Un elemento difícil de utilizar en la producción de semilla de frijol es el Nitrógeno. Este elemento se requiere en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral esencial para la obtención de semilla de frijol de calidad (Barke, 1978).

En la región del Altiplano Mexicano existe diferencia en la respuesta de los genotipos de frijol al fotoperíodo. Acosta y White (1991) observaron diferencias en el comportamiento de variedades de frijol para el inicio de floración y la madurez fisiológica dependiendo de la fecha de siembra.

La productividad del frijol está influenciada fuertemente por el régimen térmico diario. Bussmeyer et al., (1980) reportan que las temperaturas afectan en mayor intensidad durante los primeros 50 días de desarrollo del cultivo, donde la cual debe ser de 20 °C, ya que es donde se define la productividad final que se alcanzará y para el resto del ciclo reporta como más favorable una temperatura media de 19 °C.

Para el desarrollo de vainas y etapa de madurez, Siddique y Goodwin (1980) encontraron que las temperaturas de 27-22 °C afectan adversamente el tamaño y vigor de las semillas además de la susceptibilidad al daño mecánico. También reportaron una reducción en el vigor por la cosecha retardada cuando se tienen

altas temperaturas en postmadurez. Por lo tanto, para obtener semilla de frijol de alta calidad es necesario que éstas se desarrollen y maduren bajo condiciones de temperatura entre 18-21 °C durante el día y 13-16 °C durante la noche.

White y Montes (1993) determinaron el efecto de la temperatura sobre la germinación de 20 cultivares de frijol utilizando rollos de toallas de papel. Estos autores encontraron que los genotipos alcanzaron la mayor germinación en los rangos de 29 a 34 °C, siendo aparentemente *Phaseolus acutifolios L.* el más tolerante a la germinación en altas temperaturas.

El frijol es un cultivo que no tolera suelos salinos y con mal drenaje. Para un rendimiento máximo del cultivo la demanda de agua necesaria es de 300 a 500 mm, dependiendo del clima y de la duración del ciclo vegetativo, el cual se considera entre 60 y 120 días (Doorenbos y Kassam, 1980).

Concepto de semilla.

La semilla es esencial para la supervivencia de la humanidad, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar y es un elemento vital en la agricultura moderna. La semilla se programa, como

las computadoras, para retener y reflejar características específicas. Por tal motivo la semilla de variedades mejoradas le permite al agricultor producir una cosecha abundante con las características deseadas (CIAT, 1982b).

Moreno (1984), menciona que en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en la agricultura, mientras que una semilla verdadera es botánicamente un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricio y protegido por episperma.

La semilla es un óvulo maduro fecundado (Weir et al., 1983). Ampliando este concepto se puede decir que la semilla es un constituyente de la tecnología, esencial e imprescindible en la producción de alimentos Garay (1989). Por lo tanto esta tecnología tiene un valor estratégico que permite obtener una mayor eficiencia de los recursos como suelo, agua, abonos, mano de obra, etc.

La semilla también ha sido definida como un óvulo maduro, que consiste en un embrión, su reserva alimenticia almacenada y sus cubiertas protectoras (Hartmann y Kester, 1987). Aunque el término semilla se usa también comúnmente para designar a los óvulos de frutos secos, indehiscentes, de una sola semilla, como cariósipide, aguenio y nueces un término mejor podría ser definido como unidades de dispersión.

Potss (1992) agrupa las funciones de las semillas en tres grandes aspectos:

Son portadoras de las características genéticas inherentes de generación en generación sin cambio alguno.

Tienen la capacidad de reproducirse cuando alcanzan las proporciones adecuadas de temperatura, humedad, oxígeno y en ocasiones de luz.

La semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje para una planta viva.

Calidad de la semilla.

La calidad de la semilla, es un concepto múltiple que comprende varios componentes cuyo valor aunque no es el mismo para todos, es de gran importancia al momento de conjuntarse para la determinación de ésta. La calidad en las semillas es el conjunto de características deseables, que en todas ellas dan el valor a las mismas, para el fin que les destinemos.

Uno de los mayores riesgos en el establecimiento de un cultivo y sobre todo en las zonas agrícolas con deficiente precipitación, es el uso de semillas que no tienen capacidad para producir una planta normal. Con la finalidad de minimizar este riesgo, se han desarrollado técnicas de ensayo de semillas para valorar la calidad respecto a este atributo antes de proceder a sembrarlas.

Bajo la premisa de que las plántulas normales pueden presentar algunas deficiencias o anomalías que contribuyen a un vigor bajo o menor calidad, es posible determinar el vigor de lotes de semillas clasificando las plántulas normales en fuertes y débiles. Esto provee un medio de distinguir entre semillas que tienen alguna deficiencia o están libres de daño. Las semillas de leguminosas producen plántulas que tienen cuatro sitios morfológicos importantes para evaluar el vigor de las plántulas: Sistema radicular, Hipocotilo, Cotiledones y Epicotilo. Durante la germinación cada una de estas áreas debe mostrar un rápido desarrollo y estar libre de defectos visuales, si es que el lote va a funcionar satisfactoriamente bajo un amplio rango de condiciones de campo (AOSA, 1983).

Desde el punto de vista de calidad de la semilla, ésta se define por la proporción de semillas en una muestra, capaces de germinar y formar nuevas plantas considerando además la proporción de semillas de otras especies, materia inerte, semillas dañadas, insectos y residuos vegetales incluidos como impurezas (Humphreys, 1980).

Según Ede (1970) los porcentajes de pureza y germinación representan, en conjunto, la proporción de semillas que tienen valor para el comprador, al ser capaces de transformarse en plantas productivas. La germinación depende del estado de la semilla, presencia o ausencia de latencia, en el momento de la cosecha, pero la manipulación posterior y condiciones de secado

y almacenamiento tienen una importancia especial.

También se considera que una semilla de buena calidad debe tener pureza tanto varietal como física, un alto porcentaje de germinación y estar libre de organismos patógenos, tanto externa como internamente (CIAT, 1980).

La calidad de la semilla es influenciada por un gran número de factores, algunos de los cuales son naturales, propios de la semilla; del medio ambiente en el cual se han desarrollado y otros son responsabilidad directa del hombre a través del manejo que le ha proporcionado, sin embargo toda semilla de calidad debe comprender cuatro componentes básicos, que son: genético, fisiológico, sanitario y físico.

A) Componente genético.

Es el resultado de los trabajos de mejoramiento, el cual se manifiesta a través de la productividad, la resistencia a factores bióticos y abióticos, la capacidad adaptativa, la cantidad y calidad del producto y su permanencia inalterable.

B) Componente fisiológico.

Atributo que permite a la semilla cumplir su cometido de propagar y perpetuar la especie, y dar origen a una plántula normal en una variedad de condiciones ambientales. Este se manifiesta por medio de la viabilidad, capacidad germinativa, el vigor, el tamaño, la latencia, así como la integridad física

de la misma.

C) Componente sanitario.

Este se refiere a la sanidad de la semilla, la ausencia de microorganismos patógenos los cuales pueden portarse interna o superficialmente que se transmitan por medio de la semilla.

D) Componente físico.

Comprende la pureza analítica de un lote de semillas, donde no se permite la presencia de semillas de otras especies, semillas de malezas, así como de materia inerte. También se considera el contenido de humedad, el tamaño, la integridad física, latencia, madurez y apariencia uniforme.

Madurez fisiológica

El punto de madurez fisiológica (PMF), es un período esencialmente importante desde el punto de vista de la calidad de la semilla, y es definido como aquel donde convergen el máximo peso, mayor vigor y viabilidad de la semilla, (Miranda, 1984).

La semilla de soya (*Glycine max* L.) fisiológicamente madura es conservada en la planta y en el campo. El proceso biológico natural de deterioro (senescencia) está asociado con

las condiciones ecológicas que afectan adversamente su calidad (Andrews 1974). Más aún, en algunas variedades la madurez fisiológica se alcanza a los 100 días, posteriormente el deterioro en campo se manifiesta con una disminución importante en la calidad de la semilla Singh y Gupta (1982).

En un experimento con *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca Neuberm y Carvalho (1976) iniciaron la cosecha a los 21 días después de la floración llevándola a cabo cada 3 días hasta los 66 días. El mayor peso seco/semilla (195-205 mg) se obtuvo entre los 39 y 42 días. Esto coincidió con un aumento rápido de la germinación así como del peso seco de las plántulas en prueba de germinación (de 20 a 45 mg en 3 días), y un descenso en el contenido de humedad de 38 - 44 por ciento.

Las temperaturas altas a las que se exponen las vainas de frijol después que alcanzan la madurez fisiológica provocan la reducción abrupta del contenido de humedad de la semilla de aproximadamente 50 a 18 por ciento, afectando el porcentaje de germinación de las semillas Valdés y Faiguenbaum (1991).

Se ha observado en soya (*Glycine max* L.) comportamiento similar sólo que en etapas de llenado de grano (Keigley y Mullen, 1986). Así mismo determinaron que las altas temperaturas influyeron directamente en la germinación, vigor y calidad física de la semilla.

Las abundantes precipitaciones durante el proceso de madurez de las semillas de frijol de diferentes cultivares afectaron adversamente la calidad de las mismas, determinada a través del color, la apariencia física, la germinación y el aspecto sanitario de las semillas (Tu et al., 1988).

Tekrony et al., (1980) evaluaron el efecto de los factores climáticos como humedad relativa, precipitación y temperatura sobre la viabilidad y el vigor en dos cultivares de soya. La semilla fue obtenida en cinco ambientes de producción, en la madurez fisiológica, madurez de cosecha y periódicamente cada cinco días posterior a ésta por un lapso de tres meses. Este estudio indicó que el vigor declina más rápidamente que la viabilidad; el vigor bajó hasta menos del 50 por ciento en los posteriores 30 días de madurez de cosecha (aproximadamente 14 por ciento de contenido de humedad) y esto se atribuyó a las temperaturas y las condiciones de humedad; entre los cultivares evaluados no se encontró diferente respuesta al deterioro en campo.

Faiguenbaum (1992) manejando cuatro períodos de corte de frijol para determinar el punto de madurez fisiológica, encontró que el máximo rendimiento y calidad de la semilla de todos los materiales en estudio se alcanzó cuando ésta tuvo un contenido de humedad de 50 a 55 por ciento, determinando también que en esta etapa las plantas tenían de un 7 a 13 por ciento de vainas secas y un 60 a 80 por ciento de vainas color

verde o ligeramente verdes.

La germinación en semillas

La germinación en las plantas superiores es el conjunto de eventos que llevan a la semilla, con bajo contenido de agua y poca actividad, a mostrar un aumento marcado de la actividad metabólica en general y a iniciar el desarrollo de la plántula contenida en el embrión (Febles, 1975).

Otra definición ampliamente aceptada es la propuesta por Pelag (1971), la cual señala que es el cambio de la condición latente, o de descanso aparente, a un estado de metabolismo activo y de crecimiento cuyo producto, desde el punto de vista fisiológico, es la ruptura de las cubiertas seminales y la salida de algunas partes del embrión, lo que sucede bajo condiciones de humedad y temperatura no restrictiva.

Por su parte Hartmann y Kester (1987), definen a la germinación como el proceso de reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula y de la plúmula, conducentes a la formación de una plántula.

Abundan conceptos relacionados con el término germinación, algunos son muy generales, muy bioquímicos o estrictamente

botánicos y fisiológicos. Por tal motivo de una forma más concreta, la germinación puede ser definida como la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, las cuales indican la habilidad para desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables (ISTA, 1985; Febles y Navarro, 1986).

Para el tecnólogo en semillas, la capacidad germinativa es la mayor indicación que tiene respecto a como va a funcionar en el campo un lote de semillas. Por ello, el objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales (Thompson, 1979). Además, estas pruebas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

La ISTA (1985), indica que el ensayo de germinación incluye la determinación de plántulas normales, anormales o semillas latentes. Las plántulas normales deberán presentar: sistema radicular bien desarrollado con raíz primaria con o sin raicillas secundarias, hipocotilo bien desarrollado y con tejido conductor intacto, epicotilo intacto conteniendo los dos cotiledones completos y el par de hojas embrionarias. Las plántulas anormales son aquellas que presentan los siguientes defectos: Carecen de cotiledones, tienen los cotiledones desintegrados, no tienen hojas primarias, carecen de raíz primaria, no tienen raíz primaria o éstas son débiles y el

hipocotilo puede ser corto, grueso o dividido. Finalmente, las semillas latentes son todas las que permanecen intactas al final de la prueba de germinación y no presentan síntomas de muerte.

Tanto en experimentos de campo e invernadero, la calidad óptima de la semilla de frijol se obtiene cuando la semilla se desarrolla y madura a temperatura de 21 °C o menos (Goodwin y Samirudin, 1978). Las condiciones húmedas reducen la calidad de la semilla; sin embargo cuando solo se humedece la raíz, se obtiene una buena calidad.

Vieira (1966) en Viçosa, estado de Minas Gerais, llevó a cabo un estudio para determinar el efecto de la edad de la semilla (cosechada a los 40, 33, 30, 20, 16, 9 y 4 meses antes de la siembra) sobre la germinación y el rendimiento de la variedad de frijol Ex-Rico 23. Las semillas conservaron su capacidad de germinación y produjeron plántulas vigorosas y normales hasta los dos años de edad.

Hughes y Sandsted (1975), almacenaron durante un año semilla de *Phaseolus vulgaris* L. variedad California Light Red Kidney a 1, 12 y 24 °C y una humedad relativa de 30 y 80 por ciento. Las temperaturas altas aceleraron el oscurecimiento del color de la testa. A una humedad relativa de 80 por ciento y 24 °C se produjo una coloración más oscura de la semilla y la pérdida total de la germinación, se cuadruplicó la acidez grasa

y se duplicó el tiempo requerido para una cocción adecuada.

Espez (1993), utilizando un desecante químico en cultivo de frijol para producción de semilla para exportación, encontró que la aplicación de Diquat, en dosis de 2.5 litros por hectárea disueltos en 400 litros de agua, cuando las plantas tenían un 15 a 20 por ciento de vainas secas (50 - 55 por ciento de humedad de la semilla) no reducía el rendimiento tampoco afectaba la calidad fisiológica. En aplicación temprana cuando la planta tenía de 5 a 10 por ciento de vainas secas, la aplicación del producto redujo el rendimiento significativamente y en estados de madurez avanzada con más de un 20 por ciento de vainas secas, la germinación se puede reducir a menos del 85 por ciento.

Las semillas de frijol son delicadas, cualquier impacto puede producir daño en la testa, cotiledones o embrión (Dickson, 1978). En la selección para mejorar la calidad de las semillas, se tiene en cuenta la resistencia al daño mecánico el cual puede ocurrir durante la trilla, bajo condiciones de sequía, o durante cualquiera de las etapas del proceso de acondicionamiento de la semilla hasta la siembra del nuevo ciclo de cultivo, susceptibilidad al agrietamiento transversal de los cotiledones, grado de adhesión entre testa y cotiledón, porocidad de la testa y estructura de la vaina son factores que influyen en la resistencia al daño mecánico.

Dickson (1975), utilizando 10 cultivares de frijol con un contenido de humedad de 5-6 por ciento, dejándolos caer 8 veces de una altura de 4 pies (1.22 m) en un recipiente de acero, con el fin de determinar el efecto del daño mecánico sobre la germinación encontrando que las líneas con una cubierta de semilla mayor de 9.5 por ciento del peso de los cotiledones y adherida fuertemente a la semilla, fueron más resistentes al daño mecánico. Las semillas de color sobrevivieron mejor que las semillas blancas.

Butler et al., (1978), recogiendo muestras de semillas de frijol en varias etapas de desarrollo en el área de Burdekin (Queensland), encontraron considerables pérdidas de germinación durante la trilla (hasta de 30 por ciento) y limpieza (hasta de 16 por ciento). Las variedades de semilla blanca sufrieron un daño tres veces mayor que las coloreadas, y aunque el contenido de humedad de la semilla recomendada para la trilla es de 14 a 15 por ciento, 16 de los 17 cultivos de semilla blanca se trillaron a menos del 12 por ciento, con el consecuente daño físico.

La influencia del tamaño de la semilla de frijol sobre su conservación se ha estudiado utilizando semillas grandes, medianas y pequeñas. Richter (1966), demostró que el tamaño de la semilla no ejerce influencia alguna significativa sobre su conservación, cualquiera que sea el método empleado. Después del primer año, sin embargo, sólo es aconsejable almacenar

semilla en ambiente controlado.

Giraldo (1977) en un ensayo para evaluar la influencia del tamaño de la semilla certificada en el vigor de la germinación de frijol, no encontró diferencias significativas en los porcentajes de germinación. El mayor vigor se obtuvo con la semilla mediana, ligeramente superior al de la semilla grande y al de la pequeña. Las semillas grandes produjeron plántulas más altas (27 cm) que las semillas pequeñas (19.5 cm) por lo que concluye que las semillas grandes presentan más germinación, más índice de vigor y mayor altura de la plántula.

Clark y Peck (1968) con el objeto de determinar el efecto del daño mecánico y tamaño de la semilla sobre la germinación separaron varios grupos de semilla de habichuela, la mayoría con agrietamiento transversal de los cotiledones en diferente grado según el tamaño y sometiéndolos luego a ensayos de germinación en laboratorio y campo, observaron en los grupos que presentaban una considerable magnitud de agrietamiento transversal de los cotiledones, las semillas pequeñas generalmente producían más plántulas con cotiledones intactos y un porcentaje total mayor de germinación en los ensayos de laboratorio en comparación con las semillas grandes. En las siembras de campo donde se sembraron semillas de los diferentes tamaños en hileras separadas y donde se sembró el mismo número de semillas por hilera, las hileras sembradas con semillas grandes produjeron mayor rendimiento que las hileras sembradas

con semillas pequeñas.

Mariga et al., (1989), estudiando el efecto del período de almacenamiento sobre el vigor y la viabilidad de semilla de frijol de 180 a 1280 días de cosechadas, encontraron que los lotes de semillas menos nuevos presentaron un mayor porcentaje de plántulas anormales. Determinaron que acondicionando la semilla, ésta puede ser almacenada hasta por tres años sin que se vea afectada su calidad.

Kudan (1989) encontró que semillas de frijol cosechadas de vainas maduras (secas) presentaron un mayor vigor, germinación y menor porcentaje de plántulas anormales en comparación con aquellas semillas que provenían de vainas inmaduras.

Existe un efecto directo del vigor de la semilla sobre la densidad de población y rendimiento de los cultivos, tanto de aquellos que se cultivan durante su etapa vegetativa como cebolla, lechuga, zanahoria, etc., o de aquellos que son cosechados al inicio de su etapa reproductiva (tomate, ejote, chícharo, etc.) Tekrony y Egly (1991).

Dureza de la semilla.

Semillas duras, son aquellas semillas que permanecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua

porque tienen la cubierta impermeable. Esta es una característica propia de las familias Leguminosae y Malvaceae, en donde la presencia de capas exteriores no permiten la penetración del agua a su interior, probablemente debido a la presencia de sustancias hidrofóbicas en la semilla (ISTA, 1985; Moreno, 1984 y Harty, 1983). A éstas generalmente se les conoce como semillas duras, pero no se deben confundir con semillas latentes o muertas. Por tal motivo, algunos investigadores atribuyen generalmente la dureza de las semillas a la impermeabilidad de la testa (Camacho, 1994).

En un estudio realizado por Kyle y Randall (1963), con las variedades de frijol Great Northern y Red Mexican se determinaron las zonas de absorción de agua y la importancia del tamaño del orificio micropilar. Se encontró que el área micropilar fue la principal zona de absorción de agua en la variedad Great Northern y que la absorción de agua está asociada con el tamaño del orificio micropilar. En la variedad Red Mexican, la absorción de agua a través del micropilo no fue efectiva durante las primeras 12 horas, pero alrededor de las 24 horas el micropilo contribuyó con una pequeña proporción del total del agua absorbida. En esta misma variedad, el tamaño del orificio micropilar no influyó directamente en la absorción de agua, y sus principales zonas de absorción fueron el hilio y el rafe respectivamente, considerándose éstas zonas como la principal causa de la condición de dureza de semilla y parece estar genéticamente controlada. Las áreas restantes de la testa

de ambas variedades fueron responsables del 2 ó 3 por ciento de la absorción total del agua.

En sus reglas para el ensayo de semilla, la Asociación Oficial de Analistas de Semillas (AOSA, 1983), hace una distinción entre semillas duras y semillas con letargo. En semillas duras incluye a aquellas que no pueden absorber humedad debido a que tienen una cubierta impermeable, mientras que semillas con letargo son aquellas que no llegan a germinar aunque el embrión esté vivo, hayan absorbido agua y estén expuestas a condiciones adecuadas de temperatura y oxígeno, estableciendo que la imbibición de agua por coloides de la semilla seca es un fenómeno físico y puede efectuarse aun en semillas muertas.

Jacinto et al., (1993), evaluando variedades Mexicanas de frijol agrupadas por el tipo comercial de semillas, encontraron gran variabilidad en todas las características determinadas entre y dentro de grupos (peso de 100 semillas; porcentaje de testa, tiempo de cocción, porcentaje de proteína y de azúcares solubles totales). Concluyendo que existe variabilidad genética significativa para el contenido de proteína y tiempo de cocción.

Wyatt (1977), en un experimento sobre diferencias en la absorción de agua por parte de semillas intactas y en las propiedades osmóticas de las testas cortadas, determinadas en

cuatro líneas casi isogénicas de frijol. Las semillas blancas absorbieron el agua más rápidamente que las de color. Las testas cortadas de semillas blancas fueron más permeables al agua que las de semillas de color, en respuesta a un gradiente osmótico. El espesor y el peso seco de las testas de las semillas se correlacionaron negativamente con las tasas de ósmosis a través de las testas. El peso seco y el espesor de las testas de las semillas de color también fueron mayores.

Castellanos et al., (1991b), evaluando 28 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en cinco localidades de siembra, encontraron que el fenómeno de testa dura ocurre con mayor frecuencia de lo reportado. Esta dureza provoca tiempos prolongados de absorción de agua, sugiriendo que este aspecto se debe ser considerado como criterio de selección de genotipos, tomando en cuenta que la disponibilidad de agua en el Altiplano de México, es uno de los factores más importantes del rendimiento.

En un estudio para determinar la influencia del contenido de humedad y temperatura en el almacenamiento de semillas de frijol y chícharo sobre el tiempo de cocción Del Toro (1993), encontró una fuerte correlación entre tiempo de cocción y período de almacenamiento a una temperatura de 20 °C y un contenido de humedad mayor al 15 por ciento. A contenido de humedad mayor al 20 por ciento el tiempo de cocción se incrementó, no obstante la baja temperatura de 6 °C. La

uniformidad y tiempo de cocción se mantuvo aceptable hasta los 15 meses para los tratamientos de baja humedad y almacenamiento frío a 18 y 20 por ciento de humedad.

Castellanos et al., (1991a), en un estudio sobre tiempo de cocción y absorción de agua por semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron que el daño por heladas en granos inmaduros afecta directamente las propiedades físicas de la semilla, incrementa el tiempo de cocción y aumenta la dureza de la semilla, concluye además que cualquier evento que afecte el grano en la etapa de llenado de vaina, puede afectar la calidad de la semilla.

Hentges et al., (1991) sometieron a estudio semillas de frijol y chícharo para monitorear el efecto de humedad y temperatura sobre varios componentes físicos y químicos determinando que a temperaturas de 29 °C y 65 por ciento de humedad relativa se prolongó el tiempo de cocción. Sin embargo a 5 °C y 65 por ciento de humedad relativa el tiempo de cocción se ~~man~~tuvo corto durante todo el almacenamiento.

La adición de pequeñas cantidades de agua a la semilla en la resiembra reduce el daño mecánico, mejora la emergencia y desarrollo inicial del cultivo. Con el objeto de determinar el contenido óptimo de humedad y la relación con el color de la testa (Wilson y Trawatha, 1991) trabajaron con dos líneas casi isogénicas de testa blanca caracterizadas por su pobre

emergencia. Determinaron que adicionando agua en dosis de 70 a 140 mililitros por kilogramo de semilla en suelo sin riego de presiembra, se mejoraba la emergencia de un 15 a 30 por ciento. Sin embargo en suelo con riego de presiembra no encontraron efecto significativo.

Hoshikawa et al., (1989) encontraron que provocando absorción de agua a semillas de frijol por reducción de presión, se afecta la germinación y establecimiento del cultivo.

Patógenos de la semilla.

La falta de un programa nacional de producción de semilla de frijol de calidad, obliga a que el agricultor utilice como semilla cada año el grano de frijol que produce, otros por su parte se abastecen de semilla que adquieren en bodegas de acopio local y regional. Anualmente al inicio de las lluvias se oferta de manera indiscriminada en la zona temporalera del Altiplano, grano de frijol procedente de otros Estados del país, el cual es distribuido mayoritariamente por la Comisión Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO).

Esta comercialización sin control sanitario ha provocado el incremento y diseminación de nuevas razas de enfermedades de frijol que disminuyen el rendimiento del cultivo, provocando al mismo tiempo, pérdidas económicas al agricultor Sánchez (1981).

La semilla constituye un método eficiente de diseminación de organismos fitopatógenos entre distintas localidades, más del 50 por ciento de las principales enfermedades del frijol son transmitidas por semilla (Ellis y Gálvez, 1980). El daño mecánico que ocurre durante la cosecha, trilla y/o siembra también afecta la viabilidad, germinación y contaminación de la semilla. Los fungicidas sistémicos que penetran en la testa y los cotiledones solo brindan cierto grado de control.

Por otra parte, la fecha de cosecha es muy importante en la producción de semilla de alta calidad libre de agentes patógenos. El dejar las plantas por largo período en el campo después de que éstas han madurado, hace que el porcentaje de infección por hongos aumente y la germinación disminuya.

Copeland et al., (1990), encontraron que aplicando tratamientos de fungicida más insecticida a semillas maduras de frijol y que habían estado expuestas a humedad prolongada antes de su cosecha, presentaron una mejor germinación en pruebas húmeda y fría usando como sustrato suelo, en especial aquellas que tenían los niveles más bajos de calidad, en comparación con la semilla sin tratar evaluada mediante la prueba de germinación estandar.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP- Durango. Esta localidad es representativa de la zona productora de frijol del Altiplano de México. El sitio del trabajo se ubica entre los paralelos 23° y 24° de latitud Norte y los meridianos 103° y 104° de longitud Oeste de Greenwich con una elevación de 1860 msnm. El clima predominante en la entidad es semiárido templado con verano cálido, precipitación media anual de 600 mm y una temperatura media de 16 °C. El promedio anual de días con heladas es de 38 en Los Valles y hasta de 96 en la región de Los Llanos. Las bajas temperaturas se presentan desde fines de septiembre hasta la segunda semana de abril. Régimen de lluvia en verano donde el 80 por ciento de la precipitación ocurre en los meses de junio a septiembre.

Material genético en estudio

Para el estudio se utilizó semilla de cinco variedades de frijol proporcionada por el Programa de mejoramiento genético

de frijol del INIFAP-Durango, seleccionadas por su adaptación a las áreas temporaleras del Altiplano Mexicano y por poseer diferente grado de dureza de grano (medido por el tiempo de cocción y absorción de humedad). Las variedades evaluadas fueron: Bayo Victoria, Pinto Villa, Flor de Mayo Bajío, Negro Durango y Ojo de Cabra Santa Rita.

Conducción del experimento

La siembra se realizó en forma manual, a chorrillo con una densidad de siembra de 40 kg/ha aproximadamente, tratando de mantener una densidad de población de una planta cada 10 cm en surcos separados a .80 metros. El tamaño de la parcela útil fue de 29 metros cuadrados. El cultivo se fertilizó con la fórmula 40-50-00 aplicando todo el fertilizante al momento de la siembra y la protección y el manejo del cultivo fue igual para todos los tratamientos.

Las variedades se sembraron a tierra venida mediante un riego de presiembra y su manejo fue bajo condiciones de riego, se consideró una sola fecha de siembra y la cosecha se realizó conforme las variedades en estudio alcanzaron su madurez (contenido de humedad en el grano del 18 al 22 por ciento).

Tratamientos

Los tratamientos de trilla después de la cosecha y/o arranque del frijol consistieron en llevar a cabo la trilla: Inmediatamente después del arranque; 10 días después del arranque; 20 días después del arranque y 30 días después del arranque del frijol.

En los tratamientos 2, 3 y 4 las plantas después del arranque fueron dejadas en el mismo sitio de acuerdo a su período de exposición al medio ambiente.

Los tratamientos en estudio fueron evaluados en su etapa de campo y almacenamiento de la semilla cosechada en Durango, Dgo. y la etapa de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Calidad de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la U.A.A.N.

Descripción de las variedades evaluadas

El Cuadro 3.1 resume las características agronómicas de las variedades en estudio, éstas fueron generadas por el programa de frijol del INIFAP en el Campo Experimental Valle del Guadiana en Durango, ampliamente recomendadas y utilizadas en riego y temporal en el Altiplano de México (Acosta et al. 1995a y Acosta et al. 1995b).

Cuadro 3.1 Características agronómicas de las variedades de frijol evaluadas.

Variedades	**Hábito de crecimiento	*Tamaño de semilla	Forma de semilla	Color	Dureza semilla
Bayo Victoria	IIIa I	Grande	Prismática	Crema	Duro-Duro
Pinto Villa	IIIa I	Grande	Arriñonada	Pinto	Intermedio
F. Mayo Bajío	IIIa P	Mediano	Oval	Rosa	Suave
Negro Durango	IIIa I	Mediano	Arriñonada	Negro	Intermedio
O.C. Sta. Rita	IIIa P	Mediano	Oval	Café	Duro

* Grande= 35-45 g/100 semillas.
 Mediano= 25-32 g/100 semillas.
 ** I= Intermedio P= Precoz

Manejo de la semilla

La semilla cosechada de cada uno de los tratamientos de trilla se almacenó en Durango, Dgo. durante 12 meses al medio ambiente en bolsas de papel craft, a una temperatura media anual de 17 °C y 57 por ciento de humedad relativa, sin tratamiento químico a la semilla con el fin de no alterar su calidad fisiológica. Para mantener la semilla de frijol libre de plagas de almacén, como el gorgojo café (*Acanthoscelides obtectus* S.), comunes en el Valle del Guadiana se hicieron aplicaciones periódicas con Fosfuro de zinc.

Para los ensayos de calidad fisiológica de cada unidad experimental se seleccionó una muestra de trabajo, la cual era representativa del volumen total producido, se homogenizó y seleccionó al azar una muestra de doscientas semillas, con las cuales se hicieron cuatro rollos de papel conteniendo 50 semillas cada uno, significando esto, cuatro repeticiones de prueba para cada tratamiento.

Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos a evaluar consistieron en la utilización de cinco variedades de frijol con diferente grado de dureza y el efecto del medio ambiente sobre la calidad fisiológica a través de 0, 10, 20 y 30 días de exposición en campo.

El efecto de todos los tratamientos también se estudió sobre el tiempo de almacenamiento (TA), evaluándose para ello semilla de reciente cosecha (0 meses), y posteriormente a 4, 8 y 12 meses de almacenamiento.

Para conocer el efecto de los tratamientos sobre la semilla, se realizaron ensayos de laboratorio a través de la prueba de Evaluación de plántulas desarrollada para determinar el vigor en especies como algodón, frijol, cacahuate y soya.

Principio de la prueba

El procedimiento de la prueba de Evaluación de plántulas consistió en cuatro repeticiones de 50 semillas seleccionadas al azar, puestas en dos toallas secantes húmedas y cubiertas con dos toallas adicionales, orientando las semillas de tal manera, que el crecimiento de raíz, hipocotilo y epicotilo no fueran obstruidos y colocando a 25 °C, manteniendo la humedad durante toda la prueba.

Se realizó un primer conteo a los cinco días, anotando las plántulas normales intactas que tuvieron sus partes morfológicas completas y sin lesiones, clasificándose como fuertes. Todas las plántulas que no cumplen con este criterio se dejan en la prueba hasta el final del ensayo.

Las plántulas que permanecieron para el segundo conteo se evaluaron a los ocho días, clasificando las plántulas normales en fuertes y débiles. De esta manera el porcentaje de vigor se determinó por el número de plántulas normales al primer conteo y el porcentaje de germinación resultó de la suma de las plántulas fuertes del primero y segundo conteo (ISTA, 1987 y AOSA, 1983).

Características de planta y semilla

Vigor (V.) Se determinó considerando el porcentaje de plántulas

normales en el primer conteo al quinto día de la prueba desarrollada para interpretar vigor, llamada Evaluación de plántula (ISTA, 1987).

Germinación (G.) Se determinó mediante la suma de plántulas normales del primero y segundo conteo de la prueba para interpretación de vigor desarrollada para frijol, llamada de Evaluación de Plántula (ISTA, 1987).

Días a emergencia (D.E.) Se determinó cuando al menos el 50 por ciento de las plántulas de cada unidad experimental hubieron presentado los cotiledones a nivel del suelo (CIAT, 1982a).

Días a floración (D.F.) Se calcularon como días después de la siembra que coinciden con el inicio de la etapa de desarrollo R6, cuando el 50 por ciento de la población de cada unidad experimental presentó una o más flores completamente abiertas. (CIAT, 1987)

Días a cosecha (D.C.) Se calcularon como días después de la siembra que coincidieron con el inicio de la etapa de desarrollo R9, cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado en el 50 por ciento de las plantas y el contenido de humedad en las semillas baja hasta alcanzar un 15 a 20 por ciento (CIAT, 1982a).

Contenido de Humedad Inicial (C.H.I.) Se determinó en un

analizador digital marca Burrows mediante una muestra de semilla de 250 gramos tomada al momento de la cosecha de cada unidad experimental.

Peso Hectolítrico (P.H.) Se determinó en forma directa utilizando la semilla necesaria de cada parcela experimental, en la balanza para determinar peso volumétrico, tipo Ohaus, los resultados se reportaron en kilogramo por hectolitro.

Peso de Mil Semillas (P.M.S.) Esta variable se determinó tomando el peso promedio de dos muestras de 250 semillas escogidas aleatoriamente de cada unidad experimental.

Análisis y Modelo Estadístico

Los resultados de los tratamientos se analizaron bajo un diseño en Bloques al azar en parcelas divididas con arreglo factorial $5 \times 4 \times 4$, donde la parcela mayor correspondió al factor variedad, la parcela menor al segundo factor oportunidad de cosecha y el tercer factor al tiempo de almacenamiento (Little and Hills, 1989). Los tratamientos en estudio se evaluaron mediante el siguiente modelo propuesto por Steel y Torrie, (1988).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_k + E_{ik} + B_j + AB_{ij} + S_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = Variable observada.
 μ = Media general.
 i = 1, 2, 3,, a
 j = 1, 2, 3,, b
 k = 1, 2, 3,, r (bloques o repetición)
 A_i = Efecto de la i-ésima variedad
 B_j = Efecto del j-ésimo tratamiento
 B_k = Efecto del k-esimo bloque
 E_{ik} = Error experimental (parcela mayor)
 AB_{ij} = Efecto de la i-ésima variedad en el j-ésimo
tratamiento.
 S_{ijk} = Error experimental (parcela menor)

En las variables que presentaron significancia se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias de factores e interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del experimento corresponden a la determinación de la calidad fisiológica de cinco variedades de frijol de diferente dureza, cuatro períodos de exposición al medio ambiente después de madurez a cosecha, definidos como oportunidad de cosecha y almacenamiento ambiente. Las pruebas de vigor y germinación de las variedades: Bayo Victoria, Pinto Villa, Flor de Mayo Bajío, Negro Durango y Ojo de Cabra Santa Rita se realizaron en condiciones de laboratorio para los cuatro tiempos de almacenamiento a los 0, 4, 8 y 12 meses.

Determinación de Vigor.

En el Análisis de varianza factorial (Cuadro 4.1), para el por ciento de vigor de los factores: Variedad (Factor A), Oportunidad de cosecha (Factor B) y Tiempo de Almacenamiento (Factor C), se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en las fuentes de variación de: Variedades, Tiempo de almacenamiento, así como en las interacciones Variedad por Oportunidad de cosecha (AxB) y Variedad por Tiempo de almacenamiento (AxC) y diferencia significativa ($P < 0.05 > 0.01$) para Oportunidad de cosecha.

El mayor efecto observado sobre vigor lo aportó el factor variedad (ANVA CM= 11,893.14), seguido por el factor tiempo de almacenamiento y las interacciones variedad por tiempo de almacenamiento, Variedad por Oportunidad de cosecha y por último el factor Oportunidad de cosecha.

Cuadro 4. 1. Análisis de Varianza factorial del porcentaje de Vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F. C.	Probabilidad
Repetición	2	35.6	1.0	
Factor A	4	11,893.1	338.0	**
Factor B	3	91.9	2.6	*
Interacc.(AB)	12	92.1	2.6	**
Factor C	3	2767.4	78.6	**
Interacc.(AC)	12	477.6	13.5	**
Interacc.(BC)	9	31.8	0.9	NS
Interacc.(ABC)	36	28.9	0.8	NS
Error	158	35.18		
C.V. %		7.49		

** = Altamente significativo (P< 0.01)
 * = Significativo (P< 0.05 > 0.01)
 NS = No Significativo.

En la prueba de comparación de medias entre variedades para el porcentaje de vigor (Cuadro A.1), la variedad Negro Durango presentó el mayor vigor (91 por ciento) similar a Flor de Mayo Bajío (89 por ciento), según DMS 0.05 de 2.1 por ciento.

En la Figura 4.1 se observa la tendencia del vigor de las

variedades, en general se muestra que a medida que las variedades tienen un mayor tiempo de almacenamiento la calidad de la semilla aumenta, siendo esta respuesta menos manifiesta en las variedades que no presentan dureza de semilla como son Flor de Mayo Bajío y Negro Durango.

Lo anterior califica a estas variedades como suaves y sin problemas de latencia. Dos aspectos muy importantes pueden ser factores definitivos sobre el vigor de estas variedades; su tamaño de semilla mediano (Cuadro A.13) y su testa delgada.

Durante las cuatro pruebas de vigor realizadas en el lapso de 12 meses estas variedades presentaron al primer conteo (cinco días después de la siembra), plántulas sanas y completamente desarrolladas en todos los tratamientos.

Esta observación se refuerza con el hecho de que durante las lecturas de prueba, ambas variedades presentaban testas desprendidas de los cotiledones. Pelag (1971) define este fenómeno de rompimiento de testa, desde el punto de vista fisiológico como el cambio de condición de descanso aparente al de un estado metabólico activo bajo condiciones de humedad y temperatura no restrictivas.

De esta manera bajo las condiciones de humedad deficiente, típicas de las áreas de temporal, las semillas de frijol de testa delgada tienen mayor probabilidad de establecimiento, en

comparación con aquellas semillas de testa gruesa.

El fenómeno de grosor de testa ha sido reportado por Kyle y Randall (1963), quienes trabajando con semillas de frijol de las variedades Great Northern y Red Mexican determinaron que la testa era el punto de menor aportación de agua a la semilla.

Si consideramos que la suavidad de una semilla de frijol de calidad puede ser equivalente de vigor, otro aspecto muy importante lo es también su tamaño. Las variedades Negro Durango y Flor de Mayo Bajío, en promedio alcanzaron valores que por su peso las hace considerarse como semilla de tamaño mediano (Cuadro A.13).

Este aspecto coincide con lo reportado por Giraldo (1977), quien trabajando con semilla certificada de frijol para determinar la influencia del tamaño de la semilla sobre la germinación, encontró que las semillas de tamaño mediano presentaron mayor vigor.

Respecto a las variedades Pinto Villa y Ojo de Cabra Santa Rita consideradas por Castellanos et al. (1991b) como duras por su tiempo de cocción y por ciento de imbibición, alcanzaron valores de 84 por ciento de vigor.

Bajo condiciones de campo, estas variedades superaron en días a emergencia a la variedad Negro Durango (Cuadro A.10) lo

cual nos indica que, aunque bajo condiciones de laboratorio no resultaron de las más vigorosas, el vigor presentado para cada uno de sus tratamientos las hace considerar de calidad aceptable y a la vez pone de manifiesto que su testa considerada gruesa no tiene problemas para la imbibición de agua, ya que en estas variedades la estructura del micrópilo e hilium posiblemente sean lo suficientemente amplios para facilitar la absorción de agua como lo menciona Kyle y Randall (1963).

Respecto a la variedad Bayo Victoria, considerada dura de testa y cotiledón (Castellanos, et al., 1991b), por su reducido porcentaje de imbibición y prolongado tiempo de cocción, se ubicó con el valor más bajo con solo un 54 por ciento de vigor después de 12 meses de almacenamiento.

Probablemente esta variedad que es de semilla de tamaño grande (Cuadro A.13) además de tener una cubierta gruesa, tenga problemas con impermeabilidad de testa y aberturas reducidas en la región del micrópilo e hilium, lo que la hace dura de testa y cotiledón, provocándole además dormancia en sus primeros ocho meses de almacenamiento, cuando las condiciones ambientales durante su etapa de madurez y cosecha no han sido adversas para la conservación de la calidad de su semilla (Delouche, 1964; Kyle y Randall 1963 y Rodríguez y Mendoza 1990).

Aunque resulte contradictorio, parece ser que los tipos de

frijol Bayo, Pinto y Ojo de Cabra, que mayor adaptación tienen a las variables condiciones del altiplano, el grado de dureza intermedia les favorece para un mejor establecimiento y desarrollo de la planta, de tal manera que existe una fuerte correlación entre dureza de semilla y disponibilidad de agua durante el establecimiento, desarrollo y madurez de la planta de frijol.

Esto coincide con lo reportado por Castellanos et al. (1991a), quienes determinaron que todo evento adverso al desarrollo de la planta de frijol en la etapa de madurez, causa dureza de semilla a cocción e imbibición, aun en aquellas variedades consideradas como suaves.

En la prueba de comparación de medias del porcentaje de vigor para la oportunidad de cosecha (Cuadro A.2.) el tratamiento de 10 días de exposición en campo después de cosecha, alcanzó el 81 por ciento de vigor, seguido de los tratamientos de 20 y 30 días de exposición en campo, los cuales presentaron un comportamiento similar con un 80 por ciento de vigor.

Contrario a lo reportado por Andrews (1974), Tekrony et al. (1980) y Tu et al. (1988), quienes mencionan que las precipitaciones y altas temperaturas causan deterioro en campo después de la madurez de las semillas, afectando la calidad de las mismas y acelerando su deterioro en almacenamiento.

En nuestro caso llama la atención que el tratamiento de cero días de exposición en campo (recolección inmediata a madurez de cosecha), después de 12 meses se ubicó en el nivel más bajo con solo un 78 por ciento de vigor, esto posiblemente se deba al efecto de dormancia entre las variedades evaluadas, ya que durante la etapa de madurez y cosecha, las esporádicas precipitaciones que se presentaron no fueron suficientes para provocar deterioro severo en los tratamientos de 10, 20 y 30 días, si no que provocaron un efecto de rompimiento de dormancia por efecto de temperaturas ambiente alternas y una posible degradación de la testa que potencializó el vigor.

Esto nos indica que para las condiciones del Estado de Durango y para algunas zonas de la región del altiplano, que tengan precipitaciones entre 300 y 600 milímetros durante los meses de julio a octubre, es posible producir semillas de frijol con alta calidad fisiológica que por sus condiciones de latencia o dormancia conserven su calidad por mayor número de años bajo condiciones de almacenamiento abierto.

En la prueba de comparación de medias del porcentaje de vigor por efecto del Tiempo de almacenamiento (Cuadro A.3) se observó que los tiempos de almacenamiento de 0 y 12 meses fueron estadísticamente superiores con un 84 y 85 por ciento de vigor respectivamente.

Esta manifestación de mayor vigor en las semillas, sobre

todo de las variedades Bayo Victoria y Pinto Villa (Figura 4.1) después de un tiempo de almacenamiento de 12 meses, confirma la pérdida gradual de latencia, comprobándose al mismo tiempo que de haberse presentado condiciones adversas durante la etapa de secado de las semillas, independientemente de la variedad o tipo de dureza de la semilla, los tratamientos de 10, 20 y 30 días de exposición en campo después de cosecha, habrían disminuido su calidad fisiológica durante el tiempo de permanencia al medio ambiente (Figura 4.2).

Se observa que bajo las condiciones de producción y almacenamiento abierto en el Estado de Durango (Figura 4.1), las semillas de frijol con problemas de latencia y alta calidad fisiológica, alcanzan después de los ocho meses de almacenamiento su rompimiento de latencia y a los 12 meses su máximo vigor.

En la prueba de comparación de medias del porcentaje de vigor para la doble interacción Variedad por Oportunidad de cosecha (Cuadro A.4) se observa que el factor variedad fue el más importante dentro de la interacción, y que los tratamientos más sobresalientes por su mayor porcentaje de vigor correspondieron a las variedades Negro Durango Y Flor de Mayo Bajío.

Esta diferencia de respuesta entre variedades de testa blanda y dura, parece indicar que cuando la variedad es de testa blanda y las condiciones del medio ambiente son adecuadas

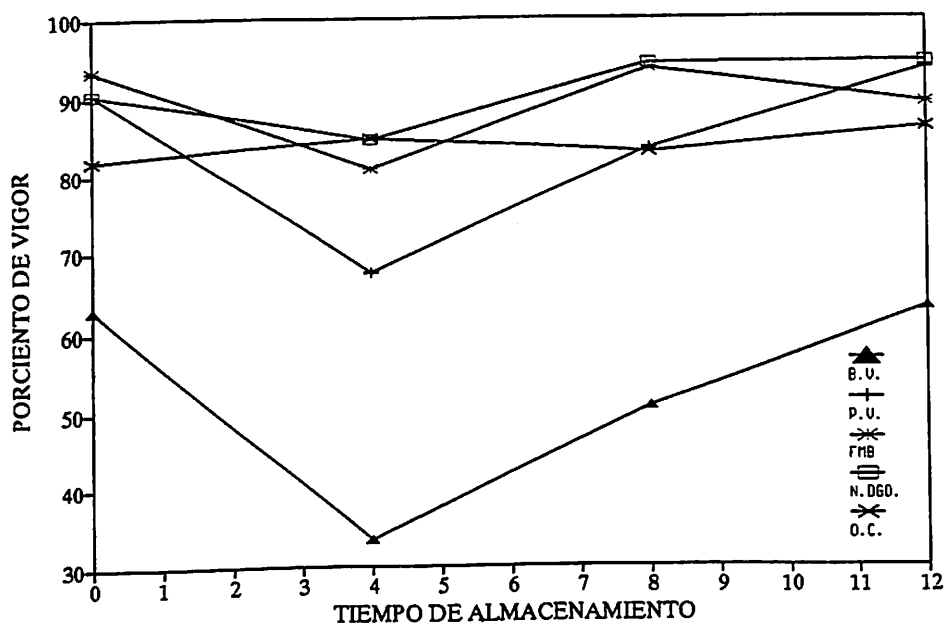


Figura 4.1. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinado mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

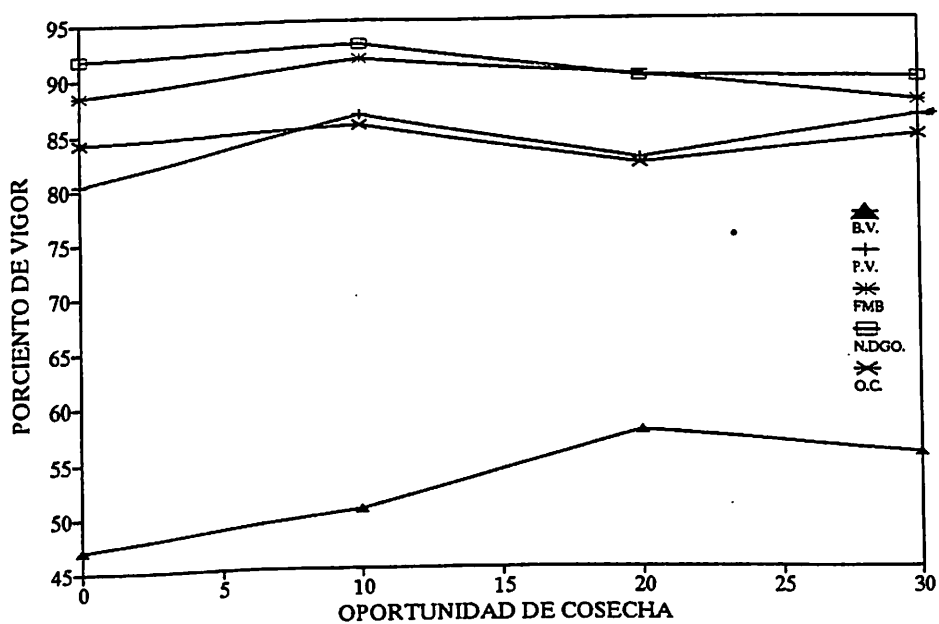


Figura 4.2. Efecto de la oportunidad de cosecha sobre el vigor de cinco variedades de frijol de diferente dureza a través de doce meses de almacenamiento mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

para la producción de semillas no hay efecto de la oportunidad de cosecha, siendo indistinto arrancar y trillar a los 10, 20 ó 30 días, con la certeza de obtener semilla de alta calidad, no así en las variedades de testa dura, donde existe una fuerte interacción de la variedad con la oportunidad de cosecha.

En este caso se puede concluir que para las variedades de testa dura, el cosechar en forma inmediata sin exposición al ambiente, además de obtener semilla con la más alta calidad, almacenamos semillas latentes que nos permitirán en caso de ser necesario al inicio del temporal después de ocho meses de reposo, utilizar semillas de máxima calidad fisiológica sin problemas de latencia.

En la prueba de comparación de medias del porcentaje de vigor para la doble interacción Variedad por Tiempo de almacenamiento (Cuadro A.5) se observa diferente respuesta de las variedades al tiempo de almacenamiento, presentando en forma general mayor porcentaje de vigor las variedades consideradas por su tipo de dureza como suaves o intermedias como Pinto Villa, Negro Durango que alcanzaron un valor del 94 por ciento de vigor después de 12 meses de almacenamiento, seguidos de la variedad Flor de Mayo Bajío que alcanzó un valor similar del 94 por ciento a los ocho meses de almacenamiento y un 89 por ciento de vigor a los 12 meses; con lo que se demuestra que bajo condiciones adecuadas de producción, las variedades consideradas suaves o de dureza intermedia después

de un período de 8 a 12 meses, manifiestan un mayor vigor que las de testa dura.

Analizando la Figura 4.1 se observa una diferente respuesta de las variedades sobre el tiempo de almacenamiento, en la variedad Flor de Mayo Bajío, se observa una reducción del vigor después de los ocho meses de almacenamiento, esto nos indica que independientemente de la localidad y condición de producción, las variedades presentan una diferente respuesta respecto a su longevidad y conservación de la calidad fisiológica.

Por lo anterior, podemos determinar que la variedad Flor de Mayo Bajío y Negro Durango consideradas de testa suave, requieren condiciones adecuadas de producción y almacenamiento con el fin de conservar mayor tiempo su vigor.

Determinación de la germinación

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 4.2) para el porcentaje de germinación se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en las fuentes de variación de: Variedades y Tiempo de almacenamiento, así como en las interacciones Variedad por Oportunidad de cosecha y Variedad por Tiempo de almacenamiento.

El mayor efecto sobre la variable analizada (porcentaje de germinación) lo aportó el factor Variedad, como se observa en el ANVA (CM = 717.68) seguido por el factor Tiempo de almacenamiento y las interacciones Variedad por Tiempo de almacenamiento y Variedad por Oportunidad de cosecha.

Cuadro 4.2. Análisis de Varianza Factorial del porcentaje de germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F.C.	Probabilidad
Repetición	2	50.2	5.4	**
Factor A	4	717.6	77.3	**
Factor B	3	11.4	1.2	NS
Interacc. AB	12	38.0	4.1	**
Factor C	3	332.9	35.8	**
Interacc. AC	12	166.7	17.9	**
Interacc. BC	9	10.8	1.1	NS
Interacc. ABC	36	10.5	1.1	NS
Error	158	9.2		
C.V.		3.2		

** = Altamente significativo (P < 0.01)

* = Significativo (P < 0.05 > 0.01)

NS = No significativo

Al realizar la prueba de comparación de medias del porcentaje de germinación entre Variedades (Cuadro A.6), las variedades Flor de Mayo Bajío y Negro Durango resultaron similares con un 98 por ciento de germinación y estadísticamente superiores a las variedades Ojo de Cabra Santa Rita y Pinto Villa que alcanzaron un 95 por ciento de vigor.

En virtud de que las variedades Flor de Mayo Bajío y Negro Durango presentaron los mayores índices de vigor, podemos decir que existe una correlación inversa entre el grado de dureza y la calidad fisiológica, de tal manera que a menor dureza mayor vigor y germinación.

De acuerdo a las normas para la aprobación de semillas, el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), exige un mínimo de 85 por ciento de germinación para considerar a un lote de semilla como apto para siembra. En el Cuadro A.6 observamos que todas las variedades superaron ampliamente el porcentaje de germinación exigido, excepto para la variedad Bayo Victoria que solo lo superó en un 3 por ciento, poniendo de manifiesto que la dureza de testa y tamaño de semilla afecta la germinación.

Comparando las medias del porcentaje de Germinación para el factor Tiempo de almacenamiento (Cuadro A.7), se observó que las variedades mostraron mayor germinación conforme permanecían mayor tiempo en almacén (Figura 4.3). De tal forma que los tratamientos de 8 y 12 meses de almacenamiento resultaron estadísticamente superiores con un 96 y 97 por ciento de germinación, respectivamente, en comparación de los tratamientos de cero y cuatro meses de almacenamiento que alcanzaron valores de germinación de 95 y 92 por ciento.

Estos altos valores promedio de germinación alcanzados por

las variedades, fueron producto de la interacción de varios factores positivos presentes durante el desarrollo del experimento; como fueron las buenas condiciones climáticas durante la cosecha, adecuado contenido de humedad inicial de la semilla, como se observa en la Figura 4.4, control de plagas en campo y almacén y pérdida gradual de latencia por tiempo de almacenamiento.

En la comparación de medias para por ciento de germinación de la interacción Variedad por Oportunidad de cosecha (Cuadro A.8), nuevamente se detecta que las variedades suaves como Flor de Mayo Bajío y Negro Durango alcanzaron los mayores valores de germinación, siendo estadísticamente similares todos los tratamientos con un rango de germinación del 99 al 97 por ciento, además de una contrastante respuesta de las variedades a la oportunidad de cosecha.

No obstante que estas variedades presentaron consistentemente una mayor germinación durante las evaluaciones, se detecta entre ellas una respuesta diferente del factor Variedad por Oportunidad de cosecha.

Como se observa en el Cuadro A.8, después de 12 meses de almacenamiento, mientras la variedad Negro Durango presentó mayor germinación en los tratamientos de 10 y 20 días de exposición en campo (99 por ciento), superando incluso al tratamiento de cosecha inmediata, en la variedad Flor de Mayo

Bajío se observa una gradual pérdida de la calidad fisiológica de la semilla conforme al mayor tiempo de exposición en campo. (Figura 4.3).

Esta diferente respuesta pone de manifiesto que las semillas consideradas suaves, bajo condiciones adecuadas de cosecha, alcanzan un mayor vigor en comparación con las semillas duras, sin embargo éstas son mas susceptibles a la pérdida de la calidad por efecto de la exposición en campo, que las semillas duras.

Analizando el mismo Cuadro A.8, la variedad Bayo Victoria considerada de testa dura, presenta un comportamiento opuesto a la variedad Flor de Mayo Bajío; es decir, presenta una mayor germinación en los tratamientos de mayor exposición en campo.

Para confirmar lo anterior, se puede ver que mientras el tratamiento de cosecha inmediata, que es donde obtenemos la máxima calidad de semilla, alcanza después de 12 meses de almacenamiento un 84 por ciento de germinación, que incluso no logra rebasar el mínimo por ciento de germinación exigido por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), el tratamiento de 30 días de exposición en campo, al cual le correspondería tener la menor calidad fisiológica de semilla, alcanza después de 12 meses, un excelente valor de germinación del 91 por ciento.

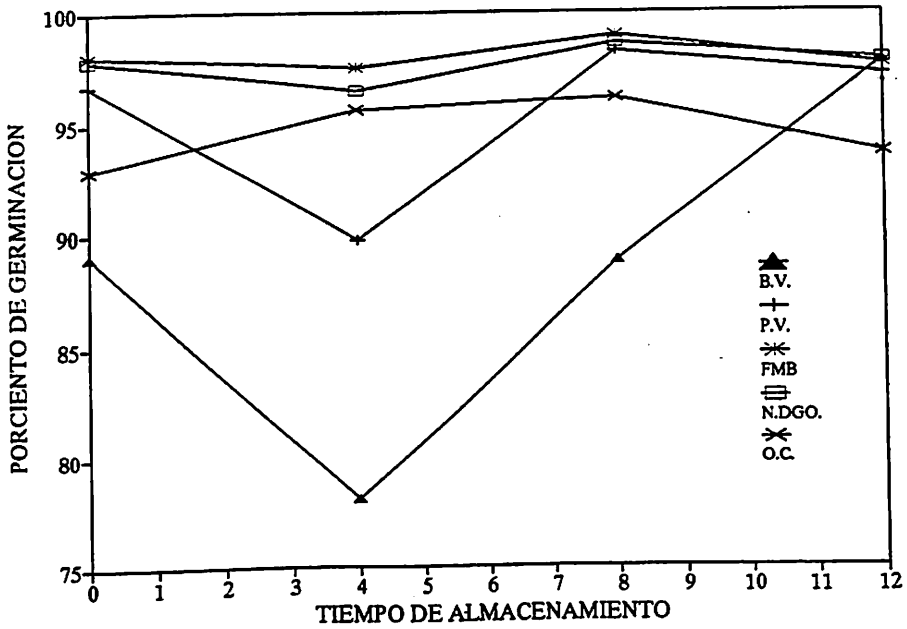


Figura 4.3. Efecto del almacenamiento sobre la germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinada en laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plantulas.

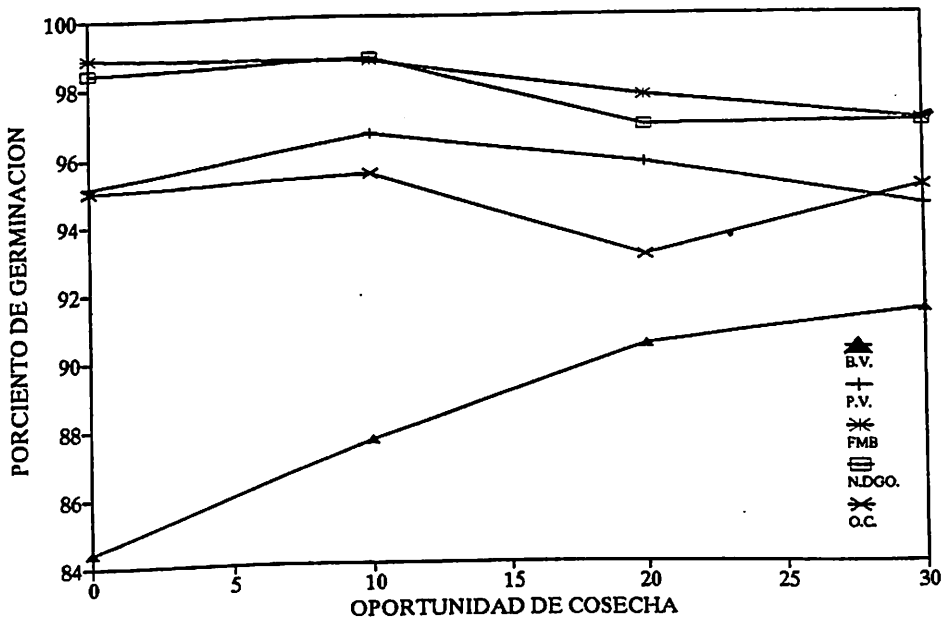


Figura 4.4. Efecto de la oportunidad de cosecha sobre la germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza a través de doce meses de almacenamiento mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

En la comparación de medias del porciento de germinación para la interacción Variedad por Tiempo de almacenamiento (Cuadro A.9) se observa que el mayor efecto lo aporta el factor variedad sobre la interacción, dándose al mismo tiempo un ordenamiento por tipo de dureza, correspondiendo a las variedades más suaves, mayor germinación.

Por último se observa que la variedad Bayo Victoria en el tratamiento de 12 meses de almacenamiento, rompe completamente su dormancia ya que alcanza un excelente nivel de germinación del 98 por ciento.

Características agronómicas

Días a emergencia

En el análisis de Varianza conjunto para Días a emergencia (Cuadro 4.3), de los factores: Variedad (Factor A) y Oportunidad de cosecha (Factor B), se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en la fuente de variación de Variedades, como se observa en el ANVA ($CM = 18.53$) con un coeficiente de variación de 2.9 por ciento.

En la comparación de medias de Días a emergencia entre variedades (Cuadro A.13) resultó más rápida a emergencia la

variedad Flor de Mayo Bajío con 6.5 días después de la siembra según DMS 0.05 de 1.09 por ciento, lo cual la califica sin problemas.

Esto coincide con lo reportado por Castellanos et al. (1991b), e Ibarra et al. (1995), quienes evaluando esta variedad entre 28 genotipos y tres ambientes de producción, identificaron a la variedad Flor de Mayo Bajío como la de mayor porcentaje de imbibición y menor tiempo de cocción.

Cuadro 4.3 Análisis de Varianza del número de días a emergencia de cinco variedades de frijol de diferente dureza en Durango, México.

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob
Repetición	2	0.5	0.2	0.4	NS
Factor A	4	47.5	11.8	18.5	**
Factor B	3	0.0	0.0	0.0	NS
Interacc. AB	12	0.8	0.0	1.2	NS
Error	30	1.66			
C.V.		2.97			

** = Altamente significativo (P < 0.01)

* = Significativo (P < 0.05 > 0.01)

NS = No significativo.

La variedad Pinto Villa, considerada con problemas de dureza (Castellanos et al., 1991b) por su tiempo de cocción y porcentaje de imbibición, se ubicó en segundo orden con un promedio de 7.3 días a emergencia después de la siembra.

Este aspecto no necesariamente significa que aquellas variedades consideradas con problemas de dureza por su prolongado tiempo a cocción y bajo porcentaje de imbibición en laboratorio, tendrán un mayor tiempo a emergencia en condiciones de campo, sino que deberá considerarse las características morfológicas de la semilla como el hilium, testa, micrópilo y rafe, de tal manera que se pueda determinar cuales son los mecanismos de absorción, desplazamiento del agua y activación metabólica de las variedades de frijol desarrolladas para el Altiplano Mexicano.

Esto coincide con lo reportado por Del Valle et al. (1992) quienes trabajando con semillas de frijol de diferente dureza, determinaron una correlación negativa entre cocción y dureza de semilla.

Contenido de humedad inicial

En el análisis de varianza conjunto (Cuadro 4.4) para la variable Humedad Inicial de la semilla se detectó diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) solo para la Oportunidad de cosecha. El mayor efecto observado sobre la variable analizada (por ciento de humedad inicial), lo reportó el factor Oportunidad de cosecha en el ANVA con un CM = 201.691 y un coeficiente de variación de 17.1 por ciento.

En la comparación de medias del porcentaje de Humedad

Inicial por Oportunidad de cosecha (Cuadro A.11), se determinó que trillando inmediatamente después de cosecha, las variedades registraron un 17.1 por ciento de humedad inicial.

Cuadro 4.4 Análisis de Varianza de la humedad inicial, de cinco variedades de frijol de diferente dureza en Durango, México.

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob.
Repetición	2	6.2	3.1	1.3	NS
Factor A	4	16.1	4.0	1.7	NS
Factor B	3	605.0	201.6	47.4	**
Interacc. AB	12	73.6	6.1	1.4	NS
Error	30	127.5			
CV		17.1			

** = Altamente significativo ($P < 0.01$)

* = Significativo ($P < 0.05 > 0.01$)

NS = No Significativo.

A los 10 días de cosecha las variedades tuvieron una rápida pérdida de humedad hasta alcanzar un valor promedio de 12.3 por ciento, considerándose ésta una humedad adecuada para el beneficio y almacenamiento de semilla de frijol de alta calidad. Después de los 10 días en campo las variedades continuaron perdiendo humedad a un ritmo más lento, hasta alcanzar un 8.9 por ciento de humedad inicial con 30 días de exposición (Figura 4.5).

Esta rápida pérdida de humedad inicial en las semillas, es normal cuando se tiene la combinación de baja humedad relativa

ambiente y alta temperatura durante todo el período de secado, ya que la extracción de agua en la periferia de la semilla es más rápida en comparación con el desplazamiento de agua del centro al exterior de la misma.

El arranque y cosecha de los tratamientos se inició el 10 de octubre y no obstante de haberse presentado un lluvia tardía en la segunda semana del mismo mes, que logró alterar la calidad física de las semillas, principalmente de las variedades Negro Durango, Flor de Mayo Bajío y Ojo de Cabra Santa Rita, en los tratamientos de 10, 20 y 30 días de exposición en campo con manchado, despintado y arrugamiento de la cubierta de la semilla, la dinámica del contenido de humedad inicial siempre fue en descenso, como lo muestra la Figura 4.5 en donde la variedad Negro Durango a los 10 días alcanzó un contenido de humedad en equilibrio del 11.7 por ciento, después de haber sido arrancada con un contenido de humedad inicial del 21 por ciento.

En la Figura 4.5 se observa que las variedades tuvieron diferente comportamiento con respecto a la reducción de humedad, siendo Pinto Villa y Negro Durango las de menor retención de agua y la variedad Ojo de Cabra Santa Rita la de mayor retención de agua.

Por lo anterior se determina que bajo las condiciones del Estado de Durango y áreas agroecológicas similares del

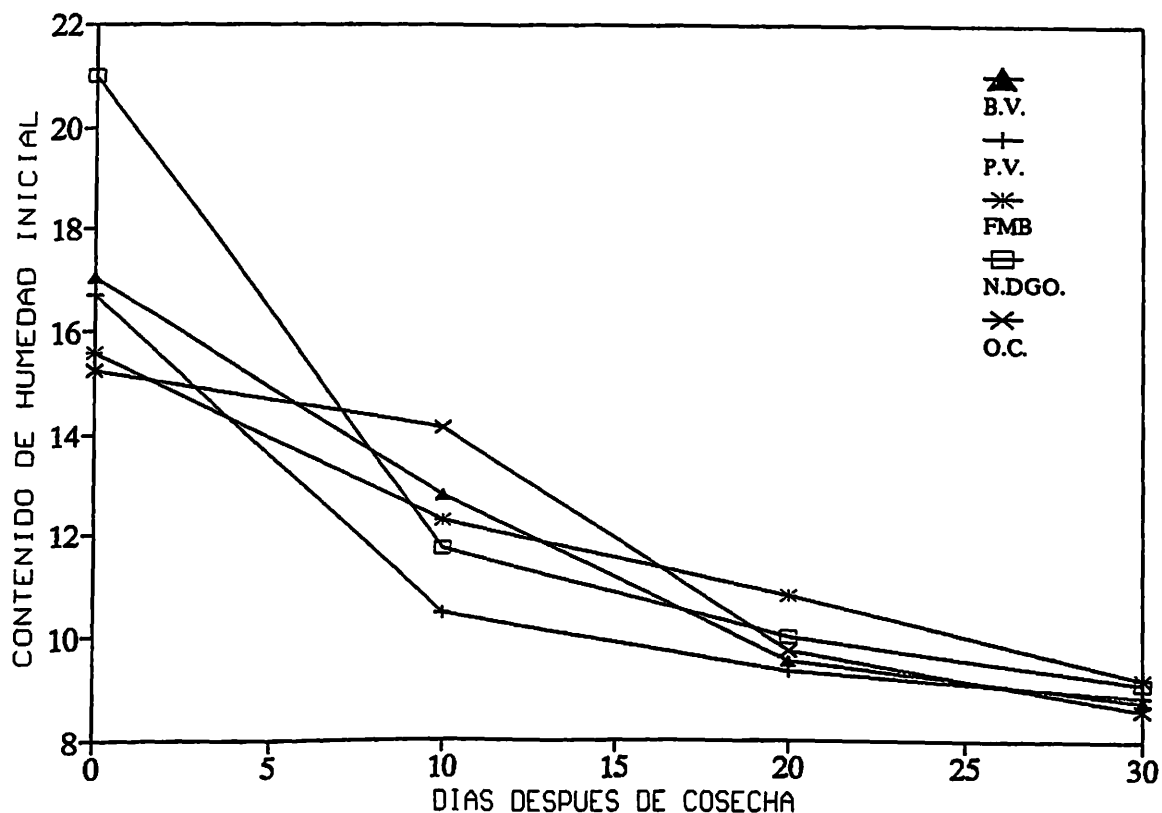


Figura 4.5. Dinámica de la humedad inicial de semilla de cinco variedades de frijol de diferente dureza, en cuatro períodos de exposición en campo en Durango, México.

Altiplano Mexicano, con 10 días de exposición en campo es tiempo suficiente para cosechar y beneficiar semilla de frijol con alta calidad, reduciendo el riesgo de deterioro en campo por ataque de gorgojo, roedores, pudriciones, lluvia y sobre todo, mala calidad física de la semilla por daño mecánico al cosechar a los 20 ó 30 días con un contenido menor del 10 por ciento.

Peso hectolítrico

En el Análisis de varianza conjunto (Cuadro 4.5) para el Peso Hectolítrico se detectaron diferencias altamente

significativas ($P < 0.01$) en las fuentes de variación de Variedades (Factor A), como se observa en el ANVA ($CM = 92.20$) con un coeficiente de variación de 0.79 por ciento.

En la comparación de medias de la variable Peso Hectolítrico (Cuadro A.12), sobresalió la variedad Negro Durango como la de mayor peso con 77.2 hectólitros, según DMS 0.05 de 1.29 precedida de las variedades Pinto Villa y Flor de Mayo Bajío con 76.9 y 76.7 hectólitros respectivamente.

Cuadro 4.5 Análisis de varianza del peso Hectolítrico de cinco variedades de frijol de diferente dureza producidas en Durango, México.

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob
Repetición	2	1.05	0.5	0.5	NS
Factor A	4	368.81	92.2	103.1	**
Factor B	3	1.31	0.4	1.2	NS
Interacc. AB	12	7.62	0.6	1.7	NS
Error	30	396.66			
C.V.		0.79			

** = Altamente significativo ($P < 0.01$)
 * = Significativo ($P < 0.05 > 0.01$)
 NS = No Significativo

Las semillas de las variedades Ojo de Cabra Santa Rita y Bayo Vitoria por ser de mayor tamaño y forma oval ocupan un mayor volumen, dejando al mismo tiempo mayor espacio entre las semillas que repercute en un menor peso hectolítrico.

Peso de mil semillas

En el análisis de varianza conjunto (Cuadro 4.6) para el peso de 1000 semillas de los factores: Variedades (Factor A) y oportunidad de cosecha (Factor B), se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre variedades y diferencias significativas ($P < 0.05 > 0.01$), para oportunidad de cosecha (3 por ciento). El mayor efecto observado sobre la variable analizada, lo aportó el factor variedad, como se observa en el ANVA ($CM = 67669.95$), con un coeficiente de variación de 2.81 por ciento.

Cuadro 4.6 Análisis de varianza del peso de 1000 semillas de cinco variedades de frijol de diferente dureza producidas en Durango, México.

Fuente de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob
Repetición	2	507.1	253.5	1.2	NS
Factor A	4	270679.8	67669.9	344.6	**
Factor B	3	935.6	311.8	3.1	*
Interacc. AB	12	1340.9	111.7	1.1	NS
Error	30	2932.7			
C.V.		2.8			

** = Altamente significativo ($P < 0.01$)
 * = Significativo ($P < 0.05 > 0.01$)
 NS = No significativo.

En la comparación de medias del peso de 1000 semillas

entre variedades (Cuadro A.14), resultó estadísticamente superior la variedad Bayo Victoria con 464.1 gramos por 1000 semillas, seguida de la variedad Pinto Villa con 370.86 gramos por 1000 semillas según, DMS 0.05 de 19.19 por ciento.

Esto se explica fácilmente dado que las semillas de la variedad Bayo Victoria son de tamaño grande, sin embargo resulta evidente que tanto por el peso hectolítrico, peso de 1000 semillas, germinación y días a emergencia, la variedad Pinto Villa reúne características que le permiten considerarla desde el punto de vista fisiológico, como semilla de excelente calidad.

CONCLUSIONES

Las variedades de frijol Flor de Mayo Bajío y Negro Durango consideradas suaves y sin problemas de latencia, alcanzaron los máximos valores de germinación durante los 12 meses de evaluación de los tratamientos.

El tratamiento de cero días de exposición en campo después de madurez a cosecha, afectó la germinación de la variedad Bayo Victoria, considerada con severo problema de dureza de testa y cotiledón, presentando baja germinación por efecto de dormancia, manifestada en las primeras evaluaciones de germinación en laboratorio (cero y cuatro meses de cosechada), la cual logró romper su dormancia después de ocho meses de almacenamiento.

Se determinó que las variedades Pinto Villa y Ojo de Cabra Santa Rita son de dureza intermedia por los valores de vigor y germinación alcanzados.

Los valores de vigor y germinación alcanzados por las variedades demuestran que la localidad de producción es apta para la producción de semilla de calidad, además las condiciones de humedad relativa y temperatura conservan de manera eficiente y a bajo costo la calidad fisiológica de la

semilla en almacenamiento abierto. Después de 12 meses de almacenamiento al medio ambiente de Durango las variedades no evidenciaron deterioro en su calidad.

Considerando la dinámica de pérdida de humedad, se concluye que para la producción de semilla de frijol de calidad bajo condiciones de Durango, con 10 días de exposición en campo se alcanzan niveles de humedad del 12 por ciento, adecuados para evitar el daño mecánico y lograr un correcto beneficio de la semilla.

RESUMEN

En el Altiplano Mexicano, principal región productora de frijol de temporal en el país, uno de las mayores limitantes de la producción es la poca utilización de insumos tecnológicos, producto de la gran incertidumbre de las condiciones climáticas durante el ciclo de producción del cultivo. Entre estos insumos encontramos la mínima utilización de semilla de calidad.

Con el objetivo de determinar el efecto del medio ambiente y la oportunidad de cosecha sobre la calidad de la semilla de frijol, se evaluaron cinco variedades comerciales de diferente dureza de testa. El experimento se estableció en el Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP-Durango), bajo un diseño bloques al azar en parcelas divididas. Las variedades evaluadas fueron Bayo Victoria, Pinto Villa, Flor de Mayo Bajío, Negro Durango y Ojo de Cabra Santa Rita y los tratamientos en estudio Variedad más oportunidad de cosecha con 0, 10, 20 y 30 días de exposición en campo.

Las variedades Flor de Mayo Bajío y Negro Durango consideradas suaves y sin problemas de latencia, alcanzaron los máximos valores de germinación durante los 12 meses de

evaluación de los tratamientos. Los tratamientos de 10, 20 y 30 días de exposición en campo potencializaron el vigor, mientras que el tratamiento de cero días de exposición en campo después de madurez a cosecha afectó la germinación de la variedad Bayo Victoria, considerada con severo problema de dureza de testa y cotiledón.

La variedad Bayo Victoria presentó baja germinación por efecto de dormancia manifestada en las primeras evaluaciones de germinación en laboratorio (cero y cuatro meses de cosechada), rompiendo su dormancia después de ocho meses de almacenamiento. La localidad de producción de Durango es apta para la producción de semilla de calidad, además las condiciones de humedad relativa y temperatura conservan de manera adecuada la calidad fisiológica de la semilla en almacenamiento abierto. Después de 12 meses de almacenamiento al medio ambiente de Durango las variedades no evidenciaron deterioro en su calidad. Para la producción de semilla de frijol de calidad bajo condiciones de Durango, con 10 días de exposición en campo se alcanzan niveles de humedad del 12 por ciento, adecuados para evitar el daño mecánico y lograr un correcto beneficio de la semilla.

LITERATURA CITADA

- Acosta G., J. A. and J. W. White. 1991. Effect of photoperiod response on adaptation to the Altiplano of México. Ann. Rep. Bean Improvement Cooperative. 34: 78 - 79. USA.
- Acosta G., J. A., Ibarra P., F. J., Ochoa M., R., Arrieta M. M. P. y Pajarito R., A. 1995a. Bayo Victoria, nueva variedad de frijol de temporal para Durango. Folleto Técnico N° 8. INIFAP-CIRNOC. C. E. Valle del Guadiana, Durango, México.
- Acosta G., J. A., Sánchez V. I., Ochoa M., R., Pajarito R. A. e Ibarra P., F. J. 1995b. Pinto Villa, nueva variedad de frijol para riego y temporal en Durango. Folleto Técnico N° 7 INIFAP-CIRNOC. C. E. Valle del Guadiana. Durango, México.
- Andrews H.C. 1974. Field deterioration of soybean seed in: Proceeding Southeastern soybean seed Seminar. Mississippi State University. July 16-18. pp43-51. USA.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook, N° 32 U. S. A.
- Barke R.E. 1978. The Influence of nutrition and irrigation on yield and quality of french bean seed. Bowen, Queensland Department of Primary Industries.
- Bussmeyer F.A., A. Tubelis and J.L. do Nascimento. 1980. Efeito da temperatura media diaria do ar na produtividade do feijoeiro. Empresa Brasileira do Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). 14(4): 413-417. Brasil.
- Butler J.E., Barralet G. and Brouwer H. M. 1978. Mechanical damage of bean seed. Brisbane, Australia. Department of Primary Industries. p.10
- Camacho M.F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Ed. Trillas, México. pp. 125.
- Castellanos J. Z., González E., Acosta G. J. A., Ochoa M. R., Enríquez S., Mejía C., Pajarito R. A., Núñez S., Fernández P., Grajeda O. y Zandate R. 1991 a. Efecto de la localidad de siembra sobre la aceptación sensorial y otras características de calidad del grano de frijol común. En: Phaseolus. Resultados de Investigación sobre frijol 1991. INIFAP - Michigan State University, SARH. Durango, México.

- Castellanos J. Z., Acosta G. J. A., González E., Ochoa M. R., Enríquez S., Mejía C., Pajarito R. A., Núñez S., Fernández P., Grajeda O. y Zandate R. 1991 b. Evaluación del tiempo de cocción y la absorción de agua de 28 genotipos de frijol en cinco localidades de siembra del altiplano semiárido. En: Phaseolus. Resultados de Investigación sobre frijol 1991. Proyecto Colaborativo INIFAP - MSU. Durango México.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1980. Semilla de frijol de buena calidad. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia p.8
- CIAT 1982a. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Guía de estudio, Cali, Colombia. p.10
- CIAT 1982b. Programas de Semillas. Guía de planeación y manejo. Cali, Colombia. p.21.
- CIAT 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia. p 14.
- Clark B.E. and Peck, N. H. 1968. Relationship between the size and performance of snap bean seeds. Geneva, N. Y. Cornell University. New York State Agricultural Experiment Station. Bulletin no 819 U.S.A.
- Copeland L.O., Baalbaki, R. and Lee, N. B. 1990. The effect of seed treatment on laboratory and field performance of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed exposed to prolonged wet, humid weather prior to harvest. Department of Crop and Soil Science, Michigan State University. Journal of Seed Technology. Vol 14 p. 19-29.
- Debouck G.D. y R. Hidalgo. 1985. Morfología de la planta del frijol común en : Frijol: Investigación y Producción. Ed. Marcelino López, Fernando Fernández y A. Van Schoonhoven CIAT, Cali, Ed. XYZ. 417 p. Colombia.
- Delouche J.C. 1964. Seed Dormancy. Newspaper Seed Technology Laboratory, Mississippi State University. U.S.A.
- Dickson M.H. 1975. Improving bean seed quality. New York's Food and Life Quarterly 8 (4): 9-10. En: Informes de Investigación CIAT. Cali, Colombia.
- Dickson M.H. 1978. Breeding for superior seed quality in beans. Geneva, New York, Nysaes, 1978. Bean Improvement Workshop Sydney, Australia. Informes de Investigación CIAT. Cali, Colombia.

- Doorenbos J. y A. H. Kassam. 1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos En F.A.O. Estudio 33, Riego y Drenaje. Roma, Italia. pp 83-85.
- Ede R. 1970. Producción de Semillas Prateses. Manual de Técnica agopecuaria. Ed. Acribia. Zaragoza, España p. 159
- Ellis M. A. y Gálvez G. E. 1980. Problemas de producción del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris* L. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1980. pp. 301-314.
- Espoz B. J. 1993. Evaluation of desiccant utilization (Diquat) in export bean seeds. Univ. Santiago de Chile. Esc de Agronomía. Chile. Thesis. pp.52.
- Faiguenbaum M. H. 1992. Momento de arranque de plantas, estado madurez y germinación de semilla de cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de vaina cilíndrica. Ciencia e Investigación Agraria, Universidad Católica de Chile, Fac. de Agronomía. Santiago de Chile. Vol 19 (1-2) p. 9-15.
- Febles G. 1975. Factores que afectan la germinación I. Factores ocurrentes antes de la siembra. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Cuba. Vol 9(1) p. 77-99.
- Febles G. y Navarro, G. 1986. Producción de Semillas de gramíneas y leguminosas. ICA 1986. Los Pastos en Cuba. I. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 469 - 533.
- Garay E. A. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. Primer Curso avanzado sobre Sistemas de Semillas Para Pequeños Agricultores. CIAT. Cali Colombia.
- Giraldo Z. M. 1977 Influencia del tamaño de la semilla certificada de soya, maíz y frijol, en el vigor y la germinación. Tegucigalpa, Honduras. Secretaría de Recursos Naturales. Memoria. pp 111-124.
- Goodwin P. B. and Samirudin M. 1978. Maturation studies on bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). Sydney, New South Wales University of Sydney. Australia.
- Hartmann H. T. y D. E. Kester. (1987) Propagación de plantas. Principios y prácticas. Ed. Continental. México. D.F.
- Harty R. L. 1983. Testing of tropical species for germination. Seed Science and Technology. Seed Technology in the Tropics, Vol. 11 Printed in Netherlands

- Hentges D. L., Weaver C. M. and Nielsen S. S. 1991. Changes of selected physical and chemical components in the development of the hard-to-cook bean defect. *Journal Food Science*. Official Publication Institute Food Technological. Chicago, Ill. Vol 56(2) p. 436-442.
- Hoshikawa K.; Yasumoto S. and Shoji K. 1989. The effects of forced water absorption on the germination and establishment of seed of various crops. Faculty of Agriculture, Tohoku University. *Crop Science Society of Japan*. Vol. 32 p.1-2.
- Hughes P.A. and Sandsted R. F. 1975. Effect of temperature, relative humidity and light on the color of "California Light Red Kidney" bean seed during storage. *Hort. Sci.* 10(4): 421 - 423. *Informes de Investigación CIAT*. Cali, Colombia.
- Humphreys L. R. 1980. *Tropical pastures and foeder crops*. Longman Group Limited. London. p. 135.
- Ibarra P.F.J., Castillo R.A. y Cuéllar R.E.I. 1995. Efecto de la intemperización del frijol en el campo sobre la dureza de testa. Artículo sin publicar. SAGAR. INIFAP. CEVAG. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1995. *Anuario Nacional Estadístico*. México.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1985 *International rules for seed testing*. Seed Science and Technology. The Netherlands. Vol 4. p. 1-177.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1987. *Handbook of Vigour Test Methods*. 2nd Edition. Zurich Switzerland
- Jacinto H.C., Acosta G.J.A. y Ortega A.J. 1993. Caracterización del grano de variedades mejoradas de frijol en México. *Agricultura Técnica en México*. México. Vol 19(2) p. 167-179.
- Keigley P. J. and R.E. Mullen. 1986. Changes in soybean quality from high temperature during seed fill and maturity. *Crop Sci.* 26(6): pp 1212-1216. U.S.A.
- Kudan S. L. 1989 *Performance of snap bean as influenced by seeds from different plant portions and pod maturing stages*. La Trinidad, Benguet Philippines. *Plant Physiology Growth and Development; Seed production*. Thesis pp 139.

- Kyle J. H. and Randall, T. E. 1963. A new concept of the hard seed character in *Phaseolus vulgaris* L. and its use in breeding and inheritance studies. Proceedings of the American Society of Agricultural Science. U.S.A.
- Little T. M. y F. J. Hills 1989. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Ed Trillas. Impreso en México, D.F.
- Mariga I. K., Mukoko O.Z. and Madyara S.M. 1989. The effect of storage time on viability and vigour of dry bean seed. Department of Crop Science, University of Zimbabwe, Mount Pleasant, Harare, Zimbabwe. Zimbabwe Journal of Agricultural Research. Vol 27 p.57-61.
- Miranda F. 1984. Deterioro de precosecha de semilla. En: VIII Curso de Postgrado en Tecnología de Semillas, C.I.A.T. Abril - Mayo. Cali, Colombia.
- Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología UNAM. México. D.F.
- Neuberm R.G. and Carvalho N.M. 1976. Maturacao de sementes de feijao (*Phaseolus vulgaris* L). Cientifica 4(1): 28-32. Brasil.
- Ortega M., P.F. 1984. Evaluación de tres variedades de frijol de verano (agosto) en cuatro fechas de siembra, en la región del Río Yaqui en Sonora. En : Avances de la investigación CIANO N° 12 Francisco Pacheco M. Ciclo Primavera Verano 1982. Ed SARH. Sonora, México.
- Pelag L. 1971. Germination, internal and. external factors. Australian Seed Research, Conference, Camberra, Australia.
- Pérez T., H., Ochoa M. R., Castellanos J. Z. y Soria R. J. 1990. Estudios de genotipos de frijol en dos condiciones de humedad en la zona semiárida de México. Resultados de Investigación sobre frijol 1989. Proyecto Colaborativo INIFAP - Michigan State University. SARH. Durango, México pp 147
- Potss J. W. 1992. Calidad de la semilla. Semana de la semilla del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) Curso a Becarios. El Batán, Texcoco, México.
- Richter R. A. 1966. El tamaño de la semilla caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y su conservación a medio ambiente y en ambiente controlado. Maracay, Venezuela. Centro de Investigaciones Agronómicas. Sección de Semillas. Seminario Panamericano de Semillas.

- Rodríguez F. M and Mendoza E. M.T (1990). Physicochemical basis for hardseededness in mung bean (*Vigna radiata* L.) Journal of agricultural and food chemistry. USA
- Sánchez Anguiano H. 1981. Aislamiento y conservación de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) de frijol en Durango. Resúmenes de Investigación CIANOC N°8 SARH - INIA. Durango, México. p. 23.
- Sánchez Valdéz I. y Sánchez Anguiano H. 1983. Determinación del efecto del número de riegos en dos sistemas de siembra en frijol. Resúmenes de Investigación. Frijol. INIA. CIANOC. Durango, México. p. 8.
- Siddique M. D. A. and P.B. Goodwin. 1980. Seed vigor in dry bean *Phaseolus vulgaris* L. cv Apollo as influenced by temperature and water regimen during development and maturation. J. Exp. Bot. 31(120): 313-323 Canada.
- Singh B. B. and D. P. Gupta. 1982. Seed quality in relation to harvesting at physiological maturity in soybean (*Glycine max* L.) Seed Sci Tech. 10 (3): pp 469-474. Netherlands.
- Steel R. G. y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. Primera edición en Español. Ed. Mc Graw-Hill/Interamericana de México, S.A de C.V.
- Tekrony D.M., D.B. Egly and A.D. Phillips. 1980. Effect of yield weathering on the viability and vigor of soybean seed Agron. J. 72(5): pp 749-753 USA.
- Tekrony D. M. and D. B. Egly, 1991. Relationship of seed vigour to crop yield. Department of Agronomy, University of Kentucky. Lexington. Crop Science Vol 31(3) p. 816-822.
- Thompson J.R. 1979. Introducción a la Tecnología de semillas. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 30.
- Toro A. del. 1993. Influence of storage, temperature and moisture content on cooking time of yellow peas and brown beans. Swedish Journal of Agricultural Research (Sweden). Vol 23 (4), p. 191- 197
- Tu J.C., M. Mc Donnell and V. A. Dircks. 1988. Factors affecting seed quality of navy bean in the field in Southwestern Ontario Seed Sci. Tech. 16 pp 371-381 Netherlands.
- Valdés R. V. y H. Faiguenbaum M. 1991. Efecto del hilerado de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Ingo, sobre la calidad de la semilla. Ciencia e Investigación Agraria 18 (1,2): pp 53-56. Santiago de Chile.

- Valle J. M. del., Stanley D. W. y Bourne M. C. 1992. Water absorption and swelling in dry bean seeds. *Journal of food processing and preservation*. USA
- Vieira. C. 1966. Effect of seed age on germination and yield of field bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Turrialba* 16(4): 396 - 398. En : *Informes de Investigación CIAT*. Cali, Colombia.
- Weir T.E.; Stocking, G.R. and Barbour, M.C. 1983. *Botánica*. 5a. Ed. Limusa. México, D.F. p. 325-330.
- White. W. J. 1985. *Conceptos básicos de fisiología del frijol*. En : *Frijol : Investigación y Producción*. Ed. Marcelino López, Fernando Fernández y A. Van Schoonhoven, CIAT. Ed. XYZ PP 417 Cali, Colombia.
- White J. W. and Montes R. C. 1993. The influence of temperature on seed germination in cultivars of common bean. *Bean Physiology*, CIAT. Cali, Colombia. *Journal of Experimental Botany*. Vol 44 p. 1795-1800.
- Wilson D. O. Jr. and Trawatha S. E. 1991. Enhancement of bean emergence by seed moisturization. *Crop Science Society of America*. USA Vol 31(6) p. 1648-1651.
- Wyatt J. E. 1977. Seed coat and water absorption of seed of near - isogenic snap bean lines differing in seed coat color. *Journal of the American Soc for Hort Sci.* 102 (4) : 478 - 480. En: *Informes de Investigación CIAT*. Cali, Colombia.

A P E N D I C E

Cuadro A.1 Pruebas de medias del por ciento de Vigor de cinco variedades de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Tratamiento	Variedad	Por ciento de vigor
4*	Negro Durango	91 a
3	Flor de Mayo Bajío	89 a
5	Ojo de Cabra Sta.Rita	84
2	Pinto Villa	84
1	Bayo Victoria	52
DMS 0.05		2.1

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.2 Prueba de medias del por ciento de Vigor por efecto de la Oportunidad de cosecha de cinco variedades de frijol de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Tratamiento	Oportunidad de cosecha	Por ciento de vigor
2*	10 días	81 a
4	30 días	80 a
3	20 días	80 a
1	0 días	78
DMS 0.05		2.2

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.3 Prueba de medias del porcentaje de vigor por efecto del Tiempo de almacenamiento de cinco variedades de frijol de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento	Porcentaje de vigor
4*	12 meses	85 a
1	0 meses	84 a
3	8 meses	81
2	4 meses	70
DMS 0.05		2.2

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.4 Prueba de medias del porcentaje de vigor para la doble interacción Variedad por Oportunidad de cosecha de cinco variedades de frijol de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Trat.	Variedad	Op. Cos.	% Vigor
14 *	N.Durango	10 días	93 a
13	N.Durango	0 días	92 ab
10	F.M.B	10 días	91 ab
16	N.Durango	30 días	90 ab
11	F.M.B.	20 días	90 ab
15	N.Durango	20 días	90 ab
9	F.M.B.	0 días	88 ab
12	F.M.B.	30 días	87 b
6	P.Villa	10 días	86
8	P.Villa	30 días	86
18	O.C.S.R	10 días	85
20	O.C.S.R	30 días	84
17	O.C.S.R	0 días	84
19	O.C.S.R	20 días	82
7	P.Villa	20 días	82
5	P.Villa	0 días	80
3	B.Victoria	20 días	57
4	B.Victoria	30 días	55
2	B.Victoria	10 días	50
1	B.Victoria	0 días	47
DMS 0.05			4.8

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.5 Prueba de medias del por ciento de vigor para la doble interacción Variedad por Tiempo de Almacenamiento de cinco variedades de frijol de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Trat.	Variedad	Tiemp. Almac.	Vigor
8 *	P.Villa	12 meses	94 a
16	N.Durango	12 meses	94 a
11	F.M.B.	8 meses	94 a
15	N.Durango	8 meses	94 a
9	F.M.B.	0 meses	93 a
13	N.Durango	0 meses	90 a
5	P.Villa	0 meses	90 a
12	F.M.B.	12 meses	89 a
20	O.C.S.R.	12 meses	86
14	N.Durango	4 meses	85
18	O.C.S.R.	4 meses	85
7	P.Villa	8 meses	84
19	O.C.S.R.	8 meses	83
17	O.C.S.R.	0 meses	82
10	F.M.B.	4 meses	81
6	P.Villa	4 meses	68
1	B.Victoria	0 meses	63
4	B.Victoria	12 meses	63
3	B.Victoria	8 meses	51
2	B.Victoria	4 meses	33
DMS 0.05			4.8

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.6 Prueba de medias del porciento de Germinación de cinco variedades de frijol de diferente dureza en condiciones de laboratorio mediante la prueba de Evaluación de plántulas.

Tratamiento	Variedad	% Germinación
3 *	Flor de Mayo Bajío	98 a
4	Negro Durango	98 a
5	O.Cabra Sta. Rita	95
2	Pinto Villa	95
1	Bayo Victoria	88
DMS 0.05		1.2

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.7 Prueba de medias del porciento de Germinación por Tiempo de almacenamiento de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinado mediante la prueba de Evaluación de plántula en condiciones de laboratorio.

Trats.	Tiempo Almac.	% Germinación
4 *	12 meses	97 a
3	8 meses	96 a
1	0 meses	95
2	4 meses	92
DMS 0.05		1.1

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$)

Cuadro A.8 Prueba de medias del porcentaje de Germinación para la doble interacción Variedad por Oportunidad de cosecha de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinado mediante la prueba Evaluación de plántulas en condiciones de laboratorio.

Trats.	Variedad	Oport. Cos	% Germin.
10 *	F.M.B.	10 días	99 a
9	F.M.B.	0 días	99 a
15	N.Durango	20 días	99 a
14	N.Durango	10 días	99 a
11	F.M.B.	20 días	98 a
13	N.Durango	0 días	98 a
16	N.Durango	30 días	97 a
12	F.M.B.	30 días	97 a
7	P.Villa	20 días	96
6	P.Villa	10 días	96
5	P.Villa	0 días	95
17	O.C.S.R.	0 días	95
18	O.C.S.R.	10 días	95
20	O.C.S.R.	30 días	95
8	P.Villa	30 días	94
19	O.C.S.R.	20 días	93
4	B.Victoria	30 días	91
3	B.Victoria	20 días	90
2	B.Victoria	10 días	88
1	B.Victoria	0 días	84

DMS 0.05

2.5

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A. 9 Prueba de medias del porciento de Germinación para la doble interacción Variedad por Tiempo de almacenamiento de cinco variedades de frijol de diferente dureza determinado mediante la prueba de Evaluación de plántulas en condiciones de laboratorio.

Trats.	Variedad	T. Almac.	% Germin.
11 *	F.M.B.	8 meses	99 a
10	F.M.B.	4 meses	98 a
9	F.M.B.	0 meses	98 a
12	F.M.B.	12 meses	98 a
16	N.Durango	12 meses	98 a
15	N.Durango	8 meses	98 a
13	N.Durango	0 meses	98 a
4	B.Victoria	12 meses	98 a
7	P.Villa	8 meses	98 a
5	P.Villa	0 meses	97 a
8	P.Villa	12 meses	97 a
18	O.C.S.R.	4 meses	96
19	O.C.S.R.	8 meses	96
14	N.Durango	4 meses	96
20	O.C.S.R.	12 meses	94
17	O.C.S.R.	0 meses	93
6	P.Villa	4 meses	90
3	B.Victoria	8 meses	89
1	B.Victoria	0 meses	89
2	B.Victoria	4 meses	78
DMS 0.05			2.5

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales
(Tukey $P < 0.01$)

Cuadro A.10 Prueba de medias de Días a emergencia de cinco variedades de frijol de diferente dureza en siembra realizada el en Durango, México.

Trats.	Variedad	Días a emergencia
3 *	F.M.B	6.58 a
2	P. Villa	7.33 ab
5	O.C.S.R.	8.00 b
4	N. Durango	8.83 bc
1	B. Victoria	8.91 c
DMS 0.05		1.09

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.11 Prueba de medias del porciento de Humedad inicial por Oportunidad de cosecha de cinco variedades de frijol de diferente dureza en cuatro tiempos de exposición al medio ambiente.

Trats.	Oport. de cosecha.	% Humedad Inic.
1 *	0 días	17.12 a
2	10 días	12.26 b
3	20 días	9.88 c
4	30 días	8.90 c
DMS 0.05		2.07

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.01$).

Cuadro A.12 Prueba de medias del Peso Hectolitrico de cinco variedades de frijol de diferente dureza, producidos en Durango, México.

Trats.	Variedad	Peso Hectolitrico
1 2 3 4 5	N. Durango	77.25 a
	P. Villa	76.93 ab
	F.M.B.	76.78 ab
	C.C.S.R.	75.72 b
	E. Victoria	70.60 c
DMS 0.05		0.82

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P<0.01).

Cuadro A.13 Prueba de medias del peso de Mil semillas de cinco variedades de frijol de diferente dureza cosechadas en Durango, México.

Trats.	Variedades	Peso mil semillas
1 2 3 4 5	E. Victoria	464.10 a
	P. Villa	370.86 b
	C.C.S.R.	348.60 c
	N. Durango	311.83 d
	F.M.B.	262.50 e
DMS 0.05		19.19

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P<0.01).