



17

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y
FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE
FRIJOL, DESPUÉS DE LA APLICACIÓN
DE HERBICIDAS EN CAMPO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTA:

SALVADOR ALBERTO PATIÑO ALANÍS

ASESOR:

M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADO NACIONAL
SISTEMA DE
MEXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación de la Calidad Física y Fisiológica de la semilla de Frijol,
después de la aplicación de herbicidas en campo"

que presenta el pasante: Salvador Alberto Patiño Alanís
con número de cuenta: 7939517-1 para obtener el título de :
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de Abril de 2002

PRESIDENTE Ing. Miguel Bayardo Parra

VOCAL M.C. Ma. Magdalena Ofelia Grajales Muñoz

SECRETARIO M.C. Margarita Tadeo Robledo

PRIMER SUPLENTE M.C. José Leonides Sánchez González

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Gustavo Mercado Mancera

[Handwritten signatures and initials]

DEDICATORIA

A mis padres Salvador y Josefina:
De quien siempre he recibido apoyo y cariño, y sin los cuales no hubiera sido posible conseguir este proposito.

A mi esposa Leticia:
Con quien comparto por igual este logro, ya que con su amor y tenacidad, alentó en mí el deseo por concluir esta meta.

A mis hijos Daniel Alberto y Adrián:
Regalo bendito que la vida me ha dado, y quienes constituyen la razón más grande que me impulsa a superarme.

A mis hermanos David, Hugo, Edgar, Israel y Paul:
Con quienes he compartido algunos de los momentos más significativos de mi vida.

A la memoria de mi abuelita Maria de la que guardo muy gratos recuerdos.

AGRADECIMIENTOS

De una manera muy especial, agradezco al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por su valiosa asesoría y por todos los apoyos facilitados para la realización de el presente trabajo.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por la atinada dirección y orientación para que esta investigación cumpliera los objetivos planteados.

A Ruth Hernández Pérez por su invaluable contribución en la redacción y formato de este trabajo, pero sobretodo por el animo que me dio para que terminará este proyecto.

A Emmanuelle Quentin, magnífica persona que siempre se ha preocupado por el bienestar de mi familia y la cual se encuentra en un lugar muy especial de nuestros corazones.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la FES-Cuautitlán a quienes debo mi formación profesional, porque en sus aulas y con sus maestros fue posible conseguir uno de los objetivos más importantes en mi vida.

A mis suegros Enrique y Guille, quienes estoy seguro compartirán con orgullo este anhelo.

A todos mis amigos y familiares quienes de manera sincera comparten conmigo la satisfacción de un objetivo cumplido.

A mis compañeros de Ingeniería Agrícola con quienes disfrute de momentos muy agradables y con los cuales se formo un vínculo de amistad muy grande.

RESUMEN

El presente trabajo experimental se desarrolló en dos etapas: a) en campo, en terrenos del rancho el "Tajuelo" ubicado en el municipio de Tepetzotlán, Estado de México y b) en laboratorio-invernadero, en las instalaciones del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), ubicado en Chapingo, México. Se evaluó la calidad física y fisiológica de frijol variedad "flor de mayo", después de la aplicación de tres herbicidas (Fomesafen, Acifluorfen y Fluazifop-Butil), probando dos subdosis: la dosis comercial y el doble de la dosis comercial recomendada por el fabricante para cada producto. En total se establecieron trece tratamientos, incluyendo un testigo sin aplicación, empleándose un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, totalizando 52 unidades experimentales de 9.60 m² de parcela útil cada una. La calidad física se evaluó en función a seis variables: peso de 200 semillas, peso volumétrico, porcentaje de semilla grande, mediana y chica, así como el porcentaje de humedad. La calidad fisiológica se determinó con base en los parámetros de germinación, vigor y viabilidad de la semilla. El rendimiento se extrapola a kg/ha en cada tratamiento.

El estudio estadístico se realizó mediante los análisis de varianza para cada variable y se empleó la prueba Tukey para comparar las medias a fin de establecer qué tratamientos afectaron a las variables en estudio.

Para evaluar el vigor de la semilla se estableció un arreglo factorial, eligiéndose cuatro factores: tamaño de semilla, profundidad de siembra, tipo de herbicidas y dosis empleadas; analizando cada factor por separado y sus posibles interacciones.

La calidad física se vio afectada en el peso de 200 semillas y el porcentaje de semilla grande cuando se empleó la dosis de 0.084 kg i.a./ha de Acifluorfen. La proporción de semilla mediana y el rendimiento sufrieron mermas considerables debido a la aplicación de 0.672 kg i.a./ha de Acifluorfen. En lo que se refiere a la

calidad fisiológica, ninguno de los tratamientos utilizados en este ensayo afectaron a las variables de germinación, vigor y viabilidad.

Por otro lado, el mayor vigor expresado en peso seco se observó en las semillas grandes, las cuales mostraron más peso de materia seca en sus plántulas, en comparación con las semillas chicas sembradas a la misma profundidad.

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede considerar que la aplicación del Fomesafen solo, así como su mezcla con Fluazifop-Butil resultaron inocuos en las dosis empleadas, no así el Acifluorfen, el cual evidenció efectos negativos en algunas variables de los componentes de calidad de la semilla de frijol "flor de mayo".

ÍNDICE

RESUMEN	I
ÍNDICE	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Descripción taxonómica y características de la semilla de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	5
2.2. Calidad física de las semillas	7
2.2.1. Pureza analítica	7
2.2.2. Peso y tamaño de semilla	8
2.3. Calidad fisiológica de la semilla de frijol	10
2.3.1 Germinación	10
2.3.2 Pruebas para evaluar germinación	12
2.3.3 Vigor	12
2.3.4 Viabilidad	15
2.4. Características de los herbicidas empleados	16
2.4.1. Estructura química y propiedades físicas de los herbicidas	16
2.4.2. Efecto de plaguicidas foliares sobre la calidad de las semillas	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación y clima de la localidad	25
3.1.1. Trabajo de campo	25
3.1.2. Evaluaciones de laboratorio-invernadero	28
3.2. Rendimiento	30
3.3. Análisis estadístico	30
4. RESULTADOS	31
5. DISCUSIÓN	41
5.1. Calidad física de la semilla	42
5.2. Calidad fisiológica	44
6. CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	V

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Cuadrados medios y valores de F calculada obtenidos en el análisis de varianza de cada una de las variables involucradas en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	32
Cuadro 2.	Comparación de medias para la variable peso volumétrico en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	33
Cuadro 3.	Comparación de medias para la variable peso de 200 semillas en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	34
Cuadro 4.	Comparación de medias para la variable porcentaje de semilla mediana en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	35
Cuadro 5.	Comparación de medias para la variable porcentaje de humedad en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	36
Cuadro 6.	Comparación de medias para la variable porcentaje de germinación en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	37
Cuadro 7.	Comparación de medias para la variable porcentaje de viabilidad en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	38
Cuadro 8.	Análisis de varianza para evaluar el vigor de la semilla en función al peso seco de plántulas con un arreglo factorial, en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	39
Cuadro 9.	Comparación de medias para la variable rendimiento en el estudio "Evaluación de la calidad física de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".	40

Capítulo 1. Introducción

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores peligros en la agricultura es la utilización de semillas que no tienen capacidad para producir cosechas sanas de una variedad determinada. Con el fin de reducir este riesgo se han desarrollado técnicas de ensayo de semillas para valorar la calidad de éstas, antes de proceder a su siembra. El objetivo final de la realización de ensayos de semillas es determinar el valor y la aptitud de éstas para su utilización por el agricultor. (INSPV, 1976)

La semilla es uno de los insumos más importantes para lograr avances en la agricultura, por ello se debe contar con la calidad adecuada, la cual está dada por cuatro componentes: a) genético, el cual dicta las características que presentará la semilla, que manejará el fitomejorador con el fin de expresar las más sobresalientes; b) sanitario, que proporciona a la semilla la oportunidad de mantenerse libre de microorganismos (hongos, virus y bacterias); c) físico, el cual determina la pureza de la semilla, siendo lo ideal tener un lote con un alto porcentaje de semilla pura, que cumpla con las especificaciones de su peso volumétrico y que el contenido de humedad sea el idóneo para que la semilla retenga su capacidad germinativa, su viabilidad y vigor hasta el momento de la siembra; d) fisiológico el cual se refiere a la característica de viabilidad de una semilla, a la alta capacidad de germinación y al vigor para establecer nuevos individuos, pues como unidad biológica es susceptible de ser dañada por diversos factores como el clima, las condiciones de su almacenamiento o el tiempo transcurrido para su utilización en la siembra (Bustamante, 1982 y Moreno, 1996).

Los pesticidas de uso común se seleccionan para la seguridad de los cultivos a los que se destina. Sin embargo, es casi imposible preparar un índice que describa la acción exacta de los plaguicidas en las diversas condiciones ambientales, geográficas y culturales en las cuales se utilizarán para el cuidado de un gran

número de especies de plantas y sus variedades. Algunos efectos inesperados se presentan sólo después de que un producto se ha empleado durante algún tiempo en una amplia variedad de condiciones. Dichos efectos pueden ser tanto beneficiosos como perjudiciales (National Academic of Sciences, 1978).

Se producirán efectos perceptibles en la fisiología de las plantas en caso de emplearse en dosis mucho mayores que las normales, ya sea porque el agricultor no lee las instrucciones de uso o porque se tiene la falsa creencia de que aplicando mayores cantidades de producto se obtienen mejores y más rápidos resultados. Los efectos fisiológicos evidentes de los productos químicos para la agricultura, sobre los cultivos de interés económico, en general se identifican con ensayos experimentales y en las inspecciones rutinarias en campo (López y Ovando, 1985)

Como consecuencia de la acción de algunos herbicidas, los cultivos sufren alteraciones anatómicas, morfológicas, fisiológicas y de composición química más o menos profundas; las anomalías que se observan están directamente relacionadas con el herbicida usado, la dosis aplicada, la especie vegetal, estado de desarrollo y condiciones ambientales. Los efectos provocados por estos productos pueden ser observados en todos los órganos de la planta, es decir, raíz, tallo, hoja, flor, fruto y semilla (Marsico, 1980).

INEGI (2000) menciona que el frijol es considerado uno de los dos principales cultivos en México, con una superficie sembrada de 2'376,000 Ha a nivel nacional (el otro es el maíz), y con un volumen de producción de 1'261,000 Ton, lo que representó el 19.3% del valor de la producción de granos básicos en 1999. Si la producción de su semilla cuenta con la opción de usar herbicidas en campo, se hace necesario evaluar el efecto de dichos productos que, al estar en íntimo contacto con la planta del frijol en el momento de su aplicación, es posible que se vea afectada la calidad física y fisiológica de su semilla. Por lo tanto, el objetivo y las hipótesis planteadas son los siguientes:

1.2. Objetivo

Evaluar si la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol se ve afectada por la aplicación de diferentes herbicidas y dosis empleadas en el proceso de producción de semilla.

1.3. Hipótesis

- a) Los herbicidas aplicados a diferentes dosis durante la producción de semilla afectan la calidad física de la semilla de frijol.

- b) Los herbicidas aplicados a diferentes dosis durante la producción de semilla afectan la calidad fisiológica de la semilla de frijol.

Capítulo 2.

Revisión Bibliográfica

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descripción taxonómica y características de la planta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

El frijol, *Phaseolus vulgaris* L., es originario de América y tiene como centro de diversificación primaria el área México-Guatemala, por lo cual se considera a ésta como su centro de origen. Su ciclo biológico es anual, fluctuando entre tres y nueve meses, con cuatro hábitos de crecimiento: a) determinado arbustivo (tipo I), b) indeterminado arbustivo (tipo II), c) indeterminado postrado (tipo III) y, d) indeterminado trepador (tipo IV).

La especie *Phaseolus vulgaris* L. es fanerógama, angiosperma y uicotiledónea. Perteneció al orden rosales, a la familia leguminosae (plantas con ovario súpero, dialicarpelares con hojas alternas y opuestas, y raíces con nódulos de bacterias del género *Rhizobium*); subfamilia Papilionoidea (flores cigomórficas con corola en forma amariposada); tribu Phaseolae (plantas con diez estambres, de los cuales nueve están soldados y uno libre llamado vexilar, diadelfos); subtribu Phaseolinas (plantas con hojas trifoliadas); género *Phaseolus* y a la especie vulgaris a la que pertenece el 90% de las variedades cultivadas en México (Fernández et al, 1983).

Botánicamente una semilla es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutritivo, protegido por episperma. Agronómica y comercialmente, se conoce como semilla a toda clase de granos, fruto y estructuras más complejas (unidad semilla), que se emplean en las siembras agrícolas (Moreno, 1996).

La semilla proviene de un óvulo campilótropo, carece de endospermo y consta de testa y embrión. El embrión proviene del cigote y consta de eje primario y divergencias laterales. El eje primario lo forma el tallo joven, el hipocótilo y la

radícula; el tallo es milimétrico y consta de tres o cuatro nudos; el hipocótilo es la zona de transición entre las estructuras típicas del tallo y la raíz; la radícula es la raíz en miniatura. Las divergencias laterales están constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas; los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos y proteínas, y constituyen la principal parte aprovechable de la semilla. El segundo par de hojas simples y primer par de hojas verdaderas se distinguen en el embrión y surgen en el segundo nudo del tallo.

El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radícula orientada hacia el micrópilo y la plúmula hacia el interior de la semilla. Con base en materia seca, la testa representa el 9% del peso total de la semilla, los cotiledones el 90% y el embrión el 1%.

La semilla se une a la placenta a través del funículo, el cual deja una cicatriz denominada hilio o hiliium; a un lado del hiliium se localiza el micrópilo y al otro lado el rafe. La semilla de frijol presenta una alta variación en tamaño, color y forma dando origen así a numerosas variedades solamente por estas características (Lepiz et al, 1983).

El proceso de germinación de una semilla ocurre por la absorción de agua (imbibición), la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. Una consecuencia de los procesos metabólicos que desencadena la imbibición es la iniciación de la reactivación del metabolismo celular, en donde se implica la acción de múltiples vías metabólicas que conducen fundamentalmente a la degradación de las distintas macromoléculas de reserva alimenticia. Otro proceso de la germinación está dado por los productos de la hidrólisis de las reservas de la semilla, una vez que llegaron a las zonas de crecimiento del embrión, son utilizadas para propiciar el crecimiento a nivel celular y la diferenciación de las células, para que posteriormente se coordinen estos eventos y conduzcan a la morfogénesis de la radícula (Grajales, 2001).

La radícula es la primera parte del embrión que atraviesa el pericarpio o testa, se desarrolla con rapidez hasta convertirse en una raíz que debe fijarse firmemente a fin de que la plántula logre apoyo suficiente para abrirse camino hacia la superficie. Poco después de que la radícula ha empezado a alargarse se forman las raíces laterales y, a menudo, dentro de los cuatro o cinco días posteriores a la siembra, aparecen en ella los pelos radiculares. Estos configuran la principal superficie de absorción del sistema radicular, son de tamaño muy reducido y vida corta; se les podría describir como extensiones tubulares de células epidérmicas aisladas. Se originan en la posición de crecimiento activo de la raíz, exactamente detrás del punto de crecimiento (Scott y Aldrich, 1980).

2.2 Calidad física de las semillas.

Este componente está formado por varios factores importantes de calidad, los cuales son:

2.2.1 pureza analítica. Se refiere a la conformación física de un lote de semillas, con base en la depuración de sus componentes, tomando como parámetros cuantitativos y cualitativos: color, olor, contenido de materia inerte, daño por plagas y enfermedades, que son perceptibles a simple vista.

a) *Color.* Característica física propia de cada especie o variedad. Cualquier alteración deberá considerarse como un reflejo negativo de la calidad.

b) *Olor.* Característica física propia de algunas semillas (oleaginosas y amiláceas); cualquier alteración negativa como la humedad, ocasiona el desprendimiento de olores rancinos o alcohólicos.

c) *Materia inerte.* Incluye semillas dañadas, semillas de hierbas y otros cultivos, así como otro material extraño que no sea semilla.

d) *Daño por plagas y enfermedades.* Los daños ocasionados en el embrión y en los cotiledones de la semilla son irreversibles, demeritando su calidad fisiológica y física (García, 1981).

e) *El contenido de humedad.* Es un factor de importancia que interviene en la calidad de la semilla de frijol, sobre todo al momento de su almacenamiento, ya que la viabilidad de la misma no se verá afectada si se mantienen rangos entre el 8% y 14% de humedad (García, 1981). El agua contenida en las semillas se ha clasificado en tres categorías: i) agua de absorción la que se encuentra en los espacios intragranulares y en los poros del tejido vegetal, mantenida por fuerzas capilares; ii) agua de adsorción, la que se encuentra ligada al material por atracción molecular y por lo tanto más estrechamente unida que el agua de absorción y; iii) agua de composición, que está químicamente unida a los elementos constitutivos de las semillas.

Al determinar el contenido de humedad por métodos que remueven el agua, como los secados en la estufa, el agua de absorción y adsorción se eliminan fácilmente y se les considera como agua libre; sin embargo, hay que tomar en cuenta que con estos métodos también se remueve parte del agua de composición, dependiendo de la temperatura y del periodo de secado utilizado (Moreno, 1996).

2.2.2 Peso y tamaño de semilla. Si las semillas son nuevas y han estado bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, tanto las de tamaño grande como las chicas de un lote, pueden mostrar la misma capacidad germinativa (Osorio, 1989).

Las semillas chicas muestran las siguientes cualidades : a) se encuentran en estado fisiológico menos reprimido que las más grandes y maduras; b) muestran mayor concentración de reservas nutritivas solubles como aminoácidos libres, azúcares simples, etc. que son sustancias osmóticas, es decir, que crean una disminución en el potencial hídrico y esa semilla puede tomar agua a mayor velocidad que una más grande; c) la semilla pequeña, cuando se pone en un sustrato húmedo, muestra mayor área superficial en contacto con el sustrato en posición a su volumen total que una semilla más grande.

Por otro lado, si la semilla ha estado expuesta a factores deteriorantes de tiempo prolongado y almacenamiento, se notará que las semillas pequeñas pierden vigor y

poder germinativo más rápido que las semillas grandes y pesadas, lo cual indica que la calidad de las semillas está en proporción al tamaño y peso de las mismas (Garay, 1980).

Las semillas grandes y pesadas producirán plántulas más grandes, gruesas y vigorosas y su velocidad de crecimiento (incremento de tamaño de raíz y/o plúmula por unidad de tiempo; incremento de peso seco y fresco de la plántula) se comportarán de igual forma (Sing y Makne, 1985).

El mayor vigor de las semillas grandes y pesadas en comparación con las pequeñas y livianas está basado en la cantidad de reservas nutritivas. A medida que el tamaño de la semilla es más grande se observa que las reservas de carbohidratos (azúcares solubles, almidón, amilopéctinas, etc.); las reservas nitrogenadas (aminoácidos libres, amidas, péptido, proteínas, alcaloides, bases nitrogenadas); los ácidos grasos; los elementos minerales y otras reservas, aumentan cualquiera que sea su concentración. La cantidad absoluta de ellas (g/semilla) aumenta a medida que aumenta el tamaño de la semilla, esto entonces es reflejo de mayor vigor (Garay, 1980).

En el cultivo de cebada se encontró correlación positiva entre el peso de semilla y vigor de plántula (peso seco), con actividad bioquímica mitocondrial. Esto muestra que plántulas derivadas de semillas pesadas presentan un mayor vigor, debido tanto a una mayor cantidad de proteína mitocondrial, como a una alta tasa respiratoria y a una mayor cantidad de energía (ATP), que plántulas derivadas de semillas ligeras de la misma línea (Mc Daniel, 1969).

Trabajando con semilla de lechuga se estableció que el peso afecta directamente el vigor, más que el ancho o la densidad de la semilla (Smith, et al, 1973).

Una plántula vigorosa de maíz es aquella que proviene de semillas de tamaño grande, que tiene una mayor longitud de hoja primaria y mayor peso seco en el menor tiempo, siendo este último parámetro el más aceptado para medir el vigor de plántula (Virgen, 1983).

2.3 Calidad fisiológica de la semilla de frijol *Phaseolus vulgaris* L.

La calidad fisiológica se refiere a la alta capacidad de germinación, al vigor y a la viabilidad de la misma, para establecer nuevos individuos bajo las diversas condiciones ambientales que se presentan en el campo de producción.

2.3.1 Germinación. Se define a la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (INSPV, 1976; Grajales, 2001).

El porcentaje de germinación indica la proporción en número de las semillas que han producido plántulas clasificadas como normales bajo las condiciones óptimas y dentro del periodo especificado para cada caso particular.

A continuación se definen las características que determinan a una plántula normal o anormal de frijol:

- a) *Plántulas normales.* Son aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, en suelo de buena calidad y libre de organismos patógenos, plántulas normales bajo condiciones naturales de agua, luz y temperatura. Cuando la prueba de germinación haya sido en sustrato artificial, se consideran plántulas normales de frijol a aquellas que presenten las siguientes estructuras esenciales:
- Raíz vigorosa o un conjunto de raíces secundarias, suficientes para sostener la

plántula cuando esté desarrollándose en el suelo o arena.

- Hipocótilo. Para considerarlo normal, debe tener al menos las siguientes características: i) más o menos bien desarrollado, sin lesiones abiertas que se extiendan hasta el tejido conductor central; ii) hendiduras cicatrizadas, algunas veces llamadas "rodillas" y; iii) raíz e hipocótilo torcido o en espiral, contenidos dentro de una cubierta dura de la semilla.
- Por lo menos un cotiledón completo o dos cotiledones rotos, con la mitad o más del tejido del cotiledón adherido a la plántula. Esto se interpreta de la siguiente manera: los dos cotiledones deben tener un área combinada que es equivalente a uno de los cotiledones originales.
- Epicótilo con una o dos hojas primarias y la yema terminal intacta. Cuando se encuentran algunas plántulas total o parcialmente dañadas del epicótilo, pueden clasificarse como normales, siempre que el hipocótilo y la raíz sean normales.

b) *Plántulas anormales*. En *Phaseolus vulgaris*, se les considera plántulas anormales a aquellas que reúnen las siguientes características:

- Sin raíz primaria, ni un conjunto de raíces secundarias bien desarrolladas.
- Hipocótilo. Para considerarlo normal, debe tener las siguientes características: i) con hendiduras profundas que llegan hasta el tejido conductor o, ii) malformado, demasiado corto, engosado o enrollado. –
- Con un cotiledón o ambos rotos y con menos de la mitad de tejido del cotiledón adherido.
- Epicótilo. i) Sin hojas primarias o yema terminal, ii) sin hojas primarias, pero con yema terminal, iii) sin hojas primarias, pero con yema terminal presente y yemas axilares en una o ambas axilas de los cotiledones, iv) hojas primarias muy pequeñas y pálidas (Moreno, 1996).

2.3.2. Pruebas para evaluar germinación en semilla de frijol. Actualmente, las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas. La prueba de germinación se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas de frijol.

En una prueba de germinación, la semilla se coloca bajo condiciones controladas muy precisas, consideradas como óptimas para las semillas que se están analizando durante determinados periodos de tiempo. Las asociaciones de analistas de semillas han dedicado mucho tiempo para identificar el sustrato, la temperatura, luz, humedad y métodos de laboratorio que puedan proporcionar la máxima germinación de casi todas las semillas. También se han establecido criterios para evaluar las plántulas al final de un periodo específico y así determinar si poseen las estructuras necesarias para producir plántulas normales (Sayers, 1982; Moreno, 1996).

2.3.3. Vigor. Para vigor no existe una definición que unifique los criterios de los diversos autores, ya que se tiene diferente percepción respecto a este factor, sin embargo, entre las más aceptadas se mencionan las siguientes:

- El vigor de las semillas se define como la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de un lote de éstas durante su germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que se comportan favorablemente se llaman de alto vigor y las que se comportan pobremente son denominadas de bajo vigor (Perry, 1978; Moreno, 1996).

Esta definición engloba aquellos procesos que directamente han sido relacionados con las diferencias en el vigor de las semillas; éstos son:

- Proceso y reacciones bioquímicas durante la germinación, tales como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria.
- Velocidad y uniformidad de la emergencia de las plántulas en el campo.
- Capacidad de emergencia de las plántulas bajo condiciones desfavorables del medio ambiente.

Entre las causas de la variabilidad del vigor de la semilla, se citan las siguientes: Genotipo; medio ambiente y nutrición de la planta madre; estado de madurez al

momento de la cosecha, tamaño, peso y peso volumétrico; daño físico; deterioro y envejecimiento y presencia de patógenos (Perry, 1978).

Por otro lado, se dice que el vigor es la suma de todas las propiedades de la semilla que resultan en una rápida y uniforme producción de cogollos sanos bajo una amplia gama de ambientes, incluyendo condiciones favorables y desfavorables (Hunter, 1971).

Copeland (1976) y Villaseñor (1984) coinciden en que el vigor es aquella condición activa y sana de la semilla que les permite una germinación uniforme y un rápido crecimiento de plántulas bajo diversas condiciones ambientales y la producción de mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo posible.

a) *Factores que determinan el vigor de las semillas.* El vigor es altamente complejo y en él interactúan los factores endógenos, entre los que se incluyen, la energía y el metabolismo biosintético, la coordinación de las actividades celulares, el transporte y utilización de sustancias de reserva. Además, se considera que el vigor es una característica genética de la planta expresada en la semilla y que se ve afectada por condiciones exógenas como la nutrición de la planta madre, daños durante el procesamiento y deterioro en el almacenaje, incluyendo ataque de plagas y enfermedades (Godínez, 1988).

El genotipo determina parcialmente el vigor de la semilla y existe diferencia de vigor entre especies, variedades e incluso dentro de una misma variedad (Copeland, 1976).

El punto de madurez fisiológica normalmente coincide con el máximo poder germinativo y máximo vigor de la semilla, características que variarán según las condiciones ambientales durante el desarrollo de la planta y maduración de la semilla (Harrington, 1972).

La prueba de peso seco de plántulas en la evaluación de vigor de semillas de maíz se consideró superior a la prueba por longitud. Asimismo, se observó que el tamaño

de semilla no fue determinante para el porcentaje de germinación, pero sí el vigor expresado en peso seco de plántulas (Osorio, 1987).

Existe correlación positiva entre semillas de mayor tamaño de un lote y un mayor vigor expresado en el parámetro de peso seco (Morales, 1989).

b) *Pruebas para evaluar vigor.* El objetivo fundamental de las pruebas de vigor es establecer el nivel de calidad entre lotes de semillas y poder diferenciar y seleccionar los genotipos más vigorosos (Moreno, 1996).

De manera general, las pruebas para evaluar vigor se pueden dividir en dos grandes grupos:

i) pruebas directas las que se caracterizan porque la evaluación se hace una vez que la semilla ha germinado, dándole condiciones favorables de germinación, en unos casos o condiciones desfavorables para otros. Estas pruebas pueden ser realizadas bajo condiciones de campo, invernadero o laboratorio. Entre las más comunes de este tipo se tienen las siguientes:

- Prueba de frío
- Prueba de crecimiento de plántulas
- Prueba de velocidad de crecimiento y peso de plántulas
- Prueba de velocidad de germinación
- Prueba de primer recuento de emergencia
- Prueba de envejecimiento acelerado
- Prueba de ladrillo molido

ii) Pruebas indirectas. Estas pruebas son más sofisticadas que las directas, ya que por lo general requieren de aparatos especializados o sustancias que no fácilmente se consiguen. El nombre de indirectas se debe a que la evaluación de vigor se aplica sobre la semilla, antes de que inicie la germinación; las más comunes son las siguientes :

- Prueba de tetrazolium
- Prueba de la tasa de respiración
- Prueba de la actividad del ácido glutámico descarboxilasa (GADA)

- Prueba de conductividad eléctrica
- Prueba de cambios en la permeabilidad.

2.3.4 Viabilidad. El término viabilidad de las semillas se puede definir sencillamente como el grado en que una semilla está viva, con un metabolismo fisiológico basal, capaz de acelerarse una vez iniciados los eventos de la germinación. En este sentido la semilla puede contener tejido vivo y tejido muerto (Grajales, 2001).

Para determinar la viabilidad es necesario realizar un ensayo bioquímico donde la presencia de los procesos de reducción que tienen lugar en las células vivas se hacen visibles por la reducción de un indicador. El indicador empleado es una solución incolora de una sal de tetrazolio que es embebida por la semilla. Esta solución penetra en los tejidos de la semilla y en los procesos de reducción de las células vivas, y toma el hidrógeno liberado por las deshidrogenasas. Por hidrogenación del cloruro o bromuro de 2,3,5-trifenil-tetrazolio se forma, en las células vivas, una sustancia roja estable y no difusible, el trifeníl-formazan. Al colocar las semillas en la solución de cloruro de tetrazolio, se pueden distinguir las partes vivas de la semilla, que se colorean en rojo, de las partes muertas no coloreadas. Además de las semillas que son viables completamente coloreadas y de aquellas que están muertas, sin colorear, pueden aparecer semillas parcialmente coloreadas, encontrándose diversas proporciones de tejido necrótico en diferentes zonas de estas semillas parcialmente teñidas.

La localización y el tamaño de las superficies necróticas en el embrión y/o el endospermo y no la intensidad de la coloración, determinan si tales semillas deben clasificarse como viables o no viables. Las diferencias de color se consideran decisivas principalmente porque permiten el reconocimiento y la localización del tejido sano, débil y muerto (Moreno, 1996).

2.4 Características de los herbicidas empleados

El Fomesafen al igual que el Aciflourfen forman parte del grupo denominado difeniléteres. Los herbicidas de este grupo se han empleado en el control de malezas de diversos cultivos, tanto en preemergencia como en postemergencia, su acción es por contacto, son absorbidos por hojas y raíces y son poco traslocados (Anónimo, 1983).

El Fluazifop-Butil pertenece al grupo de los piridílicos, cuyas características principales es que son productos que actúan interfiriendo en la utilización de la energía procedente del rompimiento de las moléculas de agua en la fotosíntesis; su aplicación es variable; en general actúan mejor en postemergencia (Rojas, 1984).

2.4.1 Estructura química y propiedades físicas de los herbicidas

Fomesafen.

- Nombre químico: 5- (cloro - 4 - (trifluorometil) fenoxil)-n-metil sulfonil-2-nitrobenzamida.
- Nombre común: fomesafen
- Nombre del producto: flex
- Número de código: pp021
- Fórmula molecular: C₁₅ H₁₀ ClF₃ N₂ O₆ S
- Peso molecular: 438.5
- Aspecto: sólido cristalino blanco
- Punto de fusión: 220 – 221°C
- Densidad: 1.28 g/cm a 20°C
- Estabilidad: estable durante más de 6 meses a 50°C
- Solubilidad: la solubilidad en agua depende del pH menor a 10 ppm, soluble en gran variedad de disolventes orgánicos
- Aspectos del producto comercial.
- Aspecto: líquido, límpido de color amarillo claro
- Punto de inflamación: No combustible
- Ph : 7.0
- Estabilidad: Estable hasta dos años a 25°C
- Estable hasta un año a 37°C

- Estable 6 meses a 50°C
- Cantidad de i.a./L: 250 g.
- Toxicología:

Toxicología		
Animal	Vía de administración	DL50 (mg/kg)
rata macho	oral	1250 a 2000
rata hembra	oral	1600
conejo macho	dermal	1000
conejo hembra	dermal	1000

- Absorción: Es absorbido tanto por las hojas como por las raíces de la planta. El compuesto no se transloca bien en el floema, en el xilema la translocación es muy variable de acuerdo con las especies y el estado de crecimiento de éstas. Por estas razones no se considera que el Fomesafen sea un herbicida de acción sistémica.
- Modo de acción: La fotosíntesis es alterada por la generación de radicales superóxido en los cloroplastos. La tolerancia de la soya se debe a su capacidad de romper rápidamente el enlace de éter-difenílico del Fomesafen para formar metabolitos inactivos.
- Sintomatología: Después de la aplicación foliar en las especies sensibles, aparece necrosis foliar, provocando desecación y finalmente la muerte de la planta. Aunque la soya es resistente a dosis de Fomesafen mucho más altas de las que se necesitan para el control de las malezas, cierto grado de moleado, deformación y arrugamiento transitorio pueden presentarse. Estos síntomas se observan en altas dosis.
- Usos: Es más eficaz en aplicaciones de postemergencia para malezas de hoja ancha. En preemergencia se requieren dosis más elevadas. La efectividad del fomesafen está en función del estado de crecimiento y de la especie de maleza que se trate. Se recomienda aplicarse cuando haya de dos a tres hojas en la maleza y que se encuentre en crecimiento activo, cuando no esté en situación de estrés al momento de la aplicación. Por ser un herbicida de contacto se debe cubrir la mayor área foliar posible con el producto. Dosis de más de 0.5 kg de i.a./Ha pueden presentar peligro para sorgo y maíz si éstos se siembran en menos de seis meses posteriores a su aplicación.
- Comportamiento en el suelo: Fomesafen se degrada despacio en el suelo en condiciones aerobias (vida media de 6 meses). En condiciones anaerobias se degrada más rápido, en menos de un mes. No se acumula en niveles inferiores del suelo; la

mayor parte de los residuos están presentes en los primeros 15 cm superiores del suelo (Anónimo, 1983).

Acifluorfen.

- Nombre químico: 2 cloro , 4 tri fluorometil fenoxi nitrobenzoato sódico
- Nombre común: acifluorfen
- Nombre del producto: blazer o takle
- Nombre código: fh6201
- Fórmula molecular: $C_{14}H_6ClF_3NO_3Na$
- Peso molecular: 383
- Aspecto: sólido cristalino, oscuro
- Punto de fusión: 250°C
- Solubilidad: El i.a. es soluble en agua, en acetona. Prácticamente inodoro.
- Formulación: solución acuosa al 22%
- Cantidad de i.a./l: 224g.
- Toxicología :

Toxicología		
animal	via de administración	DI50 (mg/kg)
rata	Oral aguda	3300
conejo	Dermal	5000
rata	Inhalación (4 hr.)	14.56mg/l aire

- Absorción: Estudios realizados con C14 indican que sólo el 1% de acifluorfen es traslocado por las plantas, aunque este porcentaje puede aumentar bajo condiciones ambientales no identificadas plenamente. Por estas condiciones, acifluorfen se considera herbicida de contacto, aunque puede ser absorbido por raíz actuando como preemergente; se requieren dosis muy altas.
- Modo de acción: Su acción es favorecida por la luz y las altas temperaturas se ha encontrado que con base en un proceso fisiológico, la soya se destoxifica transformado a acifluorfen en metabolitos no tóxicos, lo que no sucede en las plantas susceptibles.
- Sintomatología: Los síntomas y la rapidez de acción varían de una especie a otra, pero en general en todas las malezas pueden observarse áreas cloróticas con apariencia acuosa que indica rompimiento de células, después de 4 a 8 h de la aplicación. Éstas se secan rápidamente formando marchas de diferentes colores (negras, cafés, blancas) según la especie.

- Usos: Se recomienda que se use cuando la maleza de hoja ancha tengan de 2 a 6 hojas y gramíneas de 1 a 2 hojas. La efectividad de acifluofen está en función de que se logre una buena cobertura de la maleza, exista humedad relativa mayor al 60%, humedad del suelo apropiada para el crecimiento de la maleza y exista luminosidad. Se emplea en cultivos de soya y cacahuete y en frijol.
- Comportamiento en el suelo: Se absorbe en suelos ricos en materia orgánica. La humedad del suelo favorece la actividad del herbicida cuando se aplica como preemergente (Marsico, 1980).

Fluazifop-butil

- Nombre químico: Propionato de Butil 2-4 (5- Trifluorometil-2 Piridilixi) Fenoxi.
- Nombre común: Fluazifop-Butil
- Nombre del producto: Fusilade
- Número de código: PP009, IH773b y TF169
- Fórmula molecular: C₁₉ H₂₀ F₃ NO₂
- Peso molecular: 383
- Aspecto: líquido, inodoro de color pajizo claro
- Punto de ebullición: 170°C a 0.5 mm.Hg.
- Densidad: 1.21 g/cm³ a 20°C
- Estabilidad: estable durante 6 meses a 37°C
- Solubilidad: la solubilidad a temperatura ambiente es 2 ppm, el compuesto es completamente miscible en acetona, ciclo hexanona, hexano, metanol, dicloruro de metilo y xileno.
- Cantidad de i.a/ha: 250 g.
- Toxicología :

Toxicología		
animal	via de administración	DI50 (mg/kg)
rata	oral	3328
ratón hembra	oral	1770
ratón macho	oral	1490
rata	intraperitoneal	1761
rata	dermal	6000

- Absorción: Es rápidamente absorbido a través de la superficie de las hojas. Estudios realizados con C¹⁴ demuestran que el producto es transportado por xilema y floema.

- **Modo de acción:** Se acumula en los puntos de crecimiento de las malas hierbas, afectando los tejidos meristemáticos; estudios de laboratorio sugieren que interfieren en la producción de atp.
- **Sintomatología:** a las 48 h después de la aplicación, cesa el crecimiento de las gramíneas tratadas; aproximadamente una semana después, los nudos y puntos de crecimiento empiezan a necrosarse, las hojas jóvenes se amarillean y se secan. La muerte ocurre a las tres o cuatro semanas del tratamiento.
- **Usos:** Es un herbicida selectivo para el control de las gramíneas en cultivos de hoja ancha. Se aplica en postemergencia en malezas que están en crecimiento activo, con la suficiente cantidad de follaje para garantizar una buena absorción, en condiciones de alta humedad en el suelo. Las dosis son menores en zacates anuales y se aumentan para zacates perennes rizomatosos.
- **Comportamiento en el suelo:** se degrada rápidamente en los suelos húmedos en los cuales tiene una vida media de menos de una semana. El producto de degradación principal es el Fluazifop, que tiene una vida media de tres semanas o menos en condiciones de alta humedad. Es más persistente en los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica. Condiciones frías y secas prolongan la persistencia en el suelo, es de poca movilidad (Anónimo, 1988).

2.5 Efecto de plaguicidas foliares sobre la calidad de las semillas.

Los pesticidas de uso común se seleccionan para la seguridad de los cultivos a los que se destinan. Sin embargo, es casi imposible preparar un índice que describa la acción exacta de los pesticidas en las diversas condiciones ambientales, geográficas y culturales en las cuales se utilizarán para el cuidado de un gran número de especies de plantas y sus variedades. Algunos efectos inesperados se presentan sólo después de que el producto se ha empleado durante algún tiempo en una amplia variedad de condiciones. Dichos efectos pueden ser tanto benéficos como perjudiciales (National Academic of Sciences, 1978).

La aplicación de un pesticida sobre la planta origina una serie de interacciones y reacciones que siguen tres procesos:

- Absorción y penetración del plaguicida a través de determinados sitios u órganos de la planta.
- Traslocación o traslado por los tejidos vegetales hasta los lugares donde el plaguicida ejerce su acción fitotóxica.
- Mecanismo de acción, es decir las reacciones específicas que pueden provocar alteraciones serias o muerte de la planta.

La traslocación, movimiento o traslado, está ligado al grado de movilidad del plaguicida, que a la vez puede incrementarse o disminuirse dependiendo de la combinación con sustancias del vegetal, originando compuestos más o menos móviles que el plaguicida solo.

Como consecuencia de la acción de los plaguicidas a nivel celular, las plantas sufren alteraciones anatómicas, morfológicas, fisiológicas y de composición química, más o menos profundas. Las anomalías que se observan están directamente relacionadas con el plaguicida usado, la dosis aplicada, la especie vegetal, estado de desarrollo y condiciones ambientales. Los efectos provocados por estos productos pueden ser observados en todos los órganos del vegetal, es decir: raíz, tallo, hojas, flor, fruto y semilla (Marsico, 1980).

El herbicida Butirac 200 en aplicación postemergente, afecta el frijol causando enchinamiento de las hojas y disminución de tamaño y vigor de la planta (Esqueda y Acosta, 1981).

El tratamiento con D.D.T. sobre frijol, zanahoria, pepino, calabaza, maíz, patatas y tomates con altas concentraciones de este producto produjo raquitismo, deformaciones, clorosis y necrosis. En concentraciones reducidas específicas para cada planta, se estimularon el desarrollo y la floración. Los cultivos de frijol y tomate fueron incrementados en forma notable con la aspersión a los botones con una solución de 50 ppm de B.H.C.

Parathion causó una disminución en la fotosíntesis de frijol. El tejido de empalizada de hojas rociadas con Clordano fue mucho más grueso que el de las hojas rociadas con Parathion. El Parathion y el Disulfoton redujeron la fotosíntesis y la transpiración durante 15 días después de haberse aplicado (NAS, 1978).

En el cultivo de soya de la variedad " Davis " donde se aplicó el herbicida Acifluorfen mostró un efecto de manchado con apariencia de pecas, pero dicho efecto no presentó una disminución en la altura de la soya en comparación con el testigo sin aplicar. La razón por la cual se cree que la aparición de este manchado se manifiesta, es debido a que Acifluorfen requiere que se tenga una humedad relativa alta para desarrollar su acción tóxica a la maleza y selectiva a la soya (López y Ovando, 1985).

La fitotoxicidad producida por el herbicida Fomesafen en la planta del frijol, se manifiesta como necrosis y desecación de las láminas foliares jóvenes, necrosis del ápice y yemas, reducción del crecimiento y malformaciones (hiperplasias) en las hojas. Estos síntomas se manifiestan más a dosis elevadas de 0.75 a 1.0 kg de i.a./ha. Existe diferencia entre variedades a los efectos fitotóxicos. Las variedades más susceptibles fueron "Rosita" y "Canario 101", las tolerantes "Bayo Gordo" y "Amarillo" (Ros, 1986).

Con frecuencia, antes de la maduración de las semillas en la planta madre se emplean pesticidas. Se ha demostrado que tales tratamientos pueden influir sobre el subsecuente porcentaje de germinación de la semilla (NAS, 1978).

Las semillas de plantas de algodón afectadas por 2,4-D germinaron en forma deficiente y las plántulas sobrevivientes presentaron puntas de raíces mal desarrolladas.

El 2,4-D y otros pesticidas se acumulan en las semillas no maduras y son retenidos durante largos períodos de tiempo (NAS, 1978).

En aplicaciones con una serie de mezclas de insecticidas a un cultivo de semilla de remolacha, se encontró una baja viabilidad en una mezcla de D.D.T. y Disulfoton

(NAS, 1978).

Probando los efectos herbicidas del Fomesafen, se encontró que la germinación de trigo y rábano se vio muy levemente afectada. También se encontró que 100 ppm de Fomesafen inhibe el amacollamiento y el desarrollo de raíz en trigo. Asimismo, la síntesis de biomasa en hojas de frijol se inhibió con la aplicación de este herbicida (Devlin y Koszanski, 1988).

En tres variedades de trigo se probaron ocho herbicidas en cinco dosis, la aplicación se efectuó cuando las plantas tenían de tres a seis hojas. Se encontró diferente sensibilidad entre las variedades, en respuesta a los distintos tratamientos. Las respuestas a las dosis y tipos de herbicidas con respecto al vigor de la semilla fueron distintas a aquellos para germinación, según las diferentes variedades de trigo (Odiemah y Gaspar, 1988).

El herbicida Butirac-200 afecta al frijol causando enchinamiento de las hojas y disminución del tamaño y vigor de la planta (Esqueda y Acosta, 1981).

La aplicación de Vitavax-200 no afectó la expresión de algunos indicadores de vigor en ciertos genotipos de maíz: H-129, hembra del H-129, hembra y macho del H-133; pero reduce significativamente el vigor y otras características como: porcentaje de emergencia, velocidad de germinación y altura de planta, y la cruza macho del H-129; por lo cual se concluye que la respuesta ante el tratamiento del Vitavax -200 depende en buena medida del genotipo (Godinez, 1988).

En una evaluación del efecto fitotóxico en frijol de la variedad "Canario 101", con aplicaciones de los herbicidas: Fomesafen, Aciflourfen, Bentazona y Fluazifop-Butil, se observó que en 5 días después de la aplicación de Acifluofen + Fluazifop-Butil hubo un porcentaje de fitotoxicidad del 15 al 40% y con la mezcla de Fomesafen + Fluazifop-Butil el porcentaje de daño fue del 5 al 13%. La aplicación se realizó cuando el cultivo estaba en estado de tercera hoja trifoliada. En tratamientos con Bentazona se reporta una fitotoxicidad del 5%. Los síntomas fitotóxicos desaparecen a los 10 días posteriores a la aplicación con Bentazona y Fomesafen (Velásquez y Flores, 1985).

Capítulo 3.

Materiales y Métodos

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y clima de la localidad

El presente trabajo se dividió en dos etapas: de campo y de laboratorio-invernadero. La primera se llevó a cabo en el rancho " El Tajuelo ", ubicado en el municipio de Tepetzotlán, Estado de México. Y la segunda, en las instalaciones del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), ubicado en Chapingo, Estado de México.

3.1.1 Trabajo de campo. La estación climatológica de Tepetzotlán reporta su localización en las coordenadas 19°43' Latitud Norte y 19°14' Longitud Poniente; con una altitud de 2250 msnm. La temperatura media anual es de 15.7°C, con una mínima de 11.8°C durante el mes de enero y una máxima de 18.3°C en el mes de junio. La precipitación media anual es de 620 mm concentrados en los meses de mayo a septiembre.

La presencia de heladas es frecuente entre los meses de octubre y marzo. Las granizadas caen entre abril y mayo. Ocasionalmente se presentan heladas y granizo durante los meses de verano.

La estación de crecimiento de los cultivos temporales se inicia a mediados del mes de mayo y finaliza en septiembre. Durante estos meses las temperaturas oscilan entre los 15 y 18 °C y la precipitación que se acumula es de unos 500 mm.

El análisis de suelo practicado a las muestras tomadas en el terreno experimental, arrojaron los siguientes resultados: materia orgánica (2.6%), pH (7.2), textura arcillo limosa.

a) *Preparación del terreno.* Consistió de un barbecho a 25 cm de profundidad y un paso de rastra.

b) *Siembra y fertilización.* El material empleado para la siembra fue semilla de frijol variedad "Flor de mayo" con un ciclo vegetativo de 120 días y de 50 a 65 días a la floración, hábito de crecimiento tipo III (indeterminado arbustivo). La siembra se efectuó dentro de las fechas recomendadas para el ciclo primavera-verano.

La distancia entre surcos fue de 0.80 m, la semilla se enterró a una profundidad de 4 a 5 cm, con una distribución de 15 plantas por metro lineal, lo que representó una población de 195,652 plantas/ha.

La fórmula de fertilización empleada fue 40-40-00; usando como fuente de nitrógeno la urea (46%), y como fuente de Fósforo Súper Fosfato de Calcio triple (46%), aplicados al momento de la siembra en su totalidad.

c) *Escaradas.* Se efectuaron dos cultivos: el primero a los 25 días y el segundo a los 45 días después de la siembra, con una cultivadora de vertedera y escardillos.

d) *Aplicación de agroquímicos.* Fue necesario aplicar insecticidas, un bactericida y un fertilizante foliar. Los productos aplicados fueron: Parathion etílico (E-605) a razón de 1l/ha a los 30 días de la siembra, para controlar mosquita blanca, chapulines (varias especies) y conchuela (*Epilachna varivestis*); la otra aplicación se realizó a los 60 días después de la siembra con Parathion metílico (Folidol M-50) en una dosis de 1.5 l/ha para controlar chapulín, además en esta aplicación se mezcló 300 g/ha de tetraciclina (Agrimicin 100) con objeto de controlar brotes de tizón del halo (*Pseudomonas phaseolicola* B.), más 1.0 kg/ha de fertilizante foliar (Imperfol 20-30-10), que es compatible con insecticidas y fungicidas.

e) *Diseño experimental.* El terreno elegido para el establecimiento del experimento en campo presentaba características físicas homogéneas del suelo; sin embargo, existía una pendiente leve en dirección este-oeste del terreno, dirección que también toman los surcos de la parcela, la cual podría actuar como fuente de variación, provocando un gradiente de fertilidad del suelo, razón por la cual se eligió el diseño de bloques completos al azar, ubicando los bloques en una forma perpendicular a la pendiente y con esto tratar de disminuir el error experimental.

El diseño de bloques completos al azar consistió en 13 tratamientos con cuatro repeticiones, haciendo un total de 52 unidades experimentales.

El tamaño de cada unidad experimental fue de 4 x 5m haciendo un total de 20 m². En cada unidad experimental había cinco surcos. Se eliminó un surco a cada lado y en los extremos se eliminaron 0.5m para dar un total de 2.40m x 4.0m, es decir, 9.60m² de parcela útil.

La elección de los niveles empleados en los tratamientos fue con base en la dosis comercial recomendada por el fabricante para cada herbicida, seleccionándose dos subdosis, la dosis comercial y el doble de la dosis comercial para cada producto. Además, se eligió la mezcla de dos herbicidas para conocer el efecto combinado, tal como se aplican usualmente en campo y un tratamiento testigo sin aplicación.

Los tratamientos fueron sorteados al azar y acomodados dentro de cada bloque conforme a su respectiva repetición. El arreglo de los tratamientos en el diseño de bloques completos al azar quedó de la siguiente manera:

Tratamientos	Kg de i.a./ha	Producto comercial
1. Sin aplicación	-----	-----
2. Acifluorfen	0.084	S D C
3. Acifluorfen	0.168	S D C
4. Acifluorfen	0.336	D C
5. Acifluorfen	0.672	2 D C
6. Fomesafen	0.093	S D C
7. Fomesafen	0.186	S D C
8. Fomesafen	0.375	D C
9. Fomesafen	0.750	2 D C
10. Fomesafen + F. Butil	0.093 + 0.093	S D C
11. Fomesafen + F. Butil	0.186 + 0.186	S D C
12. Fomesafen + F. Butil	0.375 + 0.375	D C
13. Fomesafen + F. Butil	0.750 + 0.750	2 D C

S D C = Subdosis comercial

D C = Dosis comercial

2 D C = Doble de la dosis comercial

F. Butil = Fluazifop-Butil

f) *Aplicación de tratamientos.* Se empleó una mochila de mano con boquilla de abanico 8004. Los herbicidas se prepararon para un volumen de 200 l de agua/ha. Se usaron adherentes recomendados para cada herbicida: Fomesafen y Fluazifop-

Butil con Agral al 0.2% volumen/volumen y para Acifluorfen se usó Triton act al 0.25% volumen/volumen.

La aplicación de los diferentes tratamientos fue a los 31 días después de la siembra, cuando el frijol se encontraba en la etapa de tercer hoja trifoliada y la maleza contaba con un tamaño entre tres y siete cm aproximadamente. La mayoría de la maleza se encontraba localizada entre las matas de frijol.

La cosecha se efectuó a los 123 días después de la siembra, arrancando manualmente las matas de la parcela útil de cada tratamiento. Las vainas se pusieron a secar siete días y posteriormente se trilló. La semilla obtenida de la trilla se envasó en bolsas de papel de estraza que previamente se etiquetaron con el número de tratamiento y repetición.

3.1.2 Evaluaciones de laboratorio-invernadero. El laboratorio e invernadero se localizan geográficamente a los 19° 29' latitud norte, 98°53' longitud oeste y 2240 msnm, en el municipio de Texcoco, Estado de México.

a) Calidad Física. Los parámetros evaluados de cada tratamiento con sus cuatro repeticiones fueron los siguientes:

- Peso de 200 semillas. Se utilizó una muestra de 250 gr. de semilla que previamente se homogenizó en un mezclador u homogenizador tipo Boerner y posteriormente se contaron y pesaron las 200 semillas.
- Peso volumétrico. Una vez homogenizada la semilla, se depositó en una balanza de pesada volumétrica con cubo de un litro de capacidad y se registro el peso correspondiente a cada tratamiento.
- Porcentaje de semilla grande, mediana y chica. Se tomo una muestra homogénea de 200g de semilla y se depositó en zarandas con orificio circular de 8, 7 y 5 mm de diámetro que separaron por los respectivos tamaños grande,

mediano y chico. Posteriormente, se pesó la cantidad de cada una de estas y se determinó el porcentaje correspondiente.

- Porcentaje de humedad. Se utilizó un determinador de humedad Steinlite de lectura directa, en el cual se colocó una muestra de 250g de semilla.

b) Calidad Fisiológica

- Viabilidad. Se utilizó una muestra de trabajo de 50 semillas de cada tratamiento y se dividió en dos partes, quedando un testigo con 25, posteriormente se acondicionó la semilla para la prueba, remojando con agua tibia las muestras durante ocho horas y desprendiendo la testa a cada semilla, se separaron los cotiledones, depositándose enseguida en una solución de cloruro de tetrazolio al 1.0%. Después de estar dos horas los cotiledones en contacto con la solución, se hizo la evaluación de viabilidad en base a los criterios señalados por Delouche según lo cita Moreno, 1996, conforme a la coloración que adoptó la semilla después de transcurrido el tiempo indicado y se establecieron los porcentajes correspondientes.
- Germinación. Con una muestra homogénea de 40 semillas por cada repetición de los 13 tratamientos, se realizó la prueba en invernadero. Se sembraron en tierra todas las semillas a una profundidad de 5 cm, posteriormente a los nueve días se sacaron las plántulas y se realizó la evaluación, considerando la clasificación de plántulas normales y anormales descrita por Moreno, 1996 para frijol. El porcentaje se obtuvo al contar las plántulas que correspondieron a cada tipo.
- Vigor. El vigor se determinó con base a la cantidad de materia seca producida por las plántulas. Para lo cual, de cada repetición de los tratamientos se tomaron 20 semillas grandes y 20 semillas chicas las que se sembraron en tierra dentro de un invernadero a dos profundidades (6 y 10cm). A los 15 días después de la siembra, se cosecharon las plántulas, secándose posteriormente en la estufa a una temperatura de 100^o C durante 12 horas y se pesaron en una balanza analítica para determinar el peso seco.

Únicamente para la evaluación de vigor se hizo un arreglo factorial, en donde la variable a determinar fue peso seco de plántulas, con relación a cuatro factores; tamaño de semilla, profundidad de siembra, dosis empleadas y tipo de herbicidas. De esta forma se conoció el efecto de cada factor por separado y sus correspondientes interacciones.

El arreglo factorial quedó de la siguiente manera:

FACTOR	NIVELES	VALORES
Herbicidas	4	0,1,2,3
Dosis	5	0,1,2,3,4
Tamaño de semilla	2	1,2
Profundidad de siembra	2	1,2

3.2 Rendimiento

Para obtener el rendimiento se pesó el total de semilla obtenida por cada parcela útil y se hizo la extrapolación a kg/ha.

3.3 Análisis Estadístico

A fin de establecer si el efecto de los tratamientos sobre las variables analizadas fueron estadísticamente significativos, se realizó el análisis de varianza correspondiente al método de Bloques completos al azar. Posteriormente se hizo la comparación de medias con la prueba Tukey a niveles de significancia de 0.05 y 0.01 respectivamente. Solo para la evaluación de vigor se considero un arreglo factorial.

Capítulo 4. Resultados

4. RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de varianza para nueve de las variables en estudio (el vigor se analizará por separado). En él se observa que existen diferencias significativas para bloques en cuanto al peso volumétrico y los porcentajes de viabilidad y germinación.

En lo que se refiere a tratamientos como fuente de variación, el peso de 200 semillas, los porcentajes de semilla mediana y humedad, así como el rendimiento, fueron las variables que mostraron diferencias significativas estadísticamente.

Los coeficientes de variación oscilaron de 0.85% a 23.72%, siendo este último porcentaje el que corresponde a semilla grande y el primero al peso volumétrico.

Cuadro 1. Cuadrados medios y valores de F calculada obtenidos en los Análisis de Varianza de cada una de las variables involucradas en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Variable	Bloques		Tratamientos		Media	C.v.
	C.M.	F.C.	C.M.	F.C.		
Rendimiento	51511.21	0.97 N.S.	176521.44	3.32 **	1411.74	16.320
% Germinación	80.26	5.38**	18.12	1.21 N.S.	92.78	4.163
% Viabilidad	178.74	12.08**	8.26	0.56 N.S.	91.73	4.193
Peso de 200 semillas	0.73	0.47 N.S.	3.40	2.17*	51.96	2.400
Peso volumétrico	156.8	3.93*	93.82	2.36*	735.34	0.850
% Semilla grande	6.92	0.76 N.S.	17.84	1.96 N.S.	12.71	23.720
% Semilla mediana	3.79	0.67 N.S.	33.11	5.82**	70.84	3.360
% Semilla chica	17.00	2.03 N.S.	12.77	1.52 N.S.	16.43	17.620
% Humedad	0.002	0.16 N.S.	0.03	2.56*	10.48	1.070

*significativo al 0.05

**significativo al 0.01

N.S. no significativo

valores de F1	(0.05)	(0.01)
Bloques	2.86	4.38
Tratamientos	2.03	2.72

Una vez identificadas las variables que en el ANDEVA resultaron con diferencias estadísticas importantes, se realizó la prueba de comparación de medias por el método Tukey con un valor de significancia de 0.05, con la finalidad de establecer cuáles fueron los tratamientos que afectaron a las variables en estudio.

A continuación se muestran los resultados de la comparación de medias, separándolas de acuerdo con los componentes de calidad analizados en este experimento:

- *Peso volumétrico*: No se observaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos utilizados en este ensayo (Cuadro 2), aun cuando el análisis de varianza señala diferencias tanto para bloques como para tratamientos.

Cuadro 2. Comparación de medias para la variable peso volumetrico en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (Kg i.a/ha)	Herbicida	Media (g)	Grupo Comparativo
10	0.093 + 0.093	F + FB	741.93	A
7	0.186	F	740.73	A
11	0.186 + 0.186	F + FB	739.66	A
6	0.093	F	739.32	A
8	0.375	F	737.47	A
4	0.336	A	737.23	A
1	Sin aplicacion	Sin aplicacion	736.15	A
3	0.168	A	735.63	A
5	0.672	A	734.59	A
2	0.084	A	731.74	A
9	0.750	F	729.93	A
12	0.375 + 0.375	F + FB	728.13	A
13	0.750 + 0.750	F + FB	726.93	A

D.M.S.H. = 15.792 F= FOMESAFEN A= ACIFLUORFEN F+FB = FOMESAFEN + FLUAZIFOP - BUTIL

- **Peso de 200 semillas:** En este caso, únicamente el tratamiento con 0.084 Kg i.a/ha de Acifluorfen, afectó el peso de 200 semillas (cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para la variable peso de 200 semillas, en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (kg i.a/ha)	Herbicida	Media (g)	Grupo comparativo
9	0.750	F	53.400	A
8	0.375	F	53.175	AB
6	0.093	F	52.925	AB
3	0.168	A	52.650	AB
10	0.093 + 0.093	F + FB	52.425	AB
11	0.186 + 0.186	F + FB	52.150	AB
7	0.186	F	51.850	AB
13	0.750 + 0.750	F + FB	51.475	AB
5	0.672	A	51.450	AB
1	Sin aplicación	Sin aplicación	51.425	AB
12	0.375 + 0.375	F + FB	51.225	AB
4	0.336	A	51.100	AB
2	0.084	A	50.250	B

D.M.S.H = 3.1335 F= FOMESAFEN A = ACIFLUORFEN F+FB = FOMESAFEN + FLUAZIFOP-BUTIL

- **Porcentaje de semilla mediana:** El tratamiento 5 que corresponde a la aplicación de 0.672 kg de i.a/ha de Acifluorfen, manifestó la menor proporción de este tamaño de semilla, tal como se aprecia en el cuadro 4.

Cuadro 4. Comparación de medias para la variable porcentaje de semilla mediana en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en en campo".

Tratamientos	Dosis (kg i.a/ha)	Herbicida	Media (%)	Grupo Comparativo
5	0.672	A	17.869	A
4	0.336	A	14.900	AB
9	0.750	F	14.550	AB
3	0.168	A	13.294	AB
7	0.186	F	13.025	AB
12	0.375 + 0.375	F + FB	12.725	AB
6	0.093	F	12.294	AB
1	Sin aplicación	Sin aplicación	11.906	AB
8	0.375	F	11.562	AB
13	0.750 + 0.750	F + FB	11.500	AB
10	0.093 + 0.093	F + FB	11.238	AB
11	0.186 + 0.186	F + FB	10.450	AB
2	0.084	A	9.987	B

DMSH= 7.5567

- *Porcentaje de Humedad:* De acuerdo con la comparación de medias, esta variable se ve afectada estadísticamente por el tratamiento número 6, el cual corresponde a la aplicación de Fomesafen en una dosis de 0.093 kg i.a/ha (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para la variable porcentaje de humedad en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (kg i.a/ ha)	Herbicida	Media (%)	Grupo Comparativo
7	0.186	F	10.625	A
8	0.375	F	10.575	A
3	0.168	A	10.550	AB
10	0.093 + 0.093	F + FB	10.525	AB
5	0.672	A	10.525	AB
11	0.186 + 0.186	F + FB	10.525	AB
4	0.336	A	10.500	AB
13	0.750 + 0.750	F + FB	10.500	AB
1	Sin aplicación	Sin aplicación	10.450	AB
2	0.084	A	10.425	AB
12	0.375 + 0.375	F + FB	10.425	AB
9	0.750	F	10.400	AB
6	0.093	F	10.275	B

DMSH= 0.2612

- *Porcentajes de germinación y viabilidad:* Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para bloques en ambas variables, sin embargo, la prueba comparativa de medias no evidenció diferencia estadística en ninguno de los tratamientos empleados en este experimento, tal como puede apreciarse en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Comparación de medias para la variable porcentaje de germinación en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (kg i.a/ha)	Herbicida	Media (%)	Grupo Comparativo
4	0.336	A	96.250	A
8	0.375	F	95.625	A
12	0.375 + 0.375	F + FB	94.375	A
13	0.750 + 0.750	F + FB	93.750	A
11	0.186 + 0.186	F + FB	93.125	A
1	Sin aplicación	Sin aplicación	93.125	A
9	0.750	F	93.125	A
2	0.084	A	93.125	A
3	0.168	A	91.875	A
5	0.672	A	91.875	A
10	0.093 + 0.093	F + FB	91.250	A
7	0.186	F	90.625	A
6	0.093	F	88.125	A

DMSH = 9.677

Cuadro 7. Comparación de medias para la variable porcentaje de viabilidad en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (kg l.a/ha)	Herbicida	Media (%)	Grupo comparativo
1	Sin aplicación	Sin aplicación	94.0	A
2	0.084	A	94.0	A
3	0.168	A	93.5	A
5	0.672	A	92.5	A
11	0.186 + 0.186	F + FB	92.0	A
12	0.375 + 0.375	F + FB	91.5	A
9	0.750	F	91.5	A
13	0.750 + 0.750	F + FB	91.5	A
8	0.375	F	91.0	A
4	0.336	A	91.0	A
6	0.093	F	90.5	A
7	0.186	F	90.0	A
10	0.093 + 0.093	F + FB	89.5	A

DMSH = 9.636

- *Vigor*: El Análisis de Varianza para este parámetro se hizo en función al peso seco de plántulas, mediante un arreglo factorial. El mismo señaló diferencias significativas para las siguientes fuentes de variación: tamaño de semilla, profundidad de siembra, la interacción entre herbicidas y dosis empleadas, así como la que se da entre el tamaño de la semilla y la profundidad a la que se sembró (cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza para evaluar el vigor de la semilla en función al peso seco de plántulas con un arreglo factorial, en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

HERBICIDAS (H)	3	9.249	3.083	2.09	2.60	3.78
DOSIS (D)	4	5.641	1.410	0.96	2.37	3.32
TAMAÑO DE SEMILLA (T)	1	162.592	162.592	110.48**	3.84	6.63
PROF. DE SIEMBRA (P)	1	184.653	184.653	125.47**	3.84	6.63
H x D	5	16.315	3.263	2.22*	2.21	3.02
H x T	3	1.393	0.464	0.32	2.60	3.78
H x P	3	1.316	0.438	0.30	2.60	3.78
D x T	4	1.979	0.494	0.34	2.37	3.32
D x P	4	1.009	0.252	0.17	2.37	3.32
T x P	1	9.467	9.467	6.43*	3.84	6.63
H x D x T	5	3.368	0.673	0.46	2.21	3.02
H x D x P	5	5.500	1.100	0.75	2.21	3.02
H x T x P	3	4.557	1.519	1.03	2.60	3.78
D x T x P	4	3.728	0.932	0.63	2.37	3.32
H x D x T x P	5	1.951	0.390	0.27	2.21	3.02
ERROR	156	229.588	1.471			
TOTAL	207	642.313				

C.V. = 23.042

MEDIA = 5.2649

* = significativo al 0.05

** = significativo al 0.01

- **Rendimiento:** El análisis de varianza en esta variable mostró diferencia altamente significativa (0.01), para tratamientos. Una vez realizada la prueba de comparación de medias, se observó que la dosis más alta de Acifluorfen (0.672 kg l.a/ha) afecta significativamente el rendimiento de semilla de frijol (cuadro 9).

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 9. Comparación de medias para la variable rendimiento en el estudio "Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo".

Tratamiento	Dosis (kg l.a/ha)	Herbicida	Media kg/ha	Grupo comparativo
9	0.750	F	1702.3	A
12	0.375 + 0.375	F + FB	1664.6	A
1	Sin aplicación	Sin aplicación	1598.8	A
11	0.186 + 0.186	F + FB	1514.1	A
13	0.750 + 0.750	F + FB	1504.7	A
6	0.093	F	1465.6	AB
7	0.186	F	1437.2	AB
10	0.093 + 0.093	F + FB	1412.0	AB
8	0.375	F	1341.7	AB
3	0.168	A	1322.7	AB
4	0.336	A	1261.7	AB
2	0.084	A	1215.1	AB
5	0.672	A	912.2	B

DMSH = 577.27

Capítulo 5. Discusión

5. DISCUSIÓN

Con la finalidad de alcanzar el objetivo planteado en este trabajo, se requirió establecer un experimento que permitiera obtener la mayor cantidad de información posible. Debido a la poca información que existe, relativa al efecto de herbicidas aplicados en postemergencia sobre las variables en estudio, no se cuenta con muchos antecedentes que puedan servir de referencia para realizar una comparación con los resultados obtenidos en este experimento.

En general se observó que las plantas de los tratamientos 2, 5, 9 y 12 presentaban una altura menor, además de que los tratamientos 5 y 12 mostraban ciertos puntos necróticos en el follaje de la planta de frijol.

Tratamiento	Dosis (kg i.a./ha)	Herbicida
2	0.084	A
5	0.672	A
9	0.750	F
12	0.375 + 0.375	F + FB

Considerando lo anterior, la discusión de los resultados obtenidos en este experimento es:

5.1 Calidad Física de la Semilla

Con el tratamiento de 0.084 kg i.a./ha de Acifluorfen se observó el menor peso de 200 semillas. Si se considera que también fue con el que se obtuvo el mayor porcentaje de semilla chica, se puede decir que existe una relación directa entre peso y tamaño.

La dosis que manifestó diferencia estadística en estas variables, es menor a la dosis comercial recomendada por el fabricante. Esqueda *et.al* (1981) y La NAS, (1978), señalan que existe decremento de peso en semillas causadas principalmente por

efecto de dosis mayores de plaguicidas. Sin embargo, los resultados de este experimento mostraron que la menor dosis de Acifluorfen empleada en este estudio manifestó el menor peso de 200 semillas, debido posiblemente a la mayor proporción de semillas chica.

Los resultados anteriores tienen relación con el rendimiento, ya que aun cuando este tratamiento no mostró una diferencia estadística significativa, representó el penúltimo valor en este variable.

El tamaño de semilla, aunado a otros factores dentro de un lote de la misma variedad, puede ser un indicativo de la capacidad de vigor que presenten las plántulas que provengan de éstas. Considerando lo que afirman algunos autores (Garay, 1981; Virgen, 1983 y Sing y Makne, 1985), en relación a que las semillas de mayor tamaño producen plantas más vigorosas, lo ideal sería tener lotes con una buena proporción de semilla grande.

En el caso de este experimento, la dosis más alta de Acifluorfen que corresponde a 0.672 kg i.a/ha, manifestó el mayor porcentaje de semilla grande, sin embargo, es donde se obtiene el menor rendimiento y la producción de materia seca de plántulas no indica que sean más vigorosas que el resto de los tratamientos.

En lo que se refiere al porcentaje de semilla mediana, el tratamiento 11 fue el que observó la mayor proporción de este tamaño. Esta variable no se vio afectada por ninguna de las dosis y herbicidas empleados en este trabajo, por lo que se pueden considerar como semillas de buena calidad, tal y como lo señalan Bustamante (1982) y Garay (1980).

Otra de las variables analizadas y que se relacionan con el tamaño de la semilla, es el peso volumétrico, que es un factor considerado para medir la capacidad de almacenaje en una bodega (Bustamante, 1982). En el presente estudio, las variaciones en cuanto a este parámetro no son significativas para ningún

tratamiento, lo que indica que ninguna dosis y herbicida utilizados afectan la cantidad de semilla que puede acomodarse en un espacio determinado.

La humedad, otro factor incluido en la calidad física de la semilla, no mostró diferencias significativas de acuerdo con los resultados obtenidos. De la humedad contenida en la semilla depende en gran medida que el embrión latente se encuentre viable y en buenas condiciones para su posterior germinación (Scott y Aldrich, 1970). Los porcentajes de humedad promedio oscilaron entre 10.2% y 10.6%. Si se considera que la semilla de buena calidad es aquella que no excede el 14.0% y no debe ser inferior a 8.0%, los valores obtenidos, son considerados favorables (Moreno, 1999).

Los resultados anteriores, manifiestan que las dosis altas de Acifluorfen afectan la calidad física y el rendimiento de semilla de frijol de la variedad empleada en este experimento.

5.2 Calidad Fisiológica

Los rangos promedio obtenidos en la prueba para evaluar germinación, estuvieron en el orden del 88.1% a 92.2%. Dichos valores se consideran bastante aceptables en semillas de buena calidad, según Moreno (1999) y Cárdenas (1984).

La prueba de plántulas normales y anormales indicó que en ningún caso la germinación se vio afectada por influencia de los tratamientos. Lo anterior, sugiere que la selectividad de la variedad de frijol utilizada se debe a sus características morfofisiológicas que le permitieron evadir o bien inutilizar las moléculas activas de los herbicidas empleados.

El hecho de que Acifluorfen y Fomesafen sean productos que actúan por contacto, puede indicar que hubo muy poca movilidad de los mismos en la planta y que no llegaron a las zonas reproductivas en cantidad suficiente como para alterar

significativamente a la semilla. Asimismo, el Fluazifop-Butil es un producto selectivo a hoja ancha, que aun cuando es sistémico, resultó inocuo para la evaluación de germinación en frijol "flor de mayo" en las dosis utilizadas.

La viabilidad de las semillas de todos los tratamientos evaluados resulta con valores aceptables para este factor. Los resultados que se apreciaron van desde 89.5% a 94.0%, esto indica que un buen porcentaje de estas semillas es capaz de producir una planta igual a la que le dio origen.

En las dos últimas variables analizadas, se comprueba que la acción de los tratamientos empleados no les afecta considerablemente. La variedad de frijol utilizada puede tener algo que ver, ya que la fitotoxicidad se manifiesta de manera diferente de una variedad a otra, tal como lo establecen Ros, (1984) y Odiemah, (1988). La selectividad puede deberse a la alta capacidad para romper el enlace eter-difenilico de los herbicidas, propiedad que le confieren sus características morfofisiológicas.

El vigor de las semillas expresado en peso seco de plántulas, es una de las pruebas más aceptadas (Osorio, 1989). En este experimento, se deseaba conocer la influencia de cuatro factores: profundidad de siembra; tamaño de semilla, dosis y tipo de herbicidas empleados.

Los resultados obtenidos en el ANDEVA indican que la profundidad y el tamaño de semilla intervienen en la producción de materia seca y por lo tanto, se refleja en el vigor de la planta. La semilla pequeña sembrada a dos profundidades, manifestó menor peso seco de plántulas que las que provenían de semillas grandes. Estos resultados coinciden con lo que apuntan diversos autores (Garay, 1980, Sing y Makne, 1985, Virgen, 1983 y Osorio, 1987), donde señalan que una semilla grande y pesada será más vigorosa, ya que tiene una mayor cantidad de reservas nutritivas y produce plántulas más grandes y gruesas que crecen más rápido.

Aún cuando el análisis de varianza muestra diferencia estadística para la interacción de dosis x herbicidas, la comparación de medias no señalo efecto negativo en el vigor expresado en peso seco. Las diferencias son tan pequeñas que no son significativas estadísticamente.

Respecto a la evaluación de peso seco de plántulas, la semilla chica expresó el menor vigor, de la misma forma que a una mayor profundidad de siembra se interfiere en la producción de materia seca. Por lo que se refiere a los tratamientos aquí utilizados, no se encontró ningún efecto significativo que pudiera alterar el vigor de la semilla de frijol empleada.

Capítulo 6. Conclusiones

6. CONCLUSIONES

1. El rendimiento de semilla sufrió una merma significativa con la aplicación de 0.672 kg i.a/ha de Acifluorfen, apreciándose una diferencia de 790 kg/ha, menos que el valor más alto para este factor.
2. Las variables de calidad que se vieron afectadas por alguno de los tratamientos empleados en este experimento, fueron: peso de 200 semillas y porcentaje de semilla mediana y grande.
3. El tratamiento con 0.084 kg i.a/ha de Acifluorfen, manifestó el menor peso de 200 semillas, así como la menor proporción de semilla grande. Lo anterior, señala una relación directa entre el tamaño y peso de la semilla, factores importantes al momento de calificar un lote de buena calidad.
4. El menor porcentaje de semilla mediana, también se observó con la dosis de 0.672 kg i.a/ha de Acifluorfen, lo cual indica que una mayor proporción de este tamaño de semilla favorece un alto rendimiento.
5. El peso volumétrico y el porcentaje de semilla chica, otras variables involucradas para evaluar la calidad física, no fueron afectadas por las dosis y herbicidas empleados en este experimento.
6. La germinación, viabilidad y vigor no mostraron efectos negativos a ningún tratamiento que pudiera haber alterado la calidad fisiológica de las semillas.
7. El mayor peso seco de plántulas provenientes de semillas grandes manifestaron alto vigor en comparación con las que proceden de semillas pequeñas.
8. A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede considerar que el Fomesafen solo y su mezcla con Fluazifop-Butil resultaron inocuos en las dosis empleadas, no así el Acifluorfen, quien evidenció efectos negativos en algunas variables de los componentes de calidad de la semilla de frijol "flor de mayo".

Bibliografía

Bibliografía

Anónimo, 1983. Plan Protection Division, *Boletín de Datos de FOMESAFEN PP021*. Imperial Chemical Industries (ICI). Inglaterra.

Anónimo, 1988. Plan Protection Division. *Boletín Técnico FUSILADE, Herbicida Sistémico Selectivo de Aplicación Postemergente*. ICI de México S. A. de C. V.

Bustamante, L. 1982. "Semillas, Control y Evaluación de su Calidad". In: *Memoria del curso Actualización sobre Tecnología de Semillas*. CCDTS, UAAAN, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Cárdenas, R. F. 1984. *Clasificación de los Frijoles en México*. Folleto técnico. No. 81. SARH. INIA, México.

Copeland, L. O. 1976. "Seed and Seedling Vigour". In: *Principles of Seed. Science and Technology*. Burgess P. Co. Minnesota. USA.

Devlin, R. M. y Koszanski, Z. K. 1988. *Herbicial Effects of Fomesafen*. Weed Science Society. Cramberry Exp. Sta., Univ. Massachusetts, USA.

Esqueda, E. V., Acosta, N. S. y Duron, P. A. 1981. "Evaluación de Herbicidas en Frijol de Humedad Residual en la Región Central de Veracruz". In: *Memorias del II Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*. Chapingo, México.

Fernández, F., Geps, P. y López, G. M. 1983. "Etapas de Desarrollo de la Planta de Frijol Común". In: *Guía de Estudio*. CIAT. Cali, Colombia.

Garay, A. E. 1980. "Calidad de la Semilla y su Importancia en Productividad". In: *Tercer Curso Internacional de Tecnología de Semillas*. CIAT. Cali, Colombia.

García, G. J. C. 1981. "Control de Calidad en Semillas en Postcosecha". In: *primer Curso Avanzado en Protección y Control de Calidad de Semillas*. Cali, Colombia.

Godínez, R. E. L. 1988. *Efecto del Carboxin en el Vigor de dos Híbridos Simples y Dobles de Maíz*. Tesis Ingeniería Agrícola FES-C UNAM. México.

Grajales, M. O. 2001. *Apuntes de Fisiología Vegetal*. FES - Cuautitlán, Ingeniería Agrícola, UNAM. México.

Harrington, F. J. 1972. "Seed Storage and Longevity". In: Kozłowski (Ed). *Seed Biology V, III*. Academic Press. N. Y. and London.

Hunter, C. 1971. "Seed Quality and Crop Performance". In: *Handbook of Seed Technology*. Missisipi State University.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2000. *Anuario Estadístico*. México.

Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero 1976. *Reglas Internacionales Para Ensayos de Semillas*. Ministerio de Agricultura (DGPA). Madrid, España.

Lepiz, I. R. y Navarro, S. F. J. 1983. *Frijol en el Noroeste de México (Tecnología de Producción)*. SARH, INIA CAEVC. Culiacán, Sinaloa, México.

López, R. H. J. y Ovando, A. J. 1985. "Determinación del Efecto Fitotóxico PP-021, Aciflurfen y Bentazona sobre Diferentes Variedades de Frijol y Soya (*P. vulgaris* y *G. max*) en la Región de Delicias Chihuahua". n : *Memoria del III Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*. Taxco, Guerrero.

Marsico, O. J. V. 1980. *Herbicidas y Fundamentos del Control de Malezas*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina.

Mc. Daniel, R. G. 1969. "Relationship of Seed Weight, Seedling Vigour and Mitochondrial Metabolism in Barley". *Barley Crop Sci.* No. 9.

Morales, R. F. 1989. Efecto del Tamaño de Semilla y Vigor de Plántula sobre Caracteres Agronomicos y Rendimiento en Maíz. Tesis, Ingeniería Agrícola. FES-Cuautitlán UNAM. México.

Moreno, M. E. 1996. *Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas*. Instituto de Biología. UNAM. México.

National Academic of Sciences (NAS) 1978. *Efecto de Plaguicidas en la Fisiología de Frutas y Vegetales*. Ed. Limusa. México.

Odiemah, M.; Gaspar, S. y Atta, M. 1988. "The Influence of Herbicidal Applications on Seed Quality of Winter Weath". In : *Acta Agronómica Hungárica*. Budapest, Hungary.

Osorio, O. M. E. 1987. *Efecto del Tamaño de Semilla y Vigor de Plantula Sobre Caracteres Agronómicos y Rendimiento en Maíz*. Tesis Ingeniería Agrícola. FES-C UNAM. México.

Perry, D. A. 1978. "The Concepts of See Vigour and its Relevance to Seed Production Techniques". In : *Seed Production*. P.D. Hebblethwaite Butterworths. Boston, USA.

Ros T. C. 1986. *Ensayo de Campo Para Evaluar la Fitotoxicidad del Herbicida Fomesafen sobre Siete Variedades de Frijol (P. vulgaris)*. Tesis Ingeniería Agrícola. FES-C UNAM México.

Sayers, R. 1982. "Pruebas de Germinación y Vigor". In : *Memoria del curso Actualización sobre Tecnología de Semillas*. CCDTS. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Scott, W. O. y Aldrich, S. R. 1970. *Modern Soybean Production*. The Farm Quaterly, Cincinnati, Ohio. U.S.A.

Sing, A. R. y Makne, J. G. 1985. "Correlation Studies on Seed Variability and Seedling Vigour in Relation to Seed Size in Sorghum (Sorghum bicolor)". *Seed Sci. and Technol.* No. 13.

Smith, O. E.; Welch, N. C. y McKoy, O. D. 1973. "Studies on Lettuce Seed Quality, II Relationship of Seed Vigour to Emergence, Seedling Weight and Yield". *J. Am. Soc. Hort. Sci.* No. 98.

Velazquez, G.A., Flores, A.F., Vander, M.C. 1985. *Evaluación de Mezclas de Fluazifop-Butil con Acifluorfen, Bentazon y Fomesafen para el Control de Malezas en Frijol en el Valle de Cuautitlán Edo. de México.* Memoria del VI Congreso Nacional de la Maleza. Taxco, Gro. México.

Villaseñor, M. H. 1984. *Factores Genéticos que Determinan el Vigor de Plántulas de Maíz.* Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Virgen, J. J. 1983. *Evaluación de Vigor de Maíz en base a Características de Semillas y Plantulas.* Tesis Ingeniería Agrícola. FES-C UNAM. México.