



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

VIGOR DE SEMILLA CON RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD
DE SIEMBRA Y TAMAÑO DE SEMILLA EN LOS HÍBRIDOS
H-50 Y H-48

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

PEDRO ULISES CONTRERAS URBINA

ASESOR: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO DE MÉX.

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA 28
MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



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

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES
ATN: Q. M. de la Carretera 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:

Vigor de semilla con relación a la profundidad de siembra y
tamaño de semilla en los híbridos H-50 y H-48.

que presenta el pasante: Pedro Ulises Contreras Urbina
con número de cuenta: 9855809-6 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 19 de abril de 2005

PRESIDENTE Ing. Miguel Bayardo Parra

VOCAL Dr. Alejandro Espinosa Calderón

SECRETARIO M.C. Margarita Tadeo Robledo

PRIMER SUPLENTE Ing. Arturo Leodegario Ortiz Cornejo

SEGUNDO SUPLENTE M.C. Ana María Martínez García

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a:

- A Elsa mi esposa por brindarme todo su apoyo y a mi Ceci por ser tan hermosa.

- A mis padres Francisca y Pedro y mis hermanas Tomy, Petry, Monica, Rosy, Gladis, Lilita, Beto, Jorgito, Ivana, Bijan, Kenia, Ulises y Walter.

- A la familia Enriquez Ladinos, Don Ismael, Doña Rosario, Marcela, Ernesto, Maribel, Mario y Andres.

AGRADECIMIENTOS

Mis mas sinceros agradecimientos a:

Asesores:

M.C. Margarita Tadeo Robledo

Dr. Alejandro Espinosa Calderón

Por su paciencia y acertada dirección.

A los Profesores:

Abel Bonfil

Jazmín Cuervo

Oscar Guillen

Por todo su apoyo.

A todos mis compañeros de la carrera de Ingeniería Agrícola Generación 23

A la UNAM por haberme dado la oportunidad de culminar mi formación académica.

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	VI
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. La Semilla.....	4
2.2. El Vigor.....	6
2.3. Tamaño, peso, forma, densidad y profundidad de siembra de la semilla.....	10
2.4. Pruebas para evaluar el vigor.....	14
2.5. Pruebas de vigor basadas en el comportamiento de la germinación.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Ubicación del experimento.....	21
3.2. Material genético.....	21
3.3. Diseño experimental.....	21
3.4. Tratamientos de tamaño de semilla.....	22
3.5. Tratamiento de profundidad de siembra.....	22
3.6. Análisis estadístico.....	22
3.7. Establecimiento de la cama de siembra.....	22
3.8. Siembra.....	22
3.9. Riegos.....	23
3.10. Cosecha de plántulas.....	23
3.11. Parámetros evaluados.....	23
3.11.1. Velocidad de emergencia.....	23
3.11.2. Longitud de plántulas.....	24
3.11.3. Longitud de raíz y plúmula.....	24
3.11.4. Peso fresco de raíz y plúmula.....	24
3.11.5. Materia seca.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5. CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA.....	36

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en el vigor de los híbridos de maíz H-48 y H-50 bajo diferentes profundidades de siembra y tamaño de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.26
- Cuadro 2. Comparación de medias de diversas variables para los híbridos de maíz H-48 y H-50 evaluados bajo dos profundidades de siembra y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.27
- Cuadro 3. Comparación de medias de diversas variables para profundidad de siembra, considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.28
- Cuadro 4. Comparación de medias de diversas variables para tamaño de semilla, considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.29
- Cuadro 5. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 con relación a dos profundidades de siembra y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.30
- Cuadro 6. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de dos tamaños de semilla con relación a los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.31
- Cuadro 7. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de dos tamaños de semilla con relación a los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003p.32
- Cuadro 8. Comparación de medias de diversas variables considerando a los híbridos de maíz H-48 y H-50 con los tratamientos de dos tamaños de semilla y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.p.33

3. Para el factor de variación de tamaño de semilla, a excepción de las variables velocidad de emergencia y longitud de raíz, en las cuales no se presentaron diferencias estadísticas, en el resto de las variables se detectaron diferencias altamente significativas, lo cual señala que el tamaño de semilla influye en la expresión del vigor, medido por las variables manejadas en el estudio.
4. El factor de variación de profundidad de siembra propicia diferencias altamente significativas para las variables velocidad de emergencia, peso seco de raíz, longitud de raíz y longitud de plántula, no así para las otras variables.
5. En el factor de variación relacionado con la profundidad de siembra x genotipos, se detectó diferencia significativa al 0.05 de probabilidad para la variable peso fresco de plántula, en el resto de variables no se presentó significancia estadística.
6. En las otras interacciones evaluadas, es decir tamaño de semilla x profundidad de siembra, tamaño de semilla x genotipos, tamaño de semilla x profundidad de siembra x genotipos en ninguna de las variables se presentaron diferencias significativas, lo cual se debió probablemente a la similitud de los dos híbridos evaluados ya que tienen en común uno de los progenitores.

RESUMEN

Ha sido necesario establecer el vigor de los maíces híbridos H-50 y H-48, así como la relación de este con el tamaño de su semilla, para contar con información útil para recomendar la forma correcta de su siembra. En este trabajo se establecieron como objetivos determinar el vigor de la semilla de los híbridos de maíz H-50 y H-48 con relación a dos diferentes profundidades de siembra de semilla, así como establecer el vigor de semilla de los híbridos de maíz H-50 y H-48 con relación a dos diferentes tamaños de semilla.

El experimento se llevo a cabo en un invernadero con cubierta plástica; utilizándose un diseño de parcelas divididas, para evaluar a los dos híbridos (H-48 y H-50) bajo dos profundidades de siembra y dos tamaños de semilla. Se utilizaron quince repeticiones, contando cada unidad experimental con 20 semillas. Las variables evaluadas para determinar el vigor en los genotipos fueron: velocidad de emergencia (VE), longitud de plúmula 1 (LP1), longitud de plúmula 2 (LP2), longitud de plúmula final (LPF), longitud de raíz (LR), peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso fresco de plúmula (PFP), peso seco de plúmula (PSP) y porcentaje de germinación.

Con base en los objetivos, hipótesis planteados así como los resultados obtenidos en este trabajo se llevo a las siguientes conclusiones:

1. El análisis de varianza y comparación de medias permitió definir que bajo la media de los tratamientos de las dos profundidades de siembra y los dos tamaños de semilla, el híbrido H-48 presentó valores superiores en la mayoría de las variables que definieron el vigor en este estudio con respecto al híbrido H-50.
2. Los híbridos de maíz H-48 y H-50, presentaron para las variables velocidad de emergencia y peso seco de plántula diferencias altamente significativas y para las variables longitud de plántula y longitud de raíz diferencias significativas.

3. Para el factor de variación de tamaño de semilla, a excepción de las variables velocidad de emergencia y longitud de raíz, en las cuales no se presentaron diferencias estadísticas, en el resto de las variables se detectaron diferencias altamente significativas, lo cual señala que el tamaño de semilla influye en la expresión del vigor, medido por las variables manejadas en el estudio.
4. El factor de variación de profundidad de siembra propicia diferencias altamente significativas para las variables velocidad de emergencia, peso seco de raíz, longitud de raíz y longitud de plántula, no así para las otras variables.
5. En el factor de variación relacionado con la profundidad de siembra x genotipos, se detectó diferencia significativa al 0.05 de probabilidad para la variable peso fresco de plántula, en el resto de variables no se presentó significancia estadística.
6. En las otras interacciones evaluadas, es decir tamaño de semilla x profundidad de siembra, tamaño de semilla x genotipos, tamaño de semilla x profundidad de siembra x genotipos en ninguna de las variables se presentaron diferencias significativas, lo cual se debió probablemente a la similitud de los dos híbridos evaluados ya que tienen en común uno de los progenitores.

1. INTRODUCCIÓN

El vigor se ha definido como la suma de los atributos y características que le permiten a la semilla desarrollarse en una plántula y en una planta normal, bajo condiciones desfavorables. Se reconoce que el vigor es necesario en el establecimiento del cultivo en condiciones de escasa humedad, donde generalmente la siembra se hace a mayor profundidad para evitar que se escape la humedad disponible. Un factor importante que influye en alguna medida en el nivel del vigor es el genotipo, por lo que es necesario determinar el nivel de vigor que poseen diferentes variedades e híbridos, también se reconoce en diversas investigaciones que el tamaño de semilla es otro factor que repercute en la expresión del vigor.

Diferentes autores han dado su definición de vigor como es el caso de Kidd y West (citados por Camargo y Vaughan 1973) quienes mencionan que el crecimiento y desarrollo de la semilla está predeterminado por su condición fisiológica de la semilla.

Woodstock (1964) define el vigor como la "actividad, sanidad y robusticidad natural que permite una rápida y buena germinación, así como una buena capacidad competitiva bajo una amplia gama de condiciones ambientales tanto favorables como desfavorables".

Isely (1957) definió al vigor como "la suma de total de todos los atributos de la semilla, los cuales favorecen el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones desfavorables de campo".

Hunter (1971) definió el vigor de la semilla como 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.

Copeland (1976) definió al vigor como la condición activa y sana de la semilla que le permite una germinación uniforme y un rápido crecimiento de la plántula bajo condiciones generales de campo, al ser sembrada.

Perry (1981) definió el vigor como la suma total de todas aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y rendimiento de la semilla durante la germinación.

El vigor en las semillas es una herramienta que permite evaluar la calidad de la semilla de un lote, y de esta forma conocer en que condiciones esta la semilla y el comportamiento que esta pueda tener en campo, varios autores han mencionado la importancia que tiene el hacer esta prueba.

Villaseñor (1984) considera al vigor como un factor importante dentro del análisis de la calidad de semilla, siendo usado como un carácter que permita la selección de materiales para mejorar el vigor en plántulas y posiblemente el rendimiento.

Gomez (1993), cita a Milton (1981) considera que la diferencia de vigor en la semilla durante la emergencia, cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas, puede traducirse posteriormente en baja capacidad de ahijamiento, menor crecimiento, alteración en el ciclo de cultivo y diferencia en el rendimiento entre lotes; y cuando las condiciones son las adecuadas, la diferencia entre lotes se reduce, pero se ha observado que lotes vigorosos presentan germinación mas uniforme, mayor capacidad competitiva y posiblemente algún incremento en el rendimiento.

Para Carver (1980) el objetivo del análisis del vigor en la semilla, es el de complementar la prueba de germinación y de esta forma determinar con mayor precisión el valor de un lote de semillas para la siembra en campo.

Delouch y Cadwell (1962) mencionan la importancia del vigor de la semilla ya que es un factor de calidad que esta estrechamente relacionado con una germinación rápida y uniforme, así como con plántulas más vigorosas que subsecuentemente tendrán mayor capacidad competitiva, esperándose que esta característica se refleje en el rendimiento.

Por lo anterior se considera que sería conveniente establecer el vigor de los maíces híbridos H-50 y H-48, así como la relación de estos con el tamaño de su semilla, para contar con información sobre su establecimiento, que permita recomendar la forma correcta de su siembra.

1.1 OBJETIVOS

1. Determinar el vigor de semilla de los híbridos de maíz H-50 y H-48 con relación a dos diferentes profundidades de siembra de semilla.
2. Definir el vigor de semilla de los híbridos de maíz H-50 y H-48 con relación a dos diferentes tamaños de semilla.

1.2 HIPÓTESIS

1. Los híbridos de maíz H-50 y H-48 presentan vigor de semilla diferente con relación a dos diferentes profundidades de siembra de semilla.
2. Los híbridos de maíz H-50 y H-48 presentan vigor de semilla diferente con relación a dos diferentes tamaños de semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La Semilla

En la agricultura moderna, semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva; una semilla de alta calidad es capaz de desarrollar una rápida y uniforme emergencia en un amplio rango de condiciones ambientales.

La germinación es un parámetro que evalúa la calidad de un lote de semillas; sus resultados son reproducibles y uniformes únicamente bajo condiciones óptimas, las cuales raramente están presentes en campo (temperatura, agua suelo, plagas y enfermedades), por lo que se relacionan muy poco con los encontrados en el campo (Perry, 1981).

Desde el punto de vista fisiológico, el proceso de germinación supone el comienzo de una secuencia de eventos a los niveles molecular y celular que preceden al crecimiento visible del embrión. Por consiguiente, Bradbeer (1988) añade que la eventual función de la sobrevivencia de la semilla es su germinación, seguido por el desarrollo del embrión dando origen a una planta madura.

La germinación ha demostrado ser un medio sensitivo de la calidad de la semilla. Existen diversos criterios para determinar la germinación de la semilla, como: el rompimiento de la cubierta y la aparición de la radícula, otro es, la curvatura de la radícula producida por el geotropismo de un embrión aislado. Sin embargo, la aparición de la radícula no indica necesariamente que se va a formar una plántula normal, lo que se manifestaría en un establecimiento uniforme; un criterio más cierto, sería cuando la semilla ha consumido todas sus reservas alimenticias disponibles y la plántula sea capaz de sobrevivir independientemente (Web y Wareing citados por Bradbeer, 1988; Odiemah y Gomaa, 1986).

En términos prácticos la germinación es la información más común que tiene el agricultor para evaluar la calidad de la semilla.

La International Seed Testing Association (ISTA) y la Association of Official Seed Analyst (AOSA) en 1954 definieron la germinación en laboratorio como: “La emergencia y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales que por la especie de semilla en cuestión son indicativos de la habilidad de producir una plántula normal bajo condiciones favorables”.

Frank (1950) sugiere que pruebas hechas bajo condiciones óptimas usando sustratos artificiales podrían ser llamadas pruebas de germinación y que si las pruebas fueran conducidas de tal modo que los resultados fueran similares a los obtenidos en el suelo, estas deben ser llamadas pruebas de vigor de plántulas.

Existe abundante información que demuestra las diferencias entre lotes de semillas sometidos a pruebas de germinación en condiciones favorables y en las condiciones de campo, que generalmente son desfavorables. Lo que indica que las pruebas de germinación no son las más adecuadas para evaluar el potencial de las semillas, por lo que la búsqueda de una prueba idónea y apropiada para medir esta respuesta en campo es la más importante (Isely, 1957; Delouche y Cadwell, 1962).

La ISTA (1956) define la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que indican la habilidad de una plántula normal para crecer en condiciones favorables.

La germinación en laboratorio, es una prueba ampliamente reconocida por los agricultores y los vendedores de semilla. Según Copeland y Macdonald (1985), lo anterior se debe a dos factores:

- 1) La germinación se evalúa en condiciones controladas de laboratorio (humedad, temperatura, luz), que muy difícilmente se dan en campo; por consiguiente casi nunca son iguales los resultados obtenidos entre laboratorio y campo.

- 2) La germinación decae con el progresivo deterioro natural de la semilla; las semillas son clasificadas simplemente como germinadas y no germinadas, pero no distingue entre plántulas fuertes y débiles. Estas debilidades son medidas por las pruebas de vigor, que proveen información acerca de la calidad de los lotes de semilla; no revelado por la prueba de germinación normal.

2.2 El Vigor

En 1876, Nobbe reconoció que las propiedades de las semillas individuales, tales como la velocidad de germinación y crecimiento de la plántula, variaron dentro de un lote de semilla, y que, frecuentemente, el promedio de lotes de semilla también difirió. A este fenómeno, al cual llamo Triebkraft (fuerza de penetración), se le han dado una variedad de nombre tales como energía y vitalidad de germinación, predominando en años recientes el termino "vigor de semilla" (Perry, 1981a).

En el congreso de la ISTA, celebrado en 1950, se acordó que las pruebas de germinación deberían establecerse mundialmente en medio inerte, y que cualquier prueba diseñada para producir resultados de una magnitud similar a aquellas afectadas en suelo, deberían llamarse "pruebas de vigor de plántula" (Franck; citado por Perry, 1981a).

En 1957, Isely definió al vigor como "la suma total de todos los atributos de la semilla que favorecen un buen establecimiento bajo condiciones desfavorables de campo"; definición que fue modificada por Delouche y Caldwell en 1960 por la de : " el vigor es la suma de todos los atributos que favorecen un rápido y uniforme establecimiento en el campo", la cual incluye tanto condiciones favorables como desfavorables del suelo, y que además introduce la uniformidad del establecimiento como un factor de calidad (Woodstock, 1973).

De acuerdo con Woodstock, el vigor se define como "aquella condición de buena sanidad y robustecimiento natural activo en las semillas, la cual, en la siembra, permite que la germinación sea rápidamente procesada y completada bajo un amplio rango de condiciones ambientales".

Para Ching (1973), el vigor es el potencial para una germinación rápida y uniforme, así como para un veloz crecimiento de plántula bajo condiciones de campo. Añade que para un agricultor practico o para un tecnólogo de semillas, las semillas vigorosas tienen el potencial para germinar rápida y uniformemente después de la siembra, y las plántulas emergidas tienen la habilidad para crecer vigorosamente bajo condiciones generales de campo, algunas veces relativamente adversas; por lo tanto, el vigor de las semillas involucra dos componentes: la germinación y el crecimiento de la plántula.

McDaniel (1973) afirma que el vigor de las semillas puede generalmente definirse como el comportamiento superior de un genotipo, después del establecimiento, comparado con el mismo genotipo u otros genotipos, bajo condiciones definidas.

Según Bradnock (1975), se considera como vigor, cualquier atributo de la semilla que afecte su habilidad para expresar su potencial en cualquier etapa del ciclo de vida de la planta.

De acuerdo con Hadas (1977), el termino vigor denota la fuerza o energía física activa, el crecimiento vigoroso, la fuerza vital o la fuerza activa de naturaleza vegetativa. Señala que el vigor es una definición cualitativa y un tanto vaga, de las propiedades físicas de la semilla involucradas en su desarrollo sano y normal, las cuales son influenciadas por muchos factores.

Para la AOSA, "el vigor comprende aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo". Esta definición se enfoca hacia lo que hace el vigor, y es considerada por lo tanto como una definición "operacional" (McDonald; citado por Valadez, 1991).

En el congreso de la ISTA realizado en 1950, se constituyó el Comité de Evaluación Bioquímica y de Plántula del Vigor, para definir e investigar la propiedad del vigor de la semilla; sin embargo, fue hasta 1977 cuando este comité emitió la siguiente definición: "el vigor es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla, durante la germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que funcionan bien son denominadas semillas de alto vigor y aquellas que funcionan deficientemente son llamadas semillas de bajo vigor" (Perry, 1981a). Según McDonald (citado por Valadez, 1991), esta es considerada como una definición académica, debido a que discute, identifica y describe el vigor de la semilla, es decir, trata de transmitir que es el vigor.

Ellis y Roberts (1983) mencionan que si se acepta la definición de la ISTA, no es posible medir el vigor por las siguientes razones: 1) no existe una lista de las propiedades mencionadas y no hay forma de saber cuando se ha completado una lista de esta naturaleza; 2) algunas de las propiedades que se afirman son importantes (como la integridad de las membranas, la tasa de germinación y diversos tipos de actividad sintética) se miden con distintas unidades por lo que no pueden sumarse, a no ser que se realice en forma arbitraria; 3) no queda claro lo que significa "actividad" o "comportamiento" de una semilla o lote de semillas; 4) aun en el caso de definirse la actividad y el comportamiento, su expresión dependerá indudablemente de las condiciones ambientales durante la germinación y emergencia de las plántulas, y esas condiciones no se definieron; y, 5) probablemente "emergencia de la plántula" se refiere a la emergencia en el campo, donde no se puede controlar ni predecir el ambiente y solamente puede describirse en forma parcial y por lo tanto solo en forma retrospectiva.

El vigor es uno de los atributos de la calidad fisiológica de las semillas que reviste gran importancia, ya que las reducciones en el vigor normalmente se reflejan en disminuciones en el establecimiento de plántulas en el campo, y consecuentemente, pueden abatir el rendimiento de los cultivos. Hampton y Coolbear (1990) mencionan que lo anterior es sumamente importante para muchos cultivos agrícolas y hortícolas, donde frecuentemente

son recomendadas poblaciones específicas de plantas para maximizar rendimiento y/o calidad.

El valor del concepto vigor de la semilla resulta de su aplicación a la semilla que se siembra en el campo, donde puede emplearse para describir diferencias observadas en el comportamiento de distintos lotes de semillas (Perry, 1983). Cuando los lotes de semilla son de bajo vigor, usualmente hay una correlación buena entre los resultados de la prueba de germinación y la emergencia en el campo; sin embargo, cuando las diferencias en la germinación entre los lotes son bajas y si tienen altos porcentajes de germinación, se requiere una diferenciación más sensible del potencial de establecimiento de la semilla, siendo necesaria en esta circunstancia la evaluación del vigor (Hampton y Coolbear, 1990). Lotes de semilla de alto vigor se establecen mejor bajo condiciones ambientales estresantes del suelo que los de bajo vigor, aun cuando la germinación en el laboratorio entre lotes pueda no ser diferente (ISTA, 1995).

Los efectos más reconocidos del vigor son los relacionados a la emergencia de las plántulas, ya que es de esperarse que la semilla de alto vigor germine en forma más sincronizada y que las plántulas crezcan más rápido y uniforme que las procedentes de las de bajo vigor (Perry, 1983). La emergencia sincronizada es crucial para obtener un cultivo de madurez uniforme, sobre todo donde la operación de cosecha se realiza una sola vez, en tales casos el productor requiere un estimador más preciso de la emergencia en campo que lo que puede proporcionar una prueba de germinación, por lo que alguna forma de evaluación del vigor puede cumplir este requerimiento (Hampton y Coolbear, 1990).

El vigor es importante por que las semillas vigorosas de la misma variedad, a menudo producen más que las semillas de bajo vigor, aunado a esto, debido a su mayor potencial de crecimiento, con las semillas vigorosas se favorecen el establecimiento temprano y son aptas para evitar o tolerar el ataque de microorganismos, insectos y la competencia de malezas. (Ching, 1973).

2.3 Tamaño, peso, forma, densidad y profundidad de siembra de la semilla

Diversos autores citados por McDaniel (1973), coinciden en señalar que el vigor de plántula medido como peso fresco , proteína o función respiratoria, se ha correlacionado positivamente con el peso de la semilla en cebada; la mayor cantidad de mitocondria (proteína) de plántulas producidas de semillas pesadas, fue indicativo del mayor potencial de crecimiento de esas plántulas.

La densidad de la semilla también esta positivamente correlacionada con el vigor de las plántulas y establecimiento de plantas. Tupper et al ., (citados por Copeland, 1976) reportaron que la densidad y el peso de la semilla tienen una fuerte influencia sobre la precocidad en la germinación de semilla de algodón.

Sheih y MacDonald (1982) encontraron que el primer conteo en la prueba de germinación estándar mostró que las semillas pequeñas de maíz germinaron más rápidamente que las semillas grandes, lo que indica que las primeras fueron más vigorosas. Dado que las semillas pequeñas completan el proceso de imbibición más rápidamente que las semillas grandes, esta observación puede deberse a la iniciación temprana de los procesos de la germinación en las semillas pequeñas. Por otra parte, encontraron una diferencia significativa atribuible al tamaño de la semilla para todas las pruebas de vigor, con excepción del conteo final en la germinación y estudios de emergencia en campo, lo cual confirmó que el tamaño de semilla no altera significativamente la emergencia final de campo.

Villaseñor (1984), al utilizar semilla de maíz de diversos genotipos, encontró que el tamaño de semilla dentro de genotipos fue determinante en el mayor consumo y producción de materia seca (vigor), y observo que hubo un efecto materno sobre la mayor expresión del vigor, por lo que recomendó utilizar como hembras las líneas con mayor tamaño de semilla para producir plántulas mas vigorosas.

La FAO (1985) apunta que la semilla grande y pesada suele producir plántulas fuertes, con satisfactorio desarrollo de raíces y tallos, debido a que tienen una mayor reserva de nutrientes y a que en las etapas iniciales de su desarrollo, la joven planta tiene que vivir de las sustancias nutritivas contenidas en la semilla.

Corral (1985), al evaluar genotipos de sorgo y 5 tamaños de semilla en condiciones de laboratorio en una prueba de vigor efectuada a 25° C, encontró una estrecha relación entre el tamaño de la semilla y el vigor de plántula, expresado en términos de materia seca total o en peso seco por plántula; el mayor tamaño de semilla produjo mayor cantidad de materia seca.

Castellanos (1986) encontró que el porcentaje de germinación fue superior en semillas de cebolla provenientes de plantas de bulbo grande.

Marroquín (1986), al estudiar la influencia del contenido de reservas y del tamaño del embrión de la semilla de maíz sobre el vigor de las plántulas, concluyó que las semillas y sus estructuras (embrión y materias de reserva) que presentan los mayores pesos y volúmenes originan plántulas más vigorosas, principalmente en base a peso seco de plántula y de raíz, así como longitud de parte aérea.

Bodnaryk y Lamb (1991) mencionan que el tamaño de la semilla, al favorecer el desarrollo vigoroso de la plántula, mejora su resistencia al ataque de plagas. Para demostrar lo anterior indujeron al ataque de por pulgas sobre plántulas de canola y de mostaza procedentes de semillas de varios tamaños, encontrando que la proporción del área del cotiledón dañada en ambas especies fue más alta para las plántulas desarrolladas de semillas pequeñas. La proporción de plántulas muertas como resultado de la alimentación por el escarabajo fue también mayor en plántulas de semillas pequeñas, llegando al 100 % en canola a densidades altas del organismo plaga (10 por plántula) contra un 28.3 % de plántulas muertas cuando estas procedían de semillas grandes; mientras que en la mostaza, murió el 45.52 % de plántulas procedentes de semillas pequeñas y solo el 9.1 % cuando estas provenían de semillas grandes.

Vieira et al. (1992) encontraron que la semilla de soya producida bajo estrés por humedad o por defoliación, cuya forma fue redonda normal pero de tamaño reducido hasta en un 50 % del tamaño promedio, mostraron altos niveles de germinación y vigor; aunque no señalan cual fue el comportamiento de estas semillas con relación a las del tamaño normal.

Rao (citado por Mian y Nafziger, 1994) considera que la superioridad de las semillas grandes comparadas con las semillas pequeñas es mas pronunciada en casos de siembras profundas o en condiciones ambientales desfavorables durante las etapas tempranas del crecimiento. Al respecto, Mian y Nafziger (1994) evaluaron el efecto del tamaño de la semilla y del potencial hídrico sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de trigo, de donde concluyeron que aunque el efecto del tamaño de semilla sobre el rendimiento de grano dependió en gran medida de las condiciones de crecimiento, se observo que las semillas grandes produjeron plántulas grandes, y que este fenómeno fue relativamente mas pronunciado bajo estrés por sequía que bajo condiciones de buena humedad. Aseveran que un amplio rango de tamaños de semilla en un determinado lote puede de esta manera traducirse en tamaños desuniformes de plántulas, particularmente bajo suministro limitado de agua; el mayor sistema radical de las plántulas procedentes de semillas grandes puede ser utilizado en mantener la disponibilidad de agua ante un suministro limitado de agua en el suelo, especialmente durante el crecimiento temprano, cuando la superficie del suelo frecuentemente se seca, lo que ocurre en el subsuelo.

Orozco et al. (1995) Afirma que las semillas redondas son susceptibles de sufrir en mayor grado daño a nivel del embrión, como consecuencia de la mayor energía cinética que acumulan en los desplazamiento sobre bandas y superficies durante el proceso de beneficio; esta energía afecta directamente al embrión cuando la semilla colisiona con diferentes obstáculos gira sobre si misma, afectando su estado fisiológico.

Milthorpe y Moorby (1982) expresan que entre mayor es la profundidad de siembra, hay menos peligro de que el suelo se seque y es mas uniforme la temperatura a la cual esta

expuesta la semilla, pero la magnitud de crecimiento que se requiere tenga el mesocotilo aumenta y es mayor la desviación de sustancias de reserva para este crecimiento. Por otra parte, afirma que del total de las reservas almacenadas en la semilla, tres veces mas de estas se dirige satisfacer el crecimiento de la raíz que al de la hoja, razón por la cual es mejor considerar tanto el peso seco de la parte aérea como el de la raíz de las plántulas con fines de comparación.

Treviño y García (1984) mencionan que en siembras poco profundas el sistema radical es mas reducido, con sus repercusiones en el abastecimiento de agua y minerales; mientras que en siembras profundas, el sistema radical desarrolla bastante, pero las reservas que requiere el brote para los procesos foto morfológicos se ven reducidas, por lo que se puede decir que en las profundidades intermedias es donde se encuentra el equilibrio entre el desarrollo radical, reflejándose este en un mayor vigor. Demostraron que existe una relación inversa entre el porcentaje de emergencia y la profundidad de siembra, ya que mientras las plántulas que emergieron de profundidades mas superficiales tuvieron menor gasto de energía y como consecuencia se encontraron mas vigorosas al momento de empezar su crecimiento, las que se encontraban a profundidades mayores tuvieron que gastar mas energía o inclusive en ocasiones agotar esta sin lograr emerger.

Maiti y Carrillo (1989) evaluaron 100 genotipos de sorgo por su capacidad para emerger en dos profundidades de siembra (15 cm en bolsas de polietileno bajo invernadero y 10 cm en cama de siembra) midiendo la longitud del mesocotilo y coleoptilo como variables respuesta. Demostraron que la profundidad de siembra juega un papel importante en la emergencia de plántulas de sorgo, y que esto esta relacionado con la longitud del coleoptilo y mesocotilo. Encontraron en primer lugar variación genética para la capacidad de emergencia; en segundo lugar, los genotipos que mostraron habilidad para emerger de la profundidad de siembra de 15 cm tuvieron mesocotilos largos, y mesocotilos cortos los que no lograron emerger. Esto indica claramente que el alargamiento del mesocotilo esta relacionado con la emergencia de la plántula de plantaciones profundas.

2.4 Pruebas para evaluar el vigor

Las pruebas de vigor han sido el mecanismo para medir la habilidad de la semilla para germinar y producir plantas útiles bajo un rango de condiciones de campo que pueden razonablemente ser esperadas por la localización geográfica y la especie cultivada en cuestión (Woodstock, 1973)

Hampton y Coolbear (1990) mencionan que los objetivos de las pruebas de vigor discrepan según su aplicación; pero añaden que algunos de los requerimientos básicos de una prueba de vigor son: 1) proporcionar un índice más sensible de calidad de semillas que la prueba de germinación; 2) proporcionar una jerarquización consistente de los lotes de semilla en términos del potencial de establecimiento; 3) ser objetiva, rápida, simple y económicamente práctica, y 4) ser reproducible e interpretable.

Las pruebas desarrolladas para la evaluación del vigor se han clasificado de diversas maneras. Isely (citado por Copeland y McDonald, 1995) las divide en directas e indirectas; las primeras imitan el ambiente del campo en algún aspecto y miden la habilidad de la semilla para emerger bajo condiciones simuladas de estrés de campo, mientras que las segundas miden componentes fisiológicos específicos de semillas. Woodstock (1973) las clasifica en fisiológicas y bioquímicas; en las primeras incluye aquellas pruebas que miden algunos aspectos de la germinación o del crecimiento de la plántula, en tanto que en las segundas involucra a las que evalúan una reacción química específica, como lo son la actividad enzimática o respiración, las cuales están relacionadas con la germinación de la semilla y, consecuentemente, con su capacidad de vigor.

Bustamante (1995) las agrupa en tres categorías: a) pruebas de crecimiento de plántula (evaluación del crecimiento de plántulas, velocidad de germinación, tasa de crecimiento de plántulas y calificación del vigor de plántulas); b) pruebas de estrés (prueba fría, germinación a baja temperatura, envejecimiento acelerado, deterioración controlada y prueba de Hiltner); c) pruebas bioquímicas (conductividad eléctrica, prueba topográfica de tetrazolio, índice respiratorio, prueba de la actividad del ácido glutámico descarboxilasa).

y prueba del nivel de ATP y carga energética).

Hampton y Coolbear (1990) afirman que la categorización de la prueba de vigor en diferentes grupos es inevitablemente arbitraria, y mencionan que pueden fácilmente distinguirse tres tipos de aproximaciones al problema: 1) pruebas simples basadas en algún aspecto del comportamiento de la germinación, 2) pruebas para desarrollar índices fisiológicos o bioquímicos del vigor, y 3) pruebas múltiples

2.4.1 Pruebas de vigor basadas en el comportamiento de la germinación

Evaluación del crecimiento de la plántula: Germ en 1959 sugirió la medición del crecimiento de la plántula como una prueba de vigor para cereales y remolacha azucarera. La longitud de la plántula después de un periodo específico es el producto del tiempo que le tomo germinar, esto es, la iniciación del crecimiento y la subsecuente tasa de crecimiento, es una medición más conveniente que una tasa que requiera observaciones frecuentes para establecer relaciones con tiempo y que no se exprese fácilmente por una población de semillas. Las especies cultivadas que producen una plántulas recta como los cereales, o una raíz simple como la lechuga, son apropiadas para este método de evaluación (Perry, 1981).

Clasificación del vigor de la plántula: La prueba se desarrolla utilizando como sustrato Molochito esterilizado (arcilla compuesta de Aluminio Calcinado) de 1-2 mm de diámetro, arena o ladrillo molido, el cual se humedece a un 15 % de su peso y se mezcla uniformemente, cuidando que no haya agua libre. Colocar una capa de 2cm de profundidad en la base de una caja de polietileno, agregar 50 semillas igualmente espaciadas y cubrir con una capa adicional de 3 cm del sustrato. Registrar el peso total de la caja, meterlas en bolsas de polietileno perforadas para restringir la evaporación pero permitiendo un suministro adecuado de oxígeno, colocarla en una germinadora a 20° C +/- 1° C, 95 a 98 % de humedad relativa y fotoperiodo de 12 horas de 12 klx. Ocasionalmente pesar las cajas agregando el agua perdida y después de 6 días extraer las plántulas y lavarlas, Dividir las semillas en no germinadas y germinadas, y clasificar las plántulas en vigorosas y de bajo

vigor, con base a la presencia, ausencia o nivel de desarrollo de sus estructuras, color, etc, reportando resultados en porcentaje (Perry 1981)

Tasa de crecimiento de plántula: Las semillas vigorosas son capaces de sintetizar eficientemente nuevas materiales y transferirlos rápidamente al eje embrionario en emergencia, dando como resultado un incremento en la acumulación de peso seco. Esta prueba se basa en este concepto y los resultados de vigor son expresados como miligramos de peso seco por plántulas germinadas. La prueba se conduce de acuerdo a los estándares para la prueba de germinación de rutina, y después de esto se cortan los segmentos del embrión de las plántulas normales, separándolos de los órganos de almacenamiento (cotiledones o endospermo), se secan en la estufa a 80° C durante 24 horas, y se pesan para determinar su incremento en peso seco. Diferencias pequeñas en humedad e intensidad de la luz pueden tener efectos significativos sobre la tasa de crecimiento de las plántulas (Copeland y McDonald, 1995).

Primer conteo: esta prueba se considera de las más sencillas dentro de las pruebas normales de germinación en invernadero o en campo. Consiste en sembrar la semilla en condiciones adecuadas de germinación, fijando un lapso para realizar el primer conteo (5-10 días); después de este periodo, se registrarán las plántulas emergidas y el crecimiento alcanzando. El lote con mayor porcentaje de emergencia y mayor crecimiento será considerado el del mayor vigor (Hunter, citado por Villaseñor, 1984).

Velocidad de germinación: El método consiste en poner a germinar la semilla y en cuanto inicie la germinación se hacen conteos diariamente del número de semillas germinadas, terminando la prueba una vez que se considere que se ha logrado el máximo de germinación de las semillas sembradas (Hunter, citado por Villaseñor, 1984)

Copeland y McDonald (1995) señalan que la velocidad de germinación es uno de los primeros conceptos de vigor, y que los lotes de semilla con similar germinación con

frecuencia varían en su tasa de germinación y crecimiento. Citan a Maguire, quien sugirió la siguiente fórmula para obtener la velocidad de germinación:

$$X = \frac{\text{No de plántulas normales}}{\text{Días al primer conteo}} + \frac{\text{No de plántulas normales}}{\text{días al conteo final}}$$

Prueba de frío: Es una prueba que se ha utilizado durante muchos años para la evaluación de semillas de maíz y soya. Consiste en utilizar suelo que preferentemente contenga patógenos del maíz, el cual una vez humedecido se coloca sobre una toalla y se distribuyen en las semillas. Posteriormente se cubre la toalla, se enrollan flojamente y se aplanan ligeramente, colocándolos en un recipiente de plástico. El recipiente de plástico se coloca en una germinadora a 10° C y 95% de humedad relativa en la oscuridad durante 7 días, si la germinadora no cuenta con control de la humedad, los recipientes deben encerrarse en cintas de plástico. Luego de este tratamiento, los rollos se mantienen a 25° C con iluminación moderada para prevenir la etiología. Las plántulas se evalúan después de transcurridos 13 días, en el momento en que han desarrollado 2 a 3 hojas y los tallos y raíces miden cerca de 20 cm (Fiala, 1981)

Germinación en frío: La prueba de germinación en frío se conduce bajo condiciones estándares de laboratorio a bajas temperaturas (18° C).

Prueba de Hiltner: Se conoce también como prueba del ladrillo molido, y fue desarrollada originalmente por Hiltner e Ihssen en 1911, para la detección de infección en cereales por *Fusarium* transmitido por semilla (Copeland y McDonald, 1995) Hiltner e Ihssen observaron que los coleóptilos de semillas germinadas infectadas fueron más cortos y no aptos para penetrar una capa de 3 cm. de ladrillo molido sin presentar daño visible, y

recomendaron que la prueba debe realizarse en un cuarto a temperatura controlada, en la oscuridad, para proporcionar condiciones que favorezcan el desarrollo del hongo e incrementen la cantidad de daño visible en la plántula (Fuchs, 1981)

El ladrillo molido actúa como un impedimento mecánico para la emergencia de la plántula (Perry, 1981b.), por lo que al final de la prueba deben evaluarse las plántulas en normales y anormales, reportando el % de plántulas normales emergidas como % de vigor (Fuchs, 1981).

Envejecimiento acelerado: El envejecimiento acelerado se propuso como una prueba para evaluar la capacidad de almacenamiento de un lote de semilla; no obstante incorpora muchas de las cualidades importantes que se desean en una prueba de vigor (Copeland y McDonald, 1995). Esta prueba surgió bajo el supuesto de que los procesos de deterioro en la semilla sometida a condiciones de envejecimiento acelerado son similares a aquellos que ocurren en condiciones normales, variando únicamente la tasa de deterioro al incrementarse significativamente. La base de esta prueba es que los lotes de semilla que mantienen buena germinación durante el envejecimiento son buenos para el almacenamiento, mientras que aquellos que reducen substancialmente su germinación son deficientes para el almacenamiento (Delouche y Baskin, 1973).

La prueba de envejecimiento acelerado consiste en un baño maria que mantenga la temperatura con una precisión de 0.1° C. El agua debe tener un nivel que permita a las semillas tener una temperatura uniforme y constante, también que cubran las resistencias eléctricas. Las semillas se colocan en canastillas de alambre de bronce y se ponen dentro de recipientes o cámaras de plástico o vidrio que contienen agua. Estas se colocan en soportes de alambre galvanizado para que las semillas no queden en contacto con el agua. El nivel del agua debe de estar aproximadamente a 6 cm debajo de las semillas. Los recipientes que contengan las canastillas con semillas se tapan; las tapas no deberán de ser de metal para evitar la corrosión. Para llevar acabo la prueba de envejecimiento acelerado deberán transcurrir 72 horas una vez transcurrido el tiempo se sacan las semillas y se realiza una prueba de germinación, por lo menos con cuatro repeticiones de 50 semillas

cada una. Las semillas que producen plántulas normales son consideradas como semilla vigorosas. (Moreno 1996)

De acuerdo con Delouche y Baskin (1973), la prueba de envejecimiento acelerado considera la exposición de pequeñas muestras de semillas de los lotes disponibles de la misma semilla a condiciones adversas por un periodo específico; después del envejecimiento acelerado se determina el porcentaje de sobrevivencia de las semillas de los diferentes lotes, mediante una prueba de germinación estándar.

Deterioro acelerado: La prueba consiste en someter lotes de semilla de humedad conocida, a un proceso de imbibición hasta alcanzar cierto nivel deseado de humedad, controlando este nivel a través del peso continuo de la muestra. Las semillas parcialmente imbibidas se mantienen durante la noche en un recipiente sellado a 10° C para garantizar una distribución uniforme de la humedad, y posteriormente se someten a calentamiento hermético en un paquete de aluminio incubado en baño maria a 45° C durante 24 horas; después de esta tratamiento se evalúa la germinación de la semilla mediante la prueba de germinación estándar a 20° C (Matthews, 1983).

Agotamiento: Esta prueba fue desarrollada por Grem, en 1960, y es apropiada para cereales y consiste en poner a germinar las semillas en completa oscuridad. Bajo un preciso control de humedad. Las semillas se colocan a lo largo de una línea impresa sobre toalla de papel, mismas que previamente son prerremojadas en 30 ml de agua dentro de un tubo de vidrio de 20 cm de alto y 5 de diámetro. Posteriormente se enrollan las toallas y se colocan en el interior del mismo tubo durante 10 días a 10° C en completa oscuridad; al final del periodo se realiza la evaluación. Aquellas plántulas que tienen tallos y raíces extendidas más de 5 cm arriba o debajo de la línea donde se colocó la semilla, son consideradas vigorosas. (Copeland, 1976)

Estrés osmótico: La prueba de estrés osmótico consiste en simular en laboratorio la condición de sequía, para lo cual las semillas se ponen a germinar en soluciones con

potenciales osmóticos específicos, tales como cloruro de sodio, Glicerol, Sucrosa, Manitol y PEG (polietilen glicol). En los cuatro primeros hay evidencia de que penetran a la semilla en la germinación y le causan toxicidad debido a su bajo peso molecular, por lo que se ha recomendado el uso del PEG que por tener un peso molecular alto es un compuesto satisfactorio para simular el estrés por sequía sin causar efectos tóxicos paralelos (Copeland, 1976).

Estrés por envejecimiento y profundidad de siembra: Consiste en colocar la semilla en platos de plástico dentro de una cámara con alta humedad relativa (99-100%) y alta temperatura (44° C), durante 30 horas. Posteriormente se siembran en arena estéril a 5 cm de profundidad, incluyendo un testigo no sometido a estrés, y después de 7 días se evalúan y cuentan las plántulas de las semillas estresadas y no estresadas. Si la prueba de estrés da como resultados el 80 % o mas, la semilla es satisfactoria para su siembra en el campo; si el resultado esta entre 60 y 79 %, el lote es cuestionable; mientras que si el resultado esta por debajo de 60%, el lote de semillas probablemente no se deberá usar para propósitos de siembra.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero número dos con cubierta plástica, y en el laboratorio de Tecnología y Producción de Semillas de la FES-Cuautitlán, los cuales se ubican en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, localizada a 30 Km. al norte de la ciudad de México. La cual geográficamente esta delimitada por los paralelos 19°39'-19°45'N y los meridianos 99°88'-99°45'W, a una altitud de 2250 m.s.n.m.

Se clasifica el clima de Cuautitlán según Köpen adaptada a las condiciones de México por Enriqueta García (1973), como C (Wo) (W) b (i"), denominado templado, el más seco de los templados subhúmedos, con una temperatura media anual de 12° C y 18° C, con un régimen de lluvia en verano y menos de 5% de lluvias en invierno.

3.2 Material genético

Se utilizaron en este estudio dos híbridos de maíz, de Valles Altos con adaptación en altitudes de 2200 a 2600 msnm, ambos materiales son de ciclo intermedio, habiendo sido liberados por el INIFAP en 1998, el H-50 es un híbrido de cruza doble (Espinosa *et al.*, 2003 a) y el H-48 es un híbrido trilineal (Espinosa *et al.*, 2003).

3.3 Diseño experimental

El experimento se manejó en parcelas divididas donde la profundidad de siembra fue a la parcela grande y los tamaños de semilla y genotipos correspondieron a la parcela chica.

En total se evaluaron dos genotipos, a dos profundidades y dos tamaños de semilla.

La parcela útil estuvo considerada por 25 semillas, 12 repeticiones de cada tratamiento, con lo cual la suma fue de 300 semillas, para estandarizar a las pruebas de germinación como lo marca la ISTA (Internacional Seed Testing Association, 2002).

3.4 Tratamientos de tamaño de semilla.

De cada uno de los dos híbridos se seleccionaron semillas pequeñas y grandes, es decir dos tamaños, anotándose su peso, de esta manera se evaluó como tratamiento los tamaños de semilla señalados.

3.5 Tratamiento de profundidad de siembra.

En forma similar, cada uno de los híbridos en las dos combinaciones de tamaño de semilla, fue evaluado en dos profundidades de siembra (10 y 15 centímetros de profundidad).

3.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 0.05% de probabilidad, para cada una de las variables evaluadas.

3.7 Establecimiento de la cama de siembra

Para facilitar el manejo de la profundidad se preparó la cama, depositándose las semillas de todos los tratamientos, después se agregó tierra hasta completar la profundidad planeada.

3.8 Siembra

La siembra se efectuó en seco el día 24 de abril del 2003. De forma manual se colocaron las 25 semillas de las doce repeticiones, con la corona hacia arriba a una distancia de 4.4

cm entre ellas y a 10 cm, entre hileras (unidades experimentales), al terminar de colocar las semillas, se cubrieron con la tierra cernida quedando a las profundidades planeadas inicialmente.

3.9 Riegos

El primer riego se realizó el día de la siembra, de tal manera que la humedad alcanzó los 10 y 15 cm de profundidad, posteriormente se realizaron riegos ligeros diariamente con la finalidad de que no se formara una costra de tierra que impidiera la emergencia, así como que no se formaran grietas en la tierra que facilitaran la emergencia de plántulas fuera de su hilera.

3.10 Cosecha de plántulas

Se tomó la germinación, vigor por emergencia al primer conteo, velocidad de emergencia, a los 15 y 25 días después de la siembra. Se tomaron 5 plantas de cada tratamiento para medir materia fresca y seca del tallo y hojas. También se tomarán datos de longitud de plúmula, longitud de raíz y aspecto.

3.11 Parámetros evaluados

3.11.1 Velocidad de emergencia

Una vez que se inició la etapa de emergencia (8 días después de la siembra), se registró diariamente el número de plantas emergidas, anotando fecha y número de plantas totales emergidas por día, esto se realizó hasta que dejaron de emerger plántulas (12 días después de la primer planta que emergió) Posteriormente se calculó la velocidad de emergencia mediante la siguiente expresión:

$$V. E. = (X_1)/1+(X_2)/2+(X_3)/3+\dots+\dots\dots\dots+(X_{i-1})/n-1+ (X_i)/n$$

Donde:

X = Número de plántulas emergidas por día

n = número de días después de la siembra

i = 1, 2, 3, ..., n-1, n

3.11.2 Longitud de plántulas

A los 12 y 17 días se toma la altura en centímetros de tres plántulas al azar para evaluar este parámetro (longitud de plúmula 1 y longitud de plúmula 2), esto se realizó midiendo desde el sustrato en cada unidad experimental, hasta el extremo de la hoja más larga de las plántulas.

3.11.3 Longitud de raíz y plúmula

Una vez extraídas cinco plantas al azar de cada unidad experimental, a estas se les midió la raíz y la parte aérea (longitud de plúmula final) con la ayuda de un flexometro.

3.11.4 Peso fresco de raíz y plúmula

Se pesó por separado, la raíz y la plúmula, en una báscula digital y se obtuvo el peso en gramos.

3.11.5 Materia seca

Se separó la parte aérea de las raíces, y se colocaron en sobres previamente etiquetados para someterse a secado empleando una estufa Felisa a 70° C por 3 días, después se pesaron en una báscula analítica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas en genotipos para las variables velocidad de emergencia y peso seco de plántula. También se encontraron y diferencias significativas para las variables longitud de plántula y longitud de raíz. Para el caso del tamaño de semilla, a excepción de las variables velocidad de emergencia y longitud de raíz, en las cuales no se presentaron diferencias estadísticas, en el resto de las variables se detectaron diferencias altamente significativas (Cuadro 1).

En el factor de variación de profundidad de siembra se presentaron diferencias altamente significativas para las variables velocidad de emergencia, peso seco de raíz, longitud de raíz y longitud de plántula, no así para las otras variables (Cuadro 1).

Con relación a la interacción de profundidad de siembra x genotipos, se detectó diferencia significativa al 0.05 de probabilidad para la variable peso fresco de plántula, en el resto de variables no se presentó significancia estadística (Cuadro 1).

En las otras interacciones evaluadas, es decir tamaño de semilla x profundidad de siembra, tamaño de semilla x genotipos, tamaño de semilla x profundidad de siembra x genotipos en ninguna de las variables se presentaron diferencias significativas (Cuadro 1).

Con relación a la variable velocidad de emergencia, es interesante hacer notar que para profundidad de siembra y genotipos hubo diferencias estadísticas altamente significativas, no así para los otros factores y sus interacciones, lo anterior indica que hay relación directa de cada uno de estos factores (genotipos y profundidad de siembra) en promedio de los dos tamaños de semilla con respecto a la expresión del vigor medido por la velocidad de emergencia (Cuadro 1). Esta relación entre la velocidad de emergencia con la profundidad esta relación se puede observar en el cuadro 2, donde a una profundidad de 10 cm se obtuvo una media en velocidad de emergencia de 5.01 y a 15 cm. se obtuvo una media de 3.23, valores que se separan en la comparación de medias con base en la prueba de Tukey al 0.05

de probabilidad (Cuadro 2). Lo anterior indica que a menor profundidad de la siembra se presenta mayor velocidad de emergencia y que a mayor profundidad de la semilla se da una menor velocidad de emergencia.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en el vigor de los híbridos de maíz H-48 y H-50 bajo diferentes profundidades de siembra y tamaño de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

Factores de Variación	Variables						
	Vel. Emer.	PPF	PFR	PSP	PSR	LP	LR
Repeticiones	6.36**	4.25	0.42**	0.19	0.01*	126.03*	30.06**
Tamaño Semilla	6.51	192.2**	1.46**	1.60**	0.05**	443.7**	24.60
Profundidad Siembra	76.2**	0.76	0.23	0.22	0.07**	297.51*	105.4**
Genotipos	131.8**	0.63	0.20	2.44**	0.26	246.67*	57.35*
Tamaño x Prof.	1.15	0.32	0.057	0.22	0.01	48.45	10.27
Prof. X Gen.	0.73	26.8*	0.095	0.33	0.01	155.04	0.22
Tam. X Gen.	0.27	2.19	0.036	0.01	0.01	31.97	29.26
Tam. X Prof. X Gen.	0.08	0.95	0.031	0.26	0.01	17.34	6.10
C.V. %	32.2	17.03	25.11	28.95	44.41	10.63	16.33
Media	4.1	13.31	1.46	1.35	0.2	70.25	21.63

PPF: Peso fresco de plántula; PFR: Peso fresco de raíz; PSP: Peso seco de plántula;

PSR: Peso seco de raíz; LP: longitud de plántula; LR: Longitud de raíz.

Con relación a la comparación de medias para genotipos, bajo la media de los tratamientos de las dos profundidades de siembra y los dos tamaños de semilla, con el H-48 se obtuvo una media en velocidad de emergencia de 5.3 a ubicado en diferente grupo al H-50 el cual obtuvo una media de 2.9 b, lo anterior implica que H-48 fue superior al H-50 en velocidad de emergencia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de diversas variables para los híbridos de maíz H-48 y H-50 evaluados bajo dos profundidades de siembra y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

Variables	Híbridos		
	Híbrido H-50	Híbrido H-48	D.S.H. (0.05)
Velocidad de emergencia	2.9 b	5.3 a	0.54
Peso fresco de plántula	13.2 a	13.4 a	0.92
Peso fresco de raíz	1.40 a	1.50 a	0.14
Peso seco de plántula	1.19 b	1.51 a	0.16
Peso seco de raíz	0.18 a	0.22 a	0.03
longitud de plántula	65.59 b	71.91 a	3.03
Longitud de raíz	20.86 b	22.41 a	1.43

En el factor de variación profundidad de siembra, bajo la media de los dos híbridos (H-48 y H-50) y dos tamaños de semilla destaca que en la comparación de medias, el vigor medido con base en la velocidad de emergencia, con una profundidad de siembra de 10 centímetros se presenta mayor velocidad de emergencia con respecto a la profundidad de siembra de 15 centímetros. En las otras variables se presentó una tendencia numérica similar, lo cual aún sin mostrar significancia estadística, concuerda con lo que se espera por la siembra a diferentes profundidades (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de diversas variables para profundidad de siembra, considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

Variables	Profundidad De Siembra		
	Profundidad de siembra (10 cm)	Profundidad de siembra (15 cm)	D.S.H. (0.05)
Velocidad de emergencia	5.01 a	3.23 b	0.54
Peso fresco de plántula	13.22 a	13.44 a	0.92
Peso fresco de raíz	1.50 a	1.40 a	0.14
Peso seco de plántula	1.40 a	1.31 a	0.16
Peso seco de raíz	0.23 a	0.17 b	0.03
longitud de plántula	72.01 a	68.49 b	3.03
Longitud de raíz	22.68 a	20.59 b	1.43

Cuando se compararon las medias para el factor de variación tamaño de semilla grande y chica, bajo la media de los dos híbridos y dos profundidades de siembra, se confirmó la diferencia estadística en las variables peso fresco de plántula, peso fresco de raíz, peso seco de plántula, peso seco de raíz, longitud de plántula, en todas estas variables la semilla grande propició valores superiores a la semilla chica, lo cual se confirma al ser diferentes con base en la prueba de Tukey como se observa en el cuadro 4. Como ejemplo puede observarse que peso fresco de plántula, el tamaño grande de semilla obtuvo un valor medio de 14.73 gramos mientras que el tamaño chico obtuvo un valor de 11.90, los cuales se separan en la comparación de medias de acuerdo a Tukey (Cuadro 4).

Lo anterior es importante ya que indica que la semilla grande y chica, propicia diferencias en algunas expresiones de vigor, como son las que se señalan en el cuadro 4, cabe aclarar que los híbridos H-48 y H-50, poseen cierto grado de parentesco ya que cruza simple hembra de ambos materiales es la misma (Espinosa *et al.*, 2003 a; Espinosa *et al.*, 2003 b),

entonces, al manejar a estos genotipos en dos profundidades de siembra, se propician diferencias por el tamaño de semilla grande y chico, lo que es un indicador para elegir semilla con base en las condiciones de humedad disponibles al momento de la siembra y el tipo de suelo donde se establecerá el cultivo, así como la calidad de la preparación del terreno, esto concuerda con los conceptos de vigor y el desempeño de la semilla en condiciones desfavorables (Woodstock, 1973; Ching, 1973; McDaniel, 1973; Hadas, 1977).

Cuadro 4. Comparación de medias de diversas variables para tamaño de semilla, considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

Variables	Tamaños de semilla		
	Semilla grande	Semilla Chica	D.S.H. (0.05)
Velocidad de emergencia	3.86 a	4.38 a	0.54
Peso fresco de plántula	14.73 a	11.90 b	0.92
Peso fresco de raíz	1.57 a	1.33 b	0.14
Peso seco de plántula	1.48 a	1.23 b	0.16
Peso seco de raíz	0.22 a	0.17 b	0.03
longitud de plántula	72.40 a	68.10 b	3.03
Longitud de raíz	22.14 a	21.13 a	1.43

En la interacción de las dos profundidades de siembra x tamaño de semilla grande y chica, bajo la media de los dos híbridos evaluados como ya se dijo no se presentaron diferencias significativas, sin embargo de manera numérica las combinaciones de semilla grande con menor profundidad de siembra (10 centímetros) propiciaron para todas las variables valores superiores (cuadro 5), lo anterior se ubica dentro de la respuesta lógica ya que por separado la semilla grande y menor profundidad de siembra generan expresiones de valores superiores en las diferentes variables con respecto a tamaño de semilla chica y mayor profundidad de siembra, la ausencia de significancia en la interacción se puede explicar ya que los dos híbridos tienen como progenitora similar a la misma hembra (Espinosa *et al.*,

2003 a; Espinosa *et al.*, 2003 b), por otra parte la expresión en alguna forma del vigor pudiese poseer en alguna fracción la influencia materna, entonces al ser similar la hembra de ambos híbridos, no se presentan interacciones en estos tratamientos.

Cuadro 5. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de los híbridos de maíz H-48 y H-50 con relación a dos profundidades de siembra y dos tamaños de semilla. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

VARIABLES	TAMAÑO DE SEMILLA X PROFUNDIDAD DE SIEMBRA			
	SG/PS 10cm	SG/PS 15cm	SCh/PS 10cm	SCh/PS 15cm
	VE	4.6	3.08	5.4
PPF	14.6	14.9	11.9	11.9
PFR	1.6	1.6	1.4	1.2
PSP	1.6	1.4	1.2	1.2
PSR	0.25	0.2	0.2	0.14
LP	73.45	71.4	70.6	65.6
LR	22.9	21.4	22.5	19.8

VE: Velocidad de emergencia; PFP: Peso fresco de plántula; PFR: Peso fresco de raíz; PSP: Peso seco de plántula; PSR: Peso seco de raíz; LP: longitud de plántula; LR: Longitud de raíz., SG: Semilla grande; SCh: Semilla chica; PS: Profundidad de siembra.

Con respecto a la interacción de las dos profundidades de siembra x los dos híbridos de maíz (H-50 y H-48), considerando la media de los tamaños de semilla grande y chica manejados, sólo se detectó como ya se mencionó significancia estadística al 0.05 de probabilidad en la variable peso fresco de plántula, en el resto de las variables no se detectaron diferencias estadísticas significativas, pero al igual que en las otras interacciones, en forma numérica las combinaciones que incluyeron cada uno de los híbridos con profundidad de siembra a 10 centímetros, mostraron valores superiores a la combinación de cada híbrido con profundidad de siembra a 15 centímetros, esto ocurrió

para la mayoría de las variables (cuadro 6). Lo anterior es una respuesta lógica ya que diversos trabajos han demostrado que el tamaño de semilla es uno de los factores que influyen en el vigor (Perry, 1981; Milton, 1981; Carver, 1980). Un elemento que propicia que no se presente interacción podría ser como ya se señaló que los dos híbridos poseen cierta similitud genética al poseer uno de los progenitores común (Espinosa *et al.*, 2003 a; Espinosa *et al.*, 2003 b).

Cuadro 6. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de dos tamaños de semilla con relación a los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003.

VARIABLES	PROFUNDIDAD DE SIEMBRA X GENOTIPO			
	PS 10cm/H-50	PS 10cm/H-48	PS 15cm/H-50	PS 15cm/H-48
VE	3.8	6.3	2.1	4.3
PFP	13.7	12.8	12.8	14.01
PFR	1.5	1.5	1.32	1.5
PSP	1.3	1.5	1.1	1.5
PSR	0.21	0.24	0.15	0.19
LP	71.6	72.4	65.6	71.42
LR	21.9	23.5	19.9	21.31

VE: Velocidad de emergencia; PFP: Peso fresco de plántula; PFR: Peso fresco de raíz; PSP: Peso seco de plántula; PSR: Peso seco de raíz; LP: longitud de plántula; LR: Longitud de raíz; PS: Profundidad de siembra.

Los valores medios de la interacción de los dos tamaños de semilla x los dos híbridos de maíz (H-50 y H-48), tomando como base la media de las dos profundidades de siembra utilizadas, permite ratificar lo señalado, en el sentido que los valores son similares, no habiéndose detectado diferencias en la comparación de medias. Al igual que en las otras

interacciones, los tratamientos donde se utilizó semilla grande de cada uno de los híbridos, en forma numérica, propició valores numéricos superiores con relación al mismo híbrido con la combinación de semilla chica, esto ocurrió de forma consistente para la mayoría de las variables evaluadas (cuadro 7). Respuesta esperada con base a los genotipos y los antecedentes en otros trabajos (Perry, 1981; Milton, 1981; Carver, 1980).

Cuadro 7. Comparación de medias de diversas variables considerando la media de dos tamaños de semilla con relación a los híbridos de maíz H-48 y H-50 y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003

VARIABLES	TAMAÑO DE SEMILLA X GENOTIPO			
	SG/H-50	SG/H-48	SCb/H-50	SCb/H-48
VE	2.8	5.00	3.16	5.60
PPF	14.8	14.7	11.7	12.13
PFR	1.6	1.6	1.2	1.4
PSP	1.3	1.7	1.1	1.4
PSR	0.2	0.2	0.17	0.19
LP	71.32	73.5	65.9	70.3
LR	21.9	22.4	19.8	22.5

VE: Velocidad de emergencia; PFP: Peso fresco de plántula; PFR: Peso fresco de raíz; PSP: Peso seco de plántula; PSR: Peso seco de raíz; LP: longitud de plántula; LR: Longitud de raíz; SG: Semilla grande; SCh: Semilla chica.

Con respecto a la interacción de los dos tamaños de semilla x dos profundidades de siembra x los dos híbridos de maíz (H-50 y H-48), en la cual no se presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 8), podría deberse esta ausencia de interacción a que los dos híbridos manejados en la evaluación tienen cierta similitud por poseer un progenitor común (Espinosa *et al.*, 2003 a; Espinosa *et al.*, 2003 b).

Cuadro 8. Comparación de medias de diversas variables considerando a los híbridos de maíz H-48 y H-50 con los tratamientos de dos tamaños de semilla y dos profundidades de siembra. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 2003

VARIABLES	TAMAÑO DE SEMILLA X PROFUNDIDAD DE SIEMBRA X GENOTIPO							
	SG	SG	SG	SG	SCh	SCh	SCh	SCh
	PS10cm H-50	PS10cm H-48	PS 15cm H-50	PS15cm H-48	PS10cm H-50	PS10cm H-48	PS15cm H-50	PS15cm H-48
VE	3.5	5.8	2.02	4.14	4.04	6.73	2.27	4.49
PFP	15.2	13.9	14.3	15.4	12.06	11.67	11.27	12.6
PFR	1.62	1.6	1.8	1.63	1.35	1.45	1.17	1.33
PSP	1.5	1.64	1.1	1.7	1.08	1.37	1.07	1.38
PSR	0.24	0.27	0.16	0.23	0.18	0.23	0.15	0.14
LP	73.2	73.7	69.42	73.3	70.0	71.11	67.7	69.6
LR	22.9	22.9	21.0	21.8	20.8	24.1	18.7	20.8

VE: Velocidad de emergencia; PFP: Peso fresco de plántula; PFR: Peso fresco de raíz; PSP: Peso seco de plántula; PSR: Peso seco de raíz; LP: longitud de plántula; LR: Longitud de raíz; SG: Semilla grande; SCh: Semilla chica; PS: Profundidad de siembra.

VI CONCLUSIONES

Con base en los objetivos, hipótesis planteadas así como los resultados obtenidos en este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El análisis de varianza y comparación de medias permitió definir que bajo la media de los tratamientos de las dos profundidades de siembra y los dos tamaños de semilla, el híbrido H-48 presentó valores superiores en la mayoría de las variables que definieron el vigor en este estudio con respecto al híbrido H-50.
2. Los híbridos de maíz H-48 y H-50, presentaron para las variables velocidad de emergencia y peso seco de plántula y diferencias significativas para las variables longitud de plántula y longitud de raíz.
3. Para el factor de variación tamaño de semilla a excepción de las variables velocidad de emergencia y longitud de raíz en las cuales no se presentaron diferencias estadísticas, en el resto de las variables se detectaron diferencias altamente significativas, lo cual señala que el tamaño de semilla influye en la expresión del vigor, medido por las variables manejadas en el estudio.
4. El factor de variación profundidad de siembra propicia diferencias altamente significativas para las variables velocidad de emergencia, peso seco de raíz, longitud de raíz y longitud de plántula, no así para las otras variables.
5. En la interacción profundidad de siembra x genotipos, se detectó diferencia significativa al 0.05 de probabilidad para la variable peso seco de plántula, en el resto de variables no se presentó significancia estadística.
6. En las otras interacciones evaluadas, es decir Tamaño de semilla x Profundidad de siembra, Tamaño de semilla x Genotipos, Tamaño de semilla x profundidad de

siembra x Genotipos en ninguna de las variables se presentaron diferencias significativas, lo cual se debió probablemente a la similitud de los dos híbridos evaluados ya que tienen en común uno de los progenitores.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Bradnock, W. T. 1975. Vigour of Seeds. Advances in Research and Technology of Seeds. Part 1, pp: 73-80.

Bradbeer, J.W. 1988. Seed Dormancy and Germination . Published in the USA by Chapman and Hall, New York. Pp.16.

Bodnaryk, R. P. and R. J. Lamb. 1991. Influence of seed in canola (*Brassica napus* L.) and mustard (*Sinapis alba* L.) on seedling resistance against flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze). Can. J. Plant Sci. 71 (2): 341-404

Bustamante G., L. 1983. Semillas: control y evaluación de su calidad. In: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN-AMSAC, Saltillo, Coahuila, México. Pp: 99-106

Bustamante G., L. 1995. Pruebas de vigor en semillas y sus aplicaciones. In: VIII Curso de actualización en tecnología de semillas. Taller de calidad de semillas UAAAN-AMSAC, Saltillo, Coahuila, México. Pp: 99-106

Camargo, C:P: and C:E: Vaughan. 1973. Effect of seed vigor on field performance and yield grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L) moench). Proc. Assoc- Off. Seed. Anal. 63: 135-147.

Carver, M. (1980). The production of quality cereal seed. In: P. D. Hebblethwaite (ed). Seed Production. Great Britain Butterworth. P.p. 295-306.

Castellanos S., A. 1986. Efecto del tamaño del bulbo, densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el rendimiento de calidad de semilla de cebolla. (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mexico. 126 p

Copeland, L. O. 1976 Principles of Seed Science Technology. Michigan State, USA. 369p

Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science Technology. Second Edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, United States of America. Pp. 121-144.

Corral D. B. 1985. Selección en sorgo para vigor de plántula y tolerancia al frío en la etapa de germinación. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 95 p

Ching, T.M. 1973. Biochemical aspects of seed vigor. Seed Sci. and Technol. 1 (1): 73-88.

Delouche, J.C. and W.P. Cadwell. 1962. Seed vigor and vigor test. Proceeding seedment short course. Mississippi Seed Technology Laboratory. State College Mississippi 1962.

Delouche, and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and TECHNOL. 1 (2): 427-452.

Ellis R., H. y E. H. Roberts. 1983 Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla. In: producción moderna de semillas. P. D. Hebblethwaite (ed.) Tomo II. Trad. Del Inglés por F. Stanham. Editorial Agropecuario Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp: 717-753.

Espinosa C., A., M. Sierra M., N. Gómez M. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Agronomía Mesoamericana. 14 (1): 117-121.

Espinosa C., A., M. Tadeo R., J. Lothrop, S. Azpiroz R., C. Tut y C., Y. Salinas. 2003. H-50 híbrido de maíz de temporal para los valles altos de México (2200 a 2600 msnm). Agricultura Técnica en México. Vol. 29 (1): 89-92.

Espinosa C., A., M. Tadeo R., J. Lothrop, S. Azpiroz R., C. R. Martínez M., J. P. Pérez C., C. Tut y C., J. Bonilla B., A. María R., Y. Salinas 2003. H-48 nuevo híbrido de maíz de temporal para los valles altos del centro de México. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 29 (1): 85-87.

Fiala, F. 1981. Cold test. In: *Handbook of vigour test methods*. D.A. Perry (ed). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. P: 28-36.

Fuchs, H. 1981. Hiltner test. In: *Handbook of vigour test methods*. D.A. Perry (ed). International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. Pp: 21-27

Franck, W. J. 1950. Introductory remarks concerning a modified working of the international rules for seed testing on the basis of experience gained after the world war . *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 16: 405-430

Gomez. A. F. 1993. Evaluacion de la eficiencia de un bioestimulante para evaluar el vigor de semilla de variedades mejoradas de maiz. Tesis profesional , FES-Cuautitlan. UNAM. Mexico.

Hampton and P. Coolbear. 1990. Potential versus actual seed performance can vigour testing provides and answers. *Seed Sci. and Technol.* 18 (1): 215-228

Hadas , A. 1977. A suggested method for testing seed vigour under water stress in simulated arid conditions. *Seed Sci. and Technol.* 5: 519-525.

Hunter, C. 1971. Seed quality and crop performance. *Handbook of seed technology*. Mississippi State University.

Isely, D. 1957. Vigor test. *Proc. Assocv. Off. Seed Anal.* 47: 176-182.

ISTA, 1993. International rules for seed testing 1993. Seed Sci. And thecnol. 21, Supplement. 288 p

ISTA, 1995. Understanding seed vigour. Prepared by the ISTA Vigour test Committe. Zurich, Switzerland. Sp.

Matthews S. 1983. Deterioro controlado: Una nueva prueba de vigor para semillas de cultivos. In: Producción moderna de semillas. P.D. Hebblethwaite (ed.). Tomo II. Trad. Del ingles por F. Stanham. Editorial Agropecuario Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp: 37-42.

Marroquín B., A. 1986. Influencia del contenido de reservas y del tamaño del embrión de la semilla de maíz en el vigor de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM. México, D. F. 53 p.

McDaniel, R.G. 1973. Genetic factors influencing seed vigor: biochemistry of heterosis. Seed Sci. and Technol. 1 (1): 25-30.

Mian, M. R. and E. D. Nafziger. 1994. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth winter wheat. Crop Sci. 34 (1): 169-171

Milthorpe F., L y Moorby. 1982 Introducción ala fisiología de los cultivos. } editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pp: 141-157.

Maiti, R.K. and M. de J. Carrillo. 1989 Effect of planting depth on seedling emergente and vigour in sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench.). Seed Sci. and Technol. 17(1):83-90.

Odiemah, M. and A.S. Gomma. 1986 History Supporting germination and Vigor Test for Seed Quality. In :A: J: G: van Gastil and J. Kerley (edit). Course the Seed Technology. ICARDA. Cairo, Egypt, 15-30 March 1986.

Villaseñor M., H 1984 Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Orozco J.; D. Baena y C. Gomez. 1995. Comportamiento de cinco grupos de genotipos de maíz *Zea mays* L. con dos tipos de grano en dos condiciones de almacenamiento. *Acta Agronomica*. 45 (2-4): 14-20

Perry, D.A. 1981a. Introduction. In: Handbook of vigour test methods. D.A. Perry (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. Pp: 8-9

Perry, D.A 1981b. Methodology and application of vigour test. In: Handbook of vigour test methods. D.A. Perry (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. Pp: 3-7

Perry, D.A 1981c. Seedling growth and seedling evaluation tests. In: Handbook of vigour test methods. D.A. Perry (ed.) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. Pp: 10-20

Perry, D.A. 1983. The Concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: seed production Hebblewait, P.D. Butterworth publishers, Inc.

Sheih, W. J. and M. B. McDonald. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Sci. and Technol.* 10: 307-313.

Vázquez, H.A. ,1962. Comparación y selección de líneas experimentales de maíz (*Zea mays* L.) de Valles Altos por su vigor, productividad y calidad de su semilla. Tesis de Licenciatura, Ingeniería Agrícola. FES-C. UNAM.

Vieira, R. D.; D. M. TeKrony and D. B. Egli. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field on soybean seed germination and vigour. *Crop Sci.* 32 (2): 471-475

Woodstock, L.W. 1964. Seed vigor. Reprinted from seed world, October 8, 1964. U.S.A. Department of Agriculture, Beltsville, Maryland

Woodstock, L.W. 1965 Initial respiration rates and subsequent growth in germinating seedling corn. Biooscience 15 : 783- 784