



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN LA
ACUMULACION DE MATERIA SECA EN
PLANTULAS DE HIBRIDOS DE MAIZ
(Zea mays L.) DE VALLES ALTOS”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

P R E S E N T A :

RAUL ARIAS RUBI

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

ASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

m344979



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



DEPARTAMENTO DE

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

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

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

_____ "Evaluación de la eficiencia en la acumulación de materia -
_____ seca en plántulas de híbridos de maíz (Zea mays L.) de Va--
_____ lles Altos".
que presenta el pasante: Raúl Arias Rubí
con número de cuenta: 8857946-3 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 08 de Febrero de 2005

PRESIDENTE	<u>Ing. Miguel Angel Bayardo Parra</u>	
VOCAL	<u>Ing. Hilda Carina Gómez Villar</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Alejandro Espinosa Calderón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Francisco Javier Vega Martínez</u>	

DEDICATORIA

A mis padres por haberme dado la vida y apoyarme en la medida de sus posibilidades.

Al pueblo de México por contribuir en mi formación y hacerme sensible para con su problemática.

A mis hijas Tania e Itzel por ser el estímulo constante en mi vida que me ayuda a superarme.

A mi compañera Julia por compartir su vida conmigo y alentarme a la terminación de mi carrera.

A la familia Morales Castillo por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi hermana María Elena por brindarme su cariño y apoyo durante toda mi niñez. Gracias hermana.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, gracias por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la Cátedra de Producción y Tecnología de Semillas por abrirme las puertas y darme la oportunidad de desarrollarme y crecer con ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la Carrera de Ingeniería Agrícola.

Al M.C. Angel Piña del Valle por sus valiosas correcciones y aportes a la tesis. Gracias amigo por el apoyo incondicional y la confianza brindada.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por creer en mi y apoyarme en la realización de la tesis.

A mi asesor Dr. Alejandro Espinosa Calderón por su gran calidad humana que me incentiva a seguir en la lucha por el cambio.

A Divina y Paulo por darnos su apoyo invaluable en estos últimos años.

A todos y cada uno de los miembros del jurado por sus acertadas correcciones para mejorar el presente trabajo.

A Flor, Gustavo, Jaime y Rafael, gracias por su apoyo solidario y estar conmigo en los momentos difíciles.

INDICE

	PAG.
Índice de cuadros	i
Resumen	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Germinación	4
2.1.1 Etapas de la germinación	5
2.1.2 Porcentaje de germinación	5
2.1.3 Pruebas de germinación	6
2.1.4 Sustratos utilizados en las pruebas de germinación	6
2.2 Calidad de semillas	6
2.2.1 Componentes de la calidad de semillas	8
2.2.2 Componente genético	9
2.2.3 Características físicas	9
2.2.4 Componente biológico	10
2.2.5 Componente sanitario	10
2.3 Vigor de semillas	11
2.3.1 Importancia del vigor	12
2.3.2 Pruebas de vigor	13
2.3.2.1 Pruebas directas	14
2.3.2.2 Pruebas indirectas	15
2.3.2.3 Velocidad de emergencia	17
2.3.2.4 Acumulación de materia seca	18
2.4 Descripción de los Valles Altos y zonas de transición	18

III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Localización	20
3.2 Material genético	20
3.2.1 Características del híbrido trilineal H-48	21
3.2.2 Características del híbrido doble H-50	21
3.2.3 Características del híbrido trilineal H-151	23
3.2.4 Características del híbrido trilineal H-155	23
3.2.5 Características del híbrido trilineal Puma 1163	24
3.2.6 Características del híbrido trilineal Puma 1076	24
3.3 Diseño experimental	26
3.3.1 Análisis estadístico	26
3.4 Establecimiento de la cama de siembra	26
3.5 Manejo agronómico	26
3.5.1 Siembra	26
3.5.2 Riegos	26
3.6 Cosecha de plántulas	27
3.7 Parámetros evaluados	27
3.7.1 Velocidad de emergencia	27
3.7.2 Longitud de plántulas	28
3.7.3 Longitud de raíz y plúmula	28
3.7.4 Peso fresco de raíz y plúmula	28
3.7.5 Materia seca	28
3.7.6 Germinación	28
IV RESULTADOS	29
4.1 Porcentaje de germinación	29
4.2 Análisis de varianza	29
4.3 Prueba de comparación de medias	31

V. DISCUSIÓN	34
VI. CONCLUSIONES	37
VII. BIBLIOGRAFÍA	38

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Genotipos utilizados en la evaluación de la eficiencia en la acumulación de materia seca en plántulas de híbridos de maíz de Valles Altos.
- Cuadro 2.** Porcentaje de germinación de los seis híbridos evaluados en la cámara ambiental.
- Cuadro 3** Cuadrados medios y significancia estadística para las variables estimadas.
- Cuadro 4** Comparación de medias para la variable VE obtenida en la "Evaluación de la eficiencia en la acumulación de materia seca en plántulas de maíz de Valles Altos".
- Cuadro 5** Comparación de medias para las variables longitud de plúmula1 (LP1), longitud de plúmula 2 (LP2), longitud de plúmula final (LPF) y longitud de raíz (LR) de los híbridos de maíz evaluados.
- Cuadro 6** Comparación de medias para las variables peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso fresco de plúmula (PFP) y peso seco de plúmula (PSP) de los híbridos de maíz evaluados.

RESUMEN

El vigor que es evaluado principalmente a nivel de plántulas, es un elemento importante que junto con el porcentaje de germinación, debería de acompañar a cualquier semilla de calidad, de ahí que este trabajo tiene como objetivo evaluar la acumulación de materia seca en plántulas de maíz para determinar el vigor en seis híbridos comerciales, que fueron: H-48, H-50, H-155, H-151, Puma 1076 y Puma 1163.

El experimento se llevó a cabo en un invernadero con cubierta plástica; se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con doce repeticiones, contando cada unidad experimental con 25 semillas; y la comparación de medias fue con el método de Tukey.

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 seco de plúmula (PSP) y porcentaje de germinación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se formularon las siguientes conclusiones:

1. El porcentaje de germinación de los híbridos cumplió con las normas internacionales del ISTA (1996), a excepción del H-50 que no alcanzo más que el 82%, pero sin embargo se comporto bien en las demás variables evaluadas.
2. El valor más alto en velocidad de emergencia lo obtuvo el H-50, situación que coincide con otros resultados en los que se ha utilizado la semilla del mismo lote.
3. Los tres genotipos con mayor acumulación de materia seca en el caso de PSR fueron el P-1076, el H-48 y el H-50 con valores de 0.266, 0.248 y 0.225 gr respectivamente, le siguieron el H-155, H-151 y el P-1163. En cuanto PSP el

más eficiente fue el H-48, P-1076 y el H-50, con 2.56, 2.25 y 2.21 gr respectivamente.

4. De acuerdo al porcentaje de germinación, la VE, LPF, LR, PFR, PSR, PFP y PSP los híbridos más eficientes y con mayor vigor fueron en orden decreciente el H-48, P-1076, H-50 y el H-155.

5. La germinación de los híbridos evaluados tuvo relación con el vigor solo en tres de los seis híbridos (H-48, Puma 1076 y H-155).

I. INTRODUCCIÓN

El maíz junto con el trigo y el arroz; constituye uno de los recursos naturales renovables más relevantes en la historia de la humanidad (Robles, 1983). Este cereal es y ha sido uno de los cultivos básicos más importantes en la alimentación del mexicano (8.6 millones de hectáreas sembradas) (Montes de Oca F., 2003); tan es así que México es catalogado como la cultura y centro de origen del maíz. Esto debido a la gran capacidad de adaptación del maíz, que va desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 3000 metros de altura, temperaturas extremadamente frías o muy calientes, regímenes de humedad que fluctúan desde los excesivamente húmedos a los semiáridos, terrenos que abarcan desde llanuras a las laderas más empinadas con muchos y variados tipos de suelo y usando una gran variedad de tecnologías de producción (Morris y López 2000).

El maíz en México a pesar de tener un fuerte arraigo como base de la alimentación, tiene un gran atraso tecnológico en su producción; que aunado a las condiciones orográficas y de clima entre otras, propician que la producción media de los productores se encuentre en apenas 2.2 toneladas por hectárea (Montes de Oca, 2003). Esta situación deficitaria en este cultivo, ocasiona la importación de grandes cantidades de granos y que a la par con la apertura comercial de como resultado la dependencia alimentaria y la pérdida de soberanía.

De ahí la importancia del mejoramiento genético, para generar una diversidad de maíces híbridos al alcance del agricultor. En este contexto la utilización de semillas híbridas en las zonas de Transición y Valles Altos ha contribuido al aumento de la productividad. La FES- Cuautitlán UNAM acorde con las necesidades del país, viene desarrollando trabajos de mejoramiento y es en 1984 que da inicio el Programa de Mejoramiento Genético en Maíz. De este trabajo se han generado varios híbridos como los Pumas (1161, 1163, 1075 y 1076) los cuales son de la autoría de la UNAM, así como los híbridos H-48 y H-50 liberados por el INIFAP en los cuales se reconoce la colaboración de la UNAM, el INIFAP ha liberado otros materiales como el H-151 y H-155. Cabe destacar que todos estos genotipos han presentado un comportamiento favorable en su rendimiento en las áreas para las cuales fueron obtenidos.

La semilla es el insumo más importante en el proceso productivo y tiene una estrecha relación con el rendimiento, por ello es fundamental utilizar semilla de buena calidad, la cual se da desde la capacidad de la semilla para germinar y tener un desarrollo óptimo en plántulas hasta llegar a ser una planta adulta, siendo esto conocido como vigor.

El vigor en plántulas es una característica deseable en todo tipo de semillas, sobre todo cuando las condiciones de siembra y preparación del terreno no son homogéneas o se presentan factores externos, como la dureza del suelo, falta de humedad, topografía accidentada, que afectan el crecimiento de la plántula (Sánchez, 2004).

El vigor, la germinación y la viabilidad son parámetros de calidad en semillas, que le dan un valor comercial. Es importante señalar que los factores que determinan la calidad son los genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos (Moreno, 1996).

Considerando lo antes mencionado en este trabajo, se evalúa la germinación y vigor de seis híbridos de maíz de Valles Altos.

1.1 Objetivos:

Establecer la relación entre germinación y vigor de las semillas de seis híbridos de maíz para Valles Altos.

Evaluar la acumulación de materia seca en plúmula y radícula de seis híbridos comerciales de maíz para los Valles Altos.

Definir con base a la velocidad de emergencia los genotipos que presenten mejor vigor.

1.2 Hipótesis:

La germinación de los híbridos evaluados esta relacionada con su vigor.

La acumulación de materia seca en plúmula y radícula presentará diferencias en los seis híbridos evaluados.

Las semillas de los híbridos que presenten mayor acumulación de materia seca serán las que tendrán mayor velocidad de emergencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Germinación

La semilla del maíz esta formada por el embrión que es una planta en miniatura y esta formado por la radícula, plúmula, coleóptilo y escutellum; por el endospermo que contiene las reservas que alimenta a la planta, y por el pericarpio que es la capa externa de la semilla cuya función es proteger al embrión. El endospermo y el embrión son las estructuras fundamentales de la semilla. El embrión formará la plántula y la planta adulta. Cuando la semilla germina las reservas se van agotando, al terminarse completamente la cubierta de la semilla se desintegra (Reyes, 1990).

La germinación es el proceso de reinicio del crecimiento activo del embrión caracterizado por la ruptura de la cubierta seminal y la emergencia de la plántula (Copeland, 1976).

Para la germinación es necesario que la semilla sea viable, se tenga temperatura, humedad y aireación adecuadas y se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en la semilla (Hartmann y Kester, 1980).

La germinación es un proceso de cambio: el cambio de una estructura inactiva viviendo de abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen (Duff, 1985).

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 (Moreno, 1996).

La germinación indica la capacidad de la semilla para convertirse en una planta normal, bajo condiciones favorables (Tadeo y Espinosa, 2002).

2.1.1 Etapas de la germinación

Según Copeland (1976) Los eventos que ocurren en la germinación son los siguientes:

1. Imbibición del agua
2. Activación enzimática
3. Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula
4. Establecimiento de la plántula

Para Duff (1985) son dos las fases principales por la que pasa el proceso de la germinación:

1. Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del embrión, apoyado por la utilización del material de reserva embrionaria inmediata.
2. Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reserva alimenticia extraembrionaria tal como el endospermo. Esta fase continúa hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia.

2.1.2 Porcentaje de germinación

Es un valor definido en función del número y porcentaje de plántulas normales con estructuras esenciales que indican capacidad para producir plantas normales en condiciones favorables (Moreno, 1996).

2.1.3 Pruebas de germinación

Es el índice de calidad más convincente y usado a nivel mundial, el objetivo de definir la germinación es obtener información con respecto al valor de la semilla con propósito agrícola y para comparar el valor de diferentes lotes (Moreno, 1996).

2.1.4 Sustratos utilizados en las pruebas de germinación

1. Papel secante
2. Papel filtro
3. Toallas de papel
4. Algodón
5. Arena
6. Suelo
7. Otros.

El porcentaje de germinación frecuentemente no es similar con el porcentaje del establecimiento en campo, lo cual se debe al vigor que se requiere para emerger en campo, a diferencia de la germinación bajo condiciones favorables en la cámara de germinación (Moreno, 1996).

2.2 Calidad de semillas

La necesidad de determinar la calidad de las semillas surgió en Europa, como consecuencia de problemas constatados en la comercialización. De esta forma, en 1869, fue creado en Alemania el primer laboratorio de semillas y en 1876, fue publicado el primer manual de análisis de semillas. Simultáneamente en América, se realizaban los procedimientos iniciales para la realización de las pruebas de pureza y de germinación que dieron origen a las primeras reglas para análisis de semillas en 1897 (D.L. Ana, 2001).

En el año de 1917, fue publicada la primera versión de las Reglas para Análisis de Semillas de la AOSA (Asociación Oficial de Análisis de Semillas) para Canadá y

Estados Unidos (D. L. Ana, 2001).

De forma similar, en Europa, fue fundada la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) en 1924. Los Principales objetivos de esa asociación, direccionados, principalmente, para el comercio internacional de semillas, son desarrollar, establecer y publicar procedimientos padrones para el muestreo y análisis de semillas, promover la aplicación uniforme de estos procedimientos para la evaluación de semillas, participar en el desarrollo de investigaciones en el área de tecnología de semillas, estimular la certificación de cultivares, participar de conferencias y de cursos de entrenamiento y mantener contacto con otras organizaciones ligadas al área de semillas. Las Reglas para Análisis de Semillas del ISTA, publicadas y actualizadas desde 1928, son adoptadas actualmente en 73 países (D. L. Ana, 2001).

Gutiérrez (2002) señala que si se define calidad como un "grado o padrón de excelencia", entonces la calidad de semillas puede ser vista como un padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión "calidad de semillas" es utilizada libremente para reflejar el valor de la semilla para propósitos específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del consumidor.

La calidad de la semilla puede definirse como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. La semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad (Andrade, 1992).

La expresión fenotípica final de una semilla, es función de tres elementos: genotipo, ambiente e interacción genotipo-ambiente (Márquez, 1988) en estos términos, cuando una semilla llega a manos del agricultor, lleva consigo los efectos del conjunto de actividades y condiciones a las que voluntaria o accidentalmente fue sometida. Tales efectos, se traducen en potencial agronómico que se manifestará a través de su desarrollo biológico (Moreno, 1996).

2.2.1 Componentes de la calidad de semillas

La calidad de semillas es un concepto que comprende diversos componentes, a pesar de que para muchos agricultores, semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras indeseables. Este concepto se refleja en el hecho de que para muchos laboratorios de análisis de semillas, entre 80 y 90 % de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación. Sin embargo, existen otros componentes de la calidad de semillas que pueden agruparse en tres categorías:

1. Descripción: especie y pureza varietal, pureza analítica, uniformidad, peso de semillas.
2. Higiene: contaminación con invasores nocivas, sanidad de semillas, contaminación con insectos y ácaros.
3. Potencial de desempeño: germinación, vigor, emergencia y uniformidad en campo.

(Márquez, 1988).

En la práctica, la expresión calidad de semillas es usada libremente para reflejar el valor global de la semilla para la cual fue producida. Sin embargo, ella no es más que sólo una "buena semilla", es una mezcla de propiedades fisiológicas y ambientales, con muchos aspectos que todavía no fueron esclarecidos. La calidad de semillas tiene muchos y variados impactos: da hambre o contentamiento, da pérdidas o lucro, da estancamiento o progreso. La ISTA cumple un importante papel para llegar a este objetivo (Carambula, 1981).

La calidad es un concepto que abarca varios aspectos, referentes al nivel de utilización de la semilla para la siembra "La calidad se puede definir como el grado de excelencia alcanzado por las semillas cuando son producidas y beneficiadas en forma optima" (Andrade, 1992).

2.2.2 Componente Genético

Refiere a la variedad obtenida por el fitomejorador

La calidad genética es óptima, cuando se asegura la identidad genética o pureza varietal de acuerdo con la semilla original, la máxima calidad genética, está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el mejorador (Andrade, 1992).

Factores que afectan la pureza genética (Andrade, 1992).

- Origen de la semilla
- Contaminaciones mecánicas
- Contaminaciones durante la polinización
- Estabilidad genética
- Efectos de selección

Elementos indispensables para mantener la pureza genética en un programa de producción de semillas (Andrade, 1992).

- Uso de semilla aprobada únicamente en multiplicación de semilla
- Inspección y aprobación de campo, previo a la siembra
- Inspección en etapas críticas del cultivo mediante:
Verificación de pureza genética, detección de mezclas, malas hierbas, hierbas nocivas, y enfermedades de semilla (o transmitidas vía semilla)
- Comparación de muestras en lotes, potencialmente aprobadas.

2.2.3 Características Físicas

Se refiere al nivel de excelencia con respecto a tamaño, forma, color, brillantez, densidad de la semilla, entre otras características. Se considera también el porcentaje de semilla pura, peso de la semilla (Andrade, 1992).

Uno de los aspectos importantes durante la cosecha es el contenido de humedad al que se debe de iniciar la recolección de semilla con el objetivo de evitar al máximo el daño mecánico, además de que todo el equipo que se utilizó durante la recolección, deberá estar limpio para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hayan cosechado con anterioridad (Tadeo y Espinosa, 2002).

2.2.4 Componente biológico

A la calidad biológica también se le conoce como componente fisiológico. Está integrado por características relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas e individuos. Estas características que definen los aspectos biológicos son entre otros viabilidad, germinación y vigor (Andrade, 1992).

2.2.5 Componente sanitario

Se refiere al hecho de que la semilla se encuentra libre de microorganismos, que representan una seria dificultad para la producción de semilla de alta calidad y posteriormente puede limitar la capacidad productiva de grano de la variedad o híbrido (Moreno, 1996).

La semilla con calidad sanitaria debe estar libre de patógenos que pueden afectar a la propia semilla. Libre de enfermedades transmitidas por semilla (que pueden afectar al propio cultivo y/o disemina un problema fitopatológico) (Andrade, 1992).

Tipo de microorganismos comunes en semillas: Hongos, Bacterias, Virus.
Contaminantes de semillas (Formas de acción) (Moreno, 1996):

- Mezclas con semillas pero no unidos a ellas: ejemplo: esclerocios, esporas de hongos.
- Asociados superficialmente: ejemplo, hongos de almacén.

- Portados internamente en las semillas, que pueden ser transmitidos a las plántulas.

Ejemplo: Ustilago nuda, en cereales; carbón de la espiga en Maíz (Sphacelotheca Reiliana Kuehn Clinton).

Las enfermedades afectan en forma directa e indirecta la producción de semillas.

Directa: El patógeno ataca a la semilla de alguna manera; en cualquier punto de las fases de la producción. Las consecuencias son visibles: decoloración, manchas, tamaño, forma, pequeña, moho, calentamiento, entre otras (Andrade, 1992)

Indirecta: Las enfermedades reducen la capacidad de un cultivo de elevar al máximo el rendimiento, así como la calidad del producto que se cosechará (Tadeo y Espinosa, 2002).

Importancia de la calidad sanitaria

En maíz en particular son de extremo cuidado las enfermedades que atacan al cultivo, que se transmiten vía semilla, un ejemplo muy claro es el carbón de la espiga, la cual es provocada por el hongo Sphacelotheca Reiliana Kuehn Clinton. Esta enfermedad aumenta en incidencia cada día, siendo importante tratar de controlar oportunamente y en forma integral. (Moreno, 1996)

2.3 Vigor de semillas

El vigor híbrido o heterosis es el fenómeno genético por el cual los descendientes de una fecundación cruzada muestran mayor vitalidad que sus progenitores (Sánchez, 1988).

El vigor híbrido es el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores. Así, el maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas (Poehlman, 2003).

Villaseñor (1984) conceptualiza al vigor como "la capacidad de la semilla puesta en

diferentes condiciones ambientales para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo posible”.

Vigor per se: Que puede representarse en términos de rapidez de crecimiento y tamaño alcanzado, capacidad para desarrollar bajo condiciones desfavorables (Enciclopedia Encarta, 2003).

La diferencia en semillas con alto y bajo vigor se detecta sólo en fases iniciales de crecimiento y bajo condiciones adversas, pero no hay suficientes evidencias de que el efecto se observe en rendimiento (Tadeo y Espinosa, 2002).

La ISTA (International Seed Testing Association, 1996) Citadas por Moreno, (1996) maneja varios conceptos para explicar el vigor de la semilla dentro de los que destacan:

1. Constitución genética
2. Desarrollo y nutrición de la planta madre
3. Etapa de madurez en la cosecha
4. Tamaño de semilla
5. Integridad mecánica
6. Envejecimiento
7. Patógenos

2.3.1 Importancia del vigor

La información de vigor ha sido utilizada como una estrategia de marketing para cereales en Inglaterra, pero, internacionalmente las semillas raramente son comercializadas con base en resultados de pruebas de vigor específicas (Hampton, 2002).

Villaseñor (1984) considera al vigor como un factor importante dentro del análisis de la calidad de la semilla, siendo factible emplearse como un carácter de selección para

mejorar el vigor de plántulas y posiblemente el rendimiento; sin embargo, aun no se conoce claramente cuáles son los factores más importantes involucrados en esta característica y como mejorarla.

Tadeo y Espinosa (2002) señalan que la importancia del vigor de semillas radica en que permite predecir el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia, además, una semilla vigorosa tiene mayor longevidad.

2.3.2 Pruebas de vigor

Isly, citado por Solares (1995), menciona, que una prueba de vigor no es una prueba de respuesta per se, la respuesta en campo de un determinado lote de semillas puede estar más estrechamente correlacionado con las pruebas de vigor o con las pruebas ordinarias de laboratorio, dependiendo de la naturaleza de las condiciones de campo bajo las cuales se siembra. Así una prueba de vigor es entonces un estudio bajo condiciones ambientales específicas que proveen medios que detecten diferencias que no sean discernibles en una prueba de laboratorio ordinaria y que tenga como objetivo el de proveer resultados que sean reproducibles y que estén correlacionados con el comportamiento de las semillas en campo.

Copeland (1976) considera que la prueba ideal de vigor debería ser rápida; fácil de ejecutar, sin necesidad de un equipo complejo, igualmente útil para evaluar semillas individuales como para poblaciones y además debe ser capaz de detectar mínimas diferencias en vigor. Menciona también que algunos aspectos para medir el vigor son:

1. Velocidad de germinación.
2. Uniformidad de germinación y desarrollo de plántulas bajo condiciones adversas.
3. Habilidad para emerger a través de una costra de suelo.
4. Germinación y emergencia de plántulas en suelos fríos, húmedos y con patógenos.
5. Anormalidades morfológicas de la planta.

6. Rendimiento del cultivo.
7. Almacenamiento bajo diversas condiciones.

Perry (1980) señala como las cuatro principales áreas donde se puede observar el efecto del vigor:

1. Procesos relacionados bioquímicamente o durante la germinación tales como reacciones de enzimas y actividades respiratorias.
2. Proporción y uniformidad en la germinación de la semilla y crecimiento en el semillero.
3. Proporción y uniformidad en la germinación de la semilla y crecimiento en campo.
4. Habilidad de emergencia de la semilla bajo condiciones ambientales desfavorables.

Por lo anterior, con base a la clasificación de Villaseñor (1984), tenemos que las diferentes pruebas de vigor se pueden agrupar de la siguiente manera.

2.3.2.1 Pruebas directas

Se caracterizan por la evaluación de vigor; se efectúa una vez que la semilla ha germinado bajo condiciones favorables de germinación, en otros casos, estas pruebas pueden ser realizadas bajo condiciones de campo o de laboratorio. Entre las principales pruebas directas se encuentran:

❖ Prueba de frío (Cold test):

Esta es una de las más antiguas en la evaluación de vigor de semillas y quizá sea la más usada. Consiste en poner las semillas en toallas de papel absorbente (o en suelo) a temperaturas de 9 a 10°C por un periodo de 7 días, después se les aplican condiciones favorables para la germinación.

Finalmente se evalúa el vigor mediante el por ciento de germinación, longitud de plúmula, peso fresco o peso seco.

- ❖ Prueba de crecimiento de plántulas (se mide el crecimiento de plántulas)

- ❖ Pruebas de velocidad de crecimiento del cogollo y peso seco de éste.

- ❖ Prueba de velocidad de germinación

Se efectúan conteos diarios del número de semillas germinadas, termina cuando se logra el máximo de germinación.

- ❖ Pruebas del primer recuento de emergencia

- ❖ Prueba de envejecimiento acelerado

Predice la capacidad de almacenamiento de semillas (Longevidad), se emplea frecuentemente en soya. Se somete a las semillas a altas temperaturas (40° C), así como humedad relativa, por 72 horas.

- ❖ Prueba de ladrillo molido

Consiste en utilizar una capa de 2 a 3 cm. de ladrillo molido de 2 a 3 mm. de diámetro, colocada sobre la semilla, a una temperatura y humedad óptimas para su germinación; esta capa impide la emergencia de plántulas débiles, parcialmente enfermas o enrolladas. Las plántulas que emergen a través de la capa de ladrillo son consideradas como vigorosas.

2.3.2.2 Pruebas indirectas

Este tipo de pruebas son más sofisticadas que las pruebas directas, ya que por lo general requieren de aparatos especializados o sustancias que no fácilmente se consiguen; el nombre de indirectas se debe a la evaluación de vigor que se aplica directamente a la semilla antes que se inicie la germinación. Entre estas pruebas se encuentra:

- ❖ Prueba de tetrazolio

Es una forma rápida para determinar la viabilidad de la semilla, pues requiere de pocas horas.

La prueba se basa en el principio de que los tejidos vivos liberan hidrógeno en el proceso de la respiración, el cual se combina con la solución incolora de tetrazolio y produce un pigmento rojo (formazan). Esta prueba distingue entre tejidos vivos y tejidos muertos del embrión. La prueba debe efectuarse en la oscuridad y a temperatura de 21 a 35°C, el tiempo de exposición depende de la especie y la concentración de la solución (Moreno 1996).

❖ Prueba de la tasa de respiración

En esta las semillas de alto vigor tienen una alta respiración durante la imbibición. Esta consiste en colocar las semillas en una cámara captadora de bióxido de carbono, para medir la cantidad de CO₂ desprendido por las semillas durante la imbibición; las semillas vigorosas serán las de mayor liberación de CO₂ por su mayor actividad enzimática.

❖ Prueba de la actividad del ácido glutámico descarboxilasa (GADA)

Esta prueba consiste en moler finamente un grupo de semillas a las que posteriormente se agrega una solución de ácido glutámico; la cantidad de CO₂ que emana de esta mezcla durante 30 minutos, es el índice de la actividad enzimática presente en las semillas. Las semillas con mayor tasa de CO₂ liberado serán las más vigorosas (Villaseñor 1984).

❖ Prueba de niveles de Adenosina trifosfato (ATP)

❖ Prueba de conductividad eléctrica

Semillas con baja viabilidad y vigor presentan una mayor lixiviación de solutos que semillas vigorosas y de alta germinación.

❖ Prueba de cambios de permeabilidad

❖ Prueba de cloruro de amonio

❖ Prueba de hidróxido de sodio

2.3.2.3 Velocidad de emergencia

La velocidad de emergencia es una prueba de vigor donde la emergencia rápida es esencial para estimar el vigor. Sin embargo, existen controversias debido a que pueden suceder que semillas vigorosas no germinen por no poseer las condiciones adecuadas y sean catalogadas como pobres de vigor ya que luego de dicho período germinarán sin haber sufrido frente a las condiciones adversas. También se pueden dar casos de baja velocidad de germinación por dormancia y otro de germinación acelerada por la presencia de hongos en semillas de vigor pobre (Carambula, 1981).

Este parámetro se puede calcular fácilmente dividiendo el número de plantas normales emergidas en cada recuento de la población de semillas puestas a germinar. Consiste en sembrar las semillas en algún sustrato o suelo. Al iniciar la emergencia, se cuenta diariamente el número de plántulas emergidas por tratamiento, posteriormente se calcula la velocidad de emergencia por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde:

X = Número de plántulas emergidas por día

n = número de días después de la siembra

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

Virgen (1983), señala al respecto que muchos autores afirman que existe una relación directa y significativa del tamaño de semilla con la germinación y emergencia en campo y con el vigor.

Vargas (1996), señala que el empleo de una escala de calificación para medir vigor (alto, medio y bajo), en un esquema de mejoramiento genético mediante el índice de velocidad de emergencia debe ir acompañada de la evaluación de las líneas e híbridos de maíz con base al peso seco de plántula y porcentaje de germinación.

2.3.2.4 Acumulación de materia seca

La cantidad de materia seca acumulada por las plantas es un aspecto muy importante de la calidad fisiológica, pues resulta como una medida práctica de la actividad metabólica, lo cual es muy importante una vez que la planta se ha establecido, ya que a partir de ese momento la planta mejor dotada de estructuras morfofisiológicas se destacará en su desarrollo (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

Este parámetro conllevó a considerar la expresión del peso seco de la parte aérea (PSPA) y del peso seco de la raíz (PSR), ambas estructuras son igualmente importantes para el subsiguiente desarrollo vegetativo, pues en general una mayor proporción de superficie radicular implica un mayor volumen de suelo explorado, y que en forma interactiva con una mayor superficie fotosintética en la parte aérea proporciona un mejor desarrollo posterior al establecimiento en campo. (Evans, 1983).

2.4.1 Descripción de los Valles Altos y zonas de Transición.

En la región de los Valles Altos y Zonas de Transición existe una brecha amplia entre la disponibilidad de la tecnología moderna del maíz y su uso por parte de los productores. Se ha estimado que tan solo el 6% de la superficie cosechada de maíz en el año 2000, fue sembrada con semilla certificada. Debido a que la divulgación de la tecnología es deficiente en cantidad y calidad, limita directamente la adopción de las recomendaciones e indirectamente la producción de maíz (Tadeo y Espinosa, 2002).

La región de los Valles Altos Centrales de México está geográficamente determinada por aquellas zonas que se encuentran entre los 2200 y 2600 msnm; es el área maicera de mayor extensión e importancia, ubicada en los estados de México, Puebla, Hidalgo y Tlaxcala, que cuentan con una superficie potencial de 3.5 millones de hectáreas (Molina, 1980). El Área de la Mesa Central de México está caracterizada por presentar una amplia gama de condiciones ambientales, algunas

de las cuales son muy favorables. No obstante, el 39% de su superficie corresponde a zonas que se han clasificado como de temporal de bajo rendimiento, por la escasa frecuencia y mala distribución de las lluvias. En las que se siembran alrededor de 700,000 ha. de maíz con buen potencial de rendimiento (Arellano, 1983).

Las Zonas de Transición que se ubican en los alrededores de los Valles Altos Centrales de México están geográficamente determinadas por aquellas zonas que se encuentran entre los 1800 y 2200 msnm; áreas con poca extensión, pero en las que se produce maíz; localizadas principalmente en el Bajío, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. Del total de la superficie de las Zonas de Transición se siembra una superficie de 400,000 ha de maíz (Molina, 1980).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se localiza a 30 Km. Al norte de la ciudad de México. Geográficamente delimitan 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 del 5% de lluvias en invierno.

El experimento se realizó en el invernadero número dos con cubierta plástica, y en el laboratorio de Tecnología y Producción de Semillas de la FES-Cuautitlán.

3.2 Material genético

Los genotipos evaluados fueron seis híbridos comerciales liberados por el INIFAP y la UNAM recomendados para Valles Altos bajo condiciones de temporal y de riego.

Cuadro 1. Genotipos utilizados en la evaluación de la eficiencia en la acumulación de materia seca en plántulas de híbridos de maíz de Valles Altos.

GENOTIPO	ORIGEN	TIPO DE MATERIAL	CICLO VEGETATIVO
H-48	S.L.2002R	Híbrido trilineal	Intermedio
H-50	2002	Híbrido doble	Intermedio
H-151	2002	Híbrido trilineal	Largo
H-155	2002	Híbrido trilineal	Largo
Puma 1163	1996	Híbrido trilineal	Intermedio
Puma 1076	1996	Híbrido trilineal	Intermedio

3.2.1 Características del híbrido trilineal H-48

El híbrido H-48 es de ciclo intermedio, fue desarrollado y liberado en 1999, por el Campo Experimental Valle de México perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), es resistente a acame y roya (*puccinia* sp), es específico para punta de riego y condiciones de temporal favorable en los Valles Altos del Centro de México (2200 a 2600 msnm) que comprende los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro y Michoacán. La producción de semilla de H-48 es fácil, porque la cruz simple y el macho tienen ciclos vegetativos similares, por lo cual la siembra para producción de semilla de ambos progenitores es simultánea. H-48 tiene ciclo vegetativo intermedio similar al H-33 y H-28, híbridos comerciales usados como testigos. Su altura de planta es de 245 cm. y de mazorca 135 cm. La floración masculina y femenina ocurre a los 82 días y la madurez fisiológica a los 150 a 155 días en altitudes de 2240 msnm. La mazorca mide 16.8 cm., con 16 hileras, grano blanco, los valores obtenidos en análisis de laboratorio de maíz señalan que este híbrido posee buena calidad para ser aprovechado en la industria de la masa y la tortilla, mejor que en la industria harinera. El H-48 puede cosecharse con maquinaria, ya que tiene buena uniformidad en altura de mazorca, es tolerante al acame, tiene menor incidencia de Rayado Fino y Achaparramiento que H-33, lo que le da ventaja sobre otros híbridos comerciales ya que la incidencia de estas dos enfermedades se ha incrementado en los últimos años en los Valles Altos del Centro de México (Espinosa *et al.*, 2003).

3.2.2 Características del híbrido doble H-50.

El híbrido H-50 fue liberado en 1998 por el INIFAP, a través del Programa de Mejoramiento Genético y Producción de Semillas, el cual se inscribió en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) con el número 1129-MAZ-438-280599/C, para ofrecer a los productores de los Valles Altos una alternativa de producción con mayores ventajas agronómicas y económicas (Espinosa y Tadeo, 2002). EL H-50 es un híbrido producto de la cruz simple (M17 x M18) del INIFAP, por la cruz simple (CML246 x CML242) del CIMMYT. Las dos líneas del INIFAP

pertenecen a la raza Cónico y se derivaron de la Colecta Michoacán 21, que sirvió de base para la obtención de líneas que forman otros híbridos como H-24, H-28, H-30 y otros. La cruce M17 x M18, también ha participado en otros híbridos del INIFAP para Valles Altos, cuya genealogía es: Mich 21-CompI-27-2, para M17 y Mich 21-Comp I-7-2, para M18; la endogamia de ambas líneas es S_2 , en cambio las líneas del CIMMYT, poseen endogamia superior a S_{10} . Ambas cruces simples poseen excelente capacidad de rendimiento de semilla comercial (6.0 a 7.5 t ha⁻¹ de semilla comercial) y calidad física de semilla atractiva, 75% o más de semilla grande y mediana de forma plana (Tadeo y Espinosa, 2000). razones por las cuales la producción de semilla es altamente rentable. El orden de combinación puede ser: (CML242xCML246) x (M17xM18) o bien en sentido inverso: (M17xM18) x (CML242xCML246); en los dos casos la productividad de semilla es buena (Espinosa *et al.*, 2000). Las características agronómicas del H-50 son: maíz híbrido de cruce doble, de ciclo intermedio, con 155 días a madurez fisiológica, unos días más precoz en ciclo al H-33 (157 días) y que H-28 (159 días) y VS-22 (161 días); su altura de planta es de 2.38 m y de mazorca 1.49 m; la floración masculina se presenta a los 83 días, la femenina a los 84 días y la madurez fisiológica a los 155 días, en altitudes de 2240 msnm (Cuadro 1). La mazorca mide 15.8 cm de largo, con 16 hileras, posee grano color blanco, con 60% de reflectancia, índice de flotación de 23D, presenta 1.78% de pico, 5.3% de pericarpio, 8.3% de germen y peso hectolitro de 782 kg/Hl. Los valores de porcentaje de pico, pericarpio y germen están dentro de los establecidos por la empresa MASECA. H-50 presenta variables de nixtamalización: 43.0% de humedad de nixtamal, 4.3% de pérdida de sólidos, 1.78 de rendimiento de masa y 1.44 de rendimiento de tortilla, lo anterior indica que H-50 posee características físicas y variables adecuadas para aprovecharse en la industria de la masa y la tortilla. El H-50 tiene menor incidencia de rayado fino y achaparramiento que el H-33, lo que es positivo ya que en los últimos años la incidencia de estas dos enfermedades ha aumentado.

3.2.3 Características del híbrido trilineal H-151

El híbrido H-151 es de ciclo tardío, fue formado en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), del INIFAP, es de porte medio alto, de doble propósito (grano y forraje), con rendimiento promedio de grano de 8 a 12 toneladas por hectárea. Ha rendido de 70 a 90 toneladas de forraje verde por hectárea. El H-151 presenta buena tolerancia al acame cuando se siembra a una densidad adecuada; además muestra buen porcentaje de cuateo (hasta 40%), buena uniformidad en altura de planta y mazorca y buen desarrollo en suelos delgados. La planta alcanza una altura de 270 cm a 290cm, el grano es blanco – cremoso, sus ciclo biológico es de 180 a 190 días. Se recomienda para producción de grano en siembras de riego y humedad residual en la Zona de transición (1800 a 2100 msnm), y para producción de grano y forraje en siembras de riego y punta de riego en los Valles Altos (2200 – 2350 msnm) de los estados de Querétaro, Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Distrito Federal (Velásquez, 2003).

3.2.4 Características del híbrido trilineal H-155

El híbrido H-155 es de ciclo tardío y para siembras de riego y humedad residual en la Zona de transición (1800 a 2100 msnm), fue formado en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), del INIFAP, es de porte medio alto, de doble propósito (grano y forraje), con rendimiento promedio de grano de 8 a 12 toneladas por hectárea. Ha rendido de 70 a 90 toneladas de forraje verde por hectárea. El H-151 presenta buena tolerancia al acame cuando se siembra a una densidad adecuada; además muestra buen porcentaje de cuateo (hasta 40%), buena uniformidad en altura de planta y mazorca y buen desarrollo en suelos delgados. La planta alcanza una altura de 270 cm a 290cm, el grano es blanco – cremoso, sus ciclo biológico es de 180 a 190 días (Velásquez, 2003).

3.2.5 Características del híbrido trilineal Puma 1163.

El híbrido Puma 1163 es de ciclo intermedio/tardío, fue desarrollado y liberado en 1999, por el Departamento de Ciencias Agrícolas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para la Zona de Transición el Bajío - Valles Altos (1800-2200 msnm). es específico para siembras retrasadas de fines de mayo y junio en el Valle del Mezquital, en siembras después de cosechar trigo u otro cereal.

La producción de semilla de Puma 1163, requiere la siembra diferencial de los progenitores, debiéndose sembrar primero la línea macho y 10 días después debe sembrarse la hembra. Su altura de planta es de 225 cm y de mazorca 115 cm. La floración masculina y femenina ocurre a los 76 días y la madurez fisiológica a los 135 a 140 días en altitudes de 1900 msnm. El Puma 1076 puede cosecharse con maquinaria, ya que tiene buena uniformidad en altura de mazorca, es tolerante al acame, tiene menor incidencia de Rayado Fino y Achaparramiento, lo que le da ventaja sobre otros híbridos comerciales ya que la incidencia de estas dos enfermedades se ha incrementado en los últimos años (Espinosa *et al.*, 2003*). Comunicación personal.

3.2.6 Características del híbrido trilineal Puma 1076.

El híbrido de maíz Puma 1076 fue desarrollado en el Departamento de Ciencias Agrícolas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para Valles Altos (2200-2600 msnm), en 1999, este híbrido es de ciclo vegetativo intermedio de 150 días, de conformación trilineal. En el híbrido Puma 1076, la cruce simple progenitora hembra es CML244XCML349, generada en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Puma 1076 es un híbrido muy similar en ciclo biológico al H-33, y de 5 a siete días más precoces que H-28 y VS-22. Su altura de planta y mazorca es de 248 – 161 cm. La floración masculina se presenta a los 83 días. La femenina a los 84 días, la madurez fisiológica se logra a los 156 días en sitios en altitudes de 2240 m. Las mazorcas son Cónicas y constan de 16 hileras, con 16.0 cm. En Puma 1076 la espiga está libre, es

abierta, con pocas ramas laterales y sin ramas secundarias. Pueden cosecharse con maquinaria, ya que tienen uniformidad aceptable que lo permite. También exhiben tolerancia al acame con respecto al híbrido comercial H-33 y menor incidencia de Rayado Fino (Fine Stripe Virus, MRFV) y Achaparramiento (Corn Stunt Disease, CSD, Raza Mesa Central), enfermedades que en los últimos años han aumentado en los Valles Altos. Presenta pocos hijos con respecto al mismo testigo, el híbrido H-33. En pruebas de calidad nixtamalera ha presentado buen rendimiento de nixtamal, el color del grano de Puma 1076 presenta grano de color blanco cremoso, por lo cual no posee características favorables para fabricar harina, de acuerdo a los Estándares de MASECA (Tadeo *et al.*, 2004).

3.3 Diseño experimental

Se estableció un ensayo en Bloques Completos al Azar, el cual considera los seis genotipos, con 12 repeticiones de 25 semillas, 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).

3.3.1 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.

3.4 Establecimiento de la cama de siembra

Previo a la siembra se limpió la cama de residuos de la cosecha anterior y de malezas, removiéndose 15cm. de suelo de tipo franco arcilloso, el que fue cernido fuera de la cama, la capa de suelo que quedó dentro de la cama fue mullida y nivelada. Se utilizaron 7.20 m. de largo por 1.10 m de ancho.

3.5 Manejo agronómico

3.5.1 Siembra

La siembra se efectuó el día 4 de febrero del 2003 en seco, de forma manual se colocaron las 25 semillas 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 una profundidad de 10 cm.

3.5.2 Riegos

El primer riego se realizó el día de la siembra, de tal manera que la humedad alcanzó los 10 cm. de profundidad, posteriormente se realizaron riegos ligeros diario 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 facilitarían la emergencia de plántulas fuera de su hilera.

3.6 Cosecha de plántulas

A los 22 días después de la siembra se realizó esta labor, aflojando la tierra con una pala de jardinería y con cuidado se extrajeron planta por planta, evitando que se quedara lo menos posible de las raíces en la tierra, enseguida se lavó para quitar la tierra adherida a las mismas. Una vez que se obtuvieron las plantas, ya sin la humedad del lavado, se tomaron los datos de las diferentes variables.

3.7 Parámetros evaluados

3.7.1 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:

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

Donde:

X = Número de plántulas emergidas por día

n = número de días después de la siembra

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

3.7.2 Longitud de plántulas:

A los 12 y 17 días se midió la altura en centímetros de tres plántulas tomadas 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.

3.7.3 Longitud de raíz y plúmula

Una vez extraídas se tomaron al azar cinco plantas 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.

3.7.4 Peso fresco de raíz y plúmula

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

3.7.5 Materia seca

Se separó la parte aérea de las raíces y se metieron en sobres previamente etiquetados para llevarse a la estufa Felisa a 70°C por 3 días, después se pesaron en una balanza analítica.

3.7.6 Germinación

La germinación se evaluó en la cámara germinadora en cuatro repeticiones de 25 semillas (para completar 100 semillas de cada genotipo), a temperatura de 27°C, en conteos a los cinco días. Para realizar esta prueba, se utilizó toallas de papel, en donde se acomodaron 25 semillas por toalla distribuidas en la forma de tres bolillo y con la radícula hacia abajo.

IV. Resultados

4.1 Porcentaje de germinación

Los resultados obtenidos en la prueba de germinación indican que la mayoría de los genotipos presentaron arriba del 90% de germinación con excepción del H-50 que presentó 82% (cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de los seis híbridos evaluados en la cámara ambiental.

GENOTIPO	No. SEMILLAS	No. SEMILLAS GERMINADAS	% DE GERMINACIÓN
Puma 1076	100	100	100%
H-155	100	100	100%
H-48	100	99	99%
H-151	100	97	97%
Puma 1163	100	95	95%
H-50	100	82	82%

4.2 Análisis de varianza

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza, dejan ver, que para el cuadrado medio genotipos la totalidad de las variables, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas (Cuadro 3).

Para el cuadrado medio repeticiones se observó que la longitud de plúmula 1ra. medición (LP1), longitud de plúmulas 2da. medición (LP2), longitud de plúmula final (LPF), longitud de raíz (LR), peso fresco de raíz (PFR) y peso seco de plúmula (PSP) son altamente significativos al 0.01, mientras que peso fresco de plúmula (PFP) resultó significativo al 0.05 (Cuadro 3).

Por otro lado no se presentó diferencia significativa en las variables peso seco de raíz

(PSR) y velocidad de emergencia (VE) (Cuadro 3).

En las diferentes variables el coeficiente de variación fluctuó entre 6.49% para LPF y 25.65% para PSP (Cuadro 3)

Cuadro 3 Cuadrados medios y significancia estadística para las variables estimadas.

VARIABLE	C. M. GENOTIPOS	C. M. REPETICIONES	MEDIA	C. V. %
Velocidad de Emergencia	51.60**	1.22 N. S.	5.01	24.5
Longitud de Plúmula 1ra. M.	177.33**	12.91**	20.9	8.8
Longitud de Plúmula 2da. M.	359.17**	27.37**	31.6	9.98
Longitud de Plúmula final.	668.04**	54.94**	52.7	6.49
Longitud De raíz.	52.16**	20.52**	22.5	10.05
Peso fresco De raíz	0.122**	0.0296**	0.53	14.09
Peso seco De raíz	0.021**	0.0026 N.S.	0.21	18.87
Peso fresco De plúmula	32.47**	1.637*	5.78	15.62
Peso seco De plúmula	3.36**	11.86**	1.93	25.65

** Altamente significativo al 0.01

* Significativo al 0.05

N. S. No significativo

4.3 Prueba de comparación de medias

En los cuadros 4, 5 y 6 se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias para los seis híbridos estudiados en cada una de las variables evaluadas.

Para velocidad de emergencia se da un comportamiento similar en los genotipos H-50, H-48, H-155 y Puma 1076 con valores que van de 5.95 a 6.85. Mientras que el valor más bajo lo presentó el Puma 1163 con 1.54, seguido por el H-151 con 3.50 (Cuadro 4)

En cuanto a la longitud de plúmulas 1ra. medición, se observa superioridad del H-48 con 26.25 cm., le siguieron con una longitud muy cercana el H-50, H-155 y el Puma 1076, siendo el Puma 1163 y H-151 los más rezagados en altura (Cuadro 5).

Para la segunda medición de longitud de plúmula, se mantiene con el valor más alto el H-48 con 38.74 cm., comportándose estadísticamente en el mismo orden ya señalado los demás genotipos (Cuadro 5).

Cuadro 4 Comparación de medias para la variable VE obtenida en la "Evaluación la eficiencia en la acumulación de materia seca en plántulas de maíz de Valles Altos".

HÍBRIDOS	VELOCIDAD DE EMERGENCIA
H-50	6.85 a
H-48	6.58 a
Puma-1076	5.95 a
H-155	5.67 a
H-151	3.50 b
Puma-1163	1.54 c
D.S.H.(0.05)	1.48

Cuadro 5 Comparación de medias para las variables longitud de plúmula1 (LP1), longitud de plúmula 2 (LP2), longitud de plúmula final (LPF) y longitud de raíz (LR) de los híbridos de maíz evaluados.

HÍBRIDOS	LP 1 (cm.)	LP 2 (cm.)	LPF (cm.)	LR (cm.)
H-48	26.25 a	38.74 a	62.53 a	24.36 a
H-50	23.11 b	33.46 b	56.03 a	24.50 a
Puma-1076	21.83.b	34.74 b	56.58 b	23.06 a
H-155	21.29 b	32.15 b	51.71 c	22.98 a
H-151	18.27 c	32.15 b	48.30 c	21.00 c
Puma-1163	15.20 d	23.37 d	41.07 d	19.12 c
D.S.H.(0.05)	2.21	3.8	4.12	2.72

En el cuadro 5, se aprecia que en el parámetro longitud de plúmula final, el H-48 se mantiene en la cima con una media de 62.53 cm. destacando como segundo el Puma 1076 con 56.58 cm. Y 56.03 del H-50, mientras que el más bajo fue el Puma 1163 con un valor de 41.07 cm.

Por otro lado en el parámetro longitud de raíz final, se manifiestan estadísticamente iguales los híbridos: H-48, H-50, Puma 1076 y H-155, aunque numéricamente el H-50 fue el más alto con 24.5 cm., quedándose a la zaga con 19.12 cm. El Puma 1163 (Cuadro 5).

Con respecto a peso fresco de raíz, tuvo una significancia estadística igual para cuatro genotipos, numéricamente fue mayor para el Puma 1076 y H-48 con 0.619 gr. y 605 gr. respectivamente, ocupando el último sitio el Puma 1163 con 0.343 gr., casi la mitad del peso de raíz del valor más alto que es el Puma 1076 (Cuadro 6).

En referencia al peso seco de raíz la tendencia se mantiene igual estadísticamente para el Puma 1076 y el H-48, con 0.266 y 0.248 respectivamente, mientras que el Puma 1163 sigue con el mismo comportamiento de último en la tabla con 0.147 gr. (Cuadro 6)

En peso fresco de plúmula, están en los primeros sitios el H-48, el H-50 y el Puma 1076, con valores de 7.71, 7.04 y 6.62 gr. respectivamente, quedando en el fondo el Puma 1163, con la mitad del peso del genotipo más alto (Cuadro 6).

Cuadro 6 Comparación de medias para las variables peso fresco de raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR), peso fresco de plúmula (PFP) y peso seco de plúmula (PSP) de los híbridos de maíz evaluados.

HÍBRIDOS	PFR (gr.)	PSR (gr.)	PFP (gr.)	PSP (gr.)
H-48	0.605 a	0.248 a	7.71 a	2.56 a
Puma-1076	0.565 a	0.266 a	6.62.a	2.25 a
H-50	.0619 a	0.225 c	7.04 a	2.21 a
H-155	0.540 a	0.208 c	5.45 b	1.91 c
H-151	0.495 b	0.196 c	4.45 b	1.56 c
Puma-1163	0.343 c	0.147 d	3.40 c	1.11 d
D. S. H.(0.05)	0.089	0.049	1.089	0.598

Por último el peso seco de plúmula, manifiesta una significancia estadística igual para el H-48 con 2.56 gr., 2.25 gr., el Puma1076 y 2.21 gr. el H-50, siguiendo la misma tendencia de rezago el Puma 1163 con una media de 1.11 gr. (Cuadro 6).

V. DISCUSIÓN

En el análisis de varianza (Cuadro 3) se aprecia que la significancia estadística es alta entre genotipos para todas las variables, lo cual confirma la hipótesis 2 donde se señala que la acumulación de materia seca presentara diferencias entre los seis híbridos evaluados y no solo estos son diferentes en acumulación de materia seca, sino también en longitud de raíz, longitud de plúmula y en velocidad de emergencia. Mientras que para repeticiones solo en velocidad de emergencia y peso seco de raíz no resultan significativos, reflejándose una situación parecida a la que reporta (Cabrera, 2002) donde no se dio esta significancia estadística en estas variables.

Es importante señalar que los coeficientes de variación no se disparan más del 25.65%, por lo que se consideran confiables los resultados obtenidos.

En referencia a los resultados obtenidos en la prueba de germinación, cabe destacar a los genotipos H-48, el Puma 1076 y el H-155 (cuadro 2), aunque es necesario señalar que uno de los genotipos que resultó muy consistente en las diferentes variables (VE, LP1, LP2 LPF PFR, PSR, PFP y PSP) es el H-50, que termino con un porcentaje bajo de germinación de 82%, de ahí que no necesariamente el poder germinativo le afecto a la hora de reflejar el vigor en las diferentes valoraciones. Por otro lado (Vazquez, 2003) en pruebas de germinación con el mismo genotipo solo obtuvo un 76% de germinación, valor por debajo del establecido por el ISTA (1996) que debe ser como mínimo del 85% de germinación. Resultados que muestran que en el caso específico del híbrido H-50, no se confirma la hipótesis 1 de este trabajo donde se señala que la germinación esta relacionada con el vigor. Sin embargo los híbridos H-48, Puma 1076 y H-155 si presentan relación entre la germinación y las demás variables con las que se evaluó el vigor

Al evaluar el parámetro velocidad de emergencia (Cuadro 4) es similar el comportamiento del H-48, H-50, Puma 1076 y H-155; y es necesario señalar que estos materiales son de origen 2002 a excepción del Puma 1076 que es del año 1996; por lo que se puede deducir que esta es una semilla de calidad (vigorosa) fue producida, beneficiada y almacenada en forma optima (Andrade,1992). No siendo así

con el Puma 1163, también de 1996 y que se mantuvo en el último sitio en las evaluaciones. Lo interesante y muy importante es señalar que en este híbrido (Puma 1163), al igual que en el H-50 no se presentó relación entre el vigor y la germinación, pues el Puma 1163 presentó un porcentaje de germinación alto (95%) y bajo vigor de acuerdo con las variables de acumulación de materia seca y longitud de raíz y plúmula

Por último estos resultados de velocidad de emergencia en los híbridos: H-48, H-50, Puma 1076 y H-155 confirman la hipótesis 3, pues los genotipos con mayor velocidad de emergencia fueron los que tuvieron mayor acumulación de materia seca, con la excepción del Puma 1163 y H-151; sin embargo en el caso del H-151, puede deberse al ciclo vegetativo, ya que este híbrido es de ciclo largo en comparación con los otros materiales.

Para la longitud de plúmula 1 y 2 (Cuadro 5) se expresa con más vitalidad el H-48 con 38.74 cm lo que es acorde con lo que dice Basante (1984) citado por (Ramírez) y que postula que la altura de planta a falta de un índice más complejo puede servir para determinar el vigor, debido a que esta se correlaciona con el porte del individuo. Por otro lado el desempeño del H-50, P-1076 y H-155 tuvieron un papel aceptable con 33.46, 34.74 y 32.15 cm. respectivamente.

Ya en la LPF (cuadro 5) se confirma el liderazgo del H-48, manteniendo el mismo orden descendente los genotipos ya mencionados. Coincidiendo el mismo orden para VE (Cuadro 4) y estableciéndose con esto que los genotipos con mayor velocidad de emergencia tendieron a desarrollar un porte más alto.

Comparando la longitud de raíz con el peso fresco de esta (Cuadro 5 y 6) se aprecia que a un gran desarrollo radicular va corresponder mayor superficie de absorción de nutrimentos, lo que va a redundar en más peso de esta estructura y así lo demuestran los híbridos que siguen hegemonizando y que son el H-48, H-50, P-1076 y H-155 con valores de LR que van de 24.36 a 22.98 cm, dándose una situación similar en PFR con valores de 0.619 gr para el P-1076, hasta 0.540 para el H-155.

Como se puede apreciar en el cuadro 6 a quien le correspondió el valor más alto en peso seco fue al P-1076, con 0.266 gr, resultando uno de los más eficientes en la acumulación de materia seca, que junto con el H-48, H-50 y H-155 pueden ser catalogados como de alto vigor ya que en un periodo de tiempo corto, con buenas condiciones de humedad y temperatura las plantas acumularon una considerable cantidad de materia seca (Vargas, 1996).

En los resultados obtenidos de peso seco de raíz, peso fresco de plúmula y peso seco de plúmula (Cuadro 6), se nota congruencia ya que los híbridos con más peso de la radícula así lo reflejan en la acumulación de fotosíntatos y por lo tanto en materia seca acumulada y se sigue manteniendo la superioridad del H-48, del P-1076, H-50 y H-155 con valores para PFP de 7.71 a 5.45 gr; del PSP valores de 2.56 a 1.91 gr. Por otro lado fueron poco eficientes en la acumulación de materia seca el H-151 y el P-1163, aunque por su rezago no se les puede catalogar como de bajo vigor sino más bien colocarlas dentro de las de mediano vigor de acuerdo a la clasificación de (Vargas,1996).

VI. CONCLUSIONES

Apoyado en los objetivos e hipótesis planteados y con los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El porcentaje de germinación de los híbridos cumplió con las normas internacionales del ISTA (1996), a excepción del H-50 que no alcanzó más que el 82%, pero sin embargo se comportó bien en las demás variables evaluadas.
2. El valor más alto en velocidad de emergencia lo obtuvo el H-50, situación que coincide con otros resultados obtenidos en los que se ha utilizado la semilla del mismo lote.
3. Los tres genotipos con mayor acumulación de materia seca en el caso de PSR fueron el P-1076, el H-48 y el H-50 con valores de 0.266, 0.248 y 0.225 gr respectivamente, le siguieron el H-155, H-151 y el P-1163. En cuanto a PSP el más eficiente fue el H-48, P-1076 y el H-50, con 2.56, 2.25 y 2.21 gr respectivamente.
4. De acuerdo al porcentaje de germinación, la VE, LPF, LR, PFR, PSR, PFP y PSP los híbridos más eficientes y con mayor vigor fueron en orden decreciente el H-48, P-1076, H-50 y el H-155.
5. La germinación de los híbridos evaluados tuvo relación con el vigor solo en tres de los seis híbridos (H-48, Puma 1076 y H-155).

VII BIBLIOGRAFÍA

Andrade B., H. J. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz y su relación con emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría y ciencias. C. P. Montecillos, Méx.

Arellano V., J. L. 1983. Avance generacional. En Resúmenes de las ponencias sobre metodología de investigación en maíz SARH-INIA, México, D.F.

Cabrera M., Y. 2003. Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y 1076 con relación al tamaño de la semilla. Tesis profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Carambula M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Edit. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.

Carballo C., A. 1992. Técnicas de mejoramiento. Apuntes de la asignatura. FESC—UNAM. México.

Copeland, C.O. 1976. Principles of seed science and technology. Burges Publishing Company, USA

D. L.C. Ana 2001. Evaluación de la calidad de las semillas, Tema central de la Revista SEED News, mayo/ junio 2001.

Duff, C. 1985. Las semillas y sus usos, AGT editor, S.A. México.

Enciclopedia Encarta 2003, Para Windows98.

Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Lothrop, J.; Azpiroz R., S. Martínez M., R.; Pérez C., J. P.; Tut C. y Couoh; Bonilla B., J.; María R., A. y Salinas M., Y. 2003. H-48, Nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del centro de México). Agricultura Técnica en México. Vol. 29 Num. 1 Enero-Junio. p.82-87

Espinosa C., A. 1993. Tecnología de producción de semillas del híbrido de maíz H-33 para Valles Altos. Agronegocios en México. 2(12) 33-39.

Espinosa C., A. 1993b. Tecnología de producción de semillas de maíz en México. en: Memorias del Primer Simposium Internacional y Cuarto Nacional. "El maíz en la década de los 90", Zapopan, Jal., México.

Espinosa C., A., M. Tadeo R., H., J. Lothrop. 1999. Híbrido H-50. Desplegable informativa No. 7. CEVAMEX, CIRCE, INIFAP.

Espinosa C., A., M. Tadeo R., J. Lothrop, H. Mejía A., S. Azpiroz R. 2000. Tecnología de Producción de semilla del híbrido de maíz de cruza doble H-50 de Valles Altos. En: Memorias de XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI,

Irapuato, Guanajuato, pp 206-206.

Espinosa C., A., Tadeo R., M. 2002. Tecnología de producción de semillas para lo los híbridos H-48, H-50 y H-153 con el esquema de androesterilidad. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX 2002. Memoria Técnica No. 2, CEVAMEX, CIRCE, INIFAP, Chapingo, México. Pp. 13-15.

Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Lothrop, J.; Azpiroz R., S. Tut C. y Couoh, Salinas M.; Y. 2003. H-50 Híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). Agricultura Técnica en México. Vol. 29 Num. 1 Enero-Junio. p.85-87.

Evans, L. T. 1983. Fisiología de los cultivos, traducción H. González I. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köpen. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México.

Gutiérrez, H. 2002. Diferentes tiempos de precondicionamiento para la prueba del tetrazolio (TZ) en semillas de soya. En: XVIII Seminario Panamericano de semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Hampton, J. G. 2002. ¿Qué significa calidad de semillas? Revista SEED News. Tema central de septiembre/octubre. V. 5 n. 5 New Zeland.

Hartman H. T. y E. Kester D. 1980. Propagación de plantas. Edit. CECSA. México.

Internacional Seed Testing Association. 1987. Hand Book of Vigor Testing Methods. ISTA, Switzerland.

Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II AGT. Editores S.A. México.

Molina G., J .D. 1980. Selección masal visual estratificada en maíz. Colegio de Postgraduados. Fitotecnia.

Montes de Oca F. 2003. "La maleza es determinante en el desarrollo del cultivo del maíz" Revista Agrosíntesis. México, D. F.

Moreno M. E., 1996 Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología de la UNAM. México.

Morrays, M. L. y M. A. López Pereira. 2000. Impactos del mejoramiento del maíz en América Latina, 1966-1997. México, D. F. : CIMMYT.

Perry, D.A. 1980. El concepto de vigor de semillas y su relevancia en las técnicas de producción de semilla, En: P.D. Hebblethwaite (Ed), Producción Moderna de Semillas. Londres Inglaterra.

Poehlman J. M. 2003. Mejoramiento Genético de las cosechas trad. al español Nicolás Sánchez Durón, séptima reimpression Editorial Limusa Wiley, S.A. México.

Ramírez C., J. A. 1991. Época de cosecha del maíz de cruza simple H-34, calidad de su semilla y capacidad de rendimiento. Tesis profesional. FES-Cuautitlán UNAM, México.

Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. Edit. AGT. México.

Robles Sánchez, R. 1983. Producción de granos y forrajes. Edit. Limusa, México, D.F.

Sánchez C., J. 2004. Velocidad de emergencia y acumulación de materia seca en híbridos de maíz (*Zea mays* L) en dos sustratos. Tesis profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Sánchez E, A. 1988. Producción de semillas de maíz híbrido en Producción y manejo de semillas. Tamaulipas Norte. SARH. PIFSV .pp.47-61

Solares F., F. 1995. Eficiencia de bioestimulantes sobre emergencia del Híbrido H-37 y sus cruza simples progenitoras. Tesis profesional FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., D. Beck, J. L. Torres, E. Hernández H. 2000. Rendimiento de semilla de cruza simples de maíz androesteriles y fértiles progenitoras de híbridos trilineales. En: Memorias de XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI, pp. 134-134, Irapuato, Guanajuato.

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. Matínez M., G. Srinivasan, D. Beck, J. Lothrop, J. L. Torres, S. Azpiroz R. 2004. Puma 1075 y Puma 1076, híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México. Rev. Fitotecnia Mexicana. Vol. 27 (29): 211-212.

Tadeo R. M. y A. Espinosa C. 2002. Apuntes del curso: Tecnología y producción de semillas. Ingeniería Agrícola, FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Tanaka A., y Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca componentes del rendimiento del grano de maíz: traducción al español por Josué Kahashi Shibata. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Turrent F., A. 1994. Plan de investigación del Sistema maíz-tortilla en la región

Centro. CIRCE, INIFAP, SARH, Publicación Especial No. 12, Chapingo, México.

Vargas R. J. M. 1996. Velocidad de emergencia, un parámetro importante para la selección por vigor de semillas de líneas e híbridos de maíz. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.

Vazquez M., F. L. 2003 Tolerancia a herbicidas y su efecto en el vigor de genotipos de maíz de calidad proteínica (QPM). Tesis profesional FES- Cuautitlán UNAM, México.

Velázquez C., G.A. 2003. Nuevos híbridos de maíz de endospermo normal para siembras de riego y temporal en los Valles Altos y Zona de Transición en el estado de México. Memoria Técnica No. 6, 60 Aniversario Campo Experimental Valle de México, pp 39-43.

Villaseñor M., H. E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántula de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados Chapingo, Méx.

Virgen V., J. 1983. Evaluación de vigor de maíz (*Zea mays* L.) en base a características de semilla y plántula. Cuautitlán, Méx.