

11821
3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**EVALUACION DEL VIGOR DE SEMILLA DE LOS HIBRIDOS DE
MAIZ PUMA 1075 Y PUMA 1076 CON RELACION AL
TAMAÑO DE LA SEMILLA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA AGRICOLA
P R E S E N T A :
YORGELINA CABRERA MANUEL

ASESORA: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2003

A



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.



SECRETARÍA FEDERAL
DE EDUCACIÓN
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

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

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

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

"Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

que presenta la pasante: Yorgelina Cabrera Manuel
con número de cuenta: 7615214-4 para obtener el título de :
Ingeniera 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 15 de enero de 2003

PRESIDENTE Ing. Miguel Bayardo Parra

VOCAL M.C. Margarita Tadeo Robledo

SECRETARIO Dr. Alejandro Espinoza Calderón

PRIMER SUPLENTE Ing. Gustavo Mercado Mancera

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Francisco Javier Vega Martínez

M. Bayardo
M. Margarita Tadeo Robledo
Dr. Alejandro Espinoza Calderón
Gustavo Mercado Mancera
Francisco Javier Vega Martínez

B

DEDICATORIA

A mis padres: Na Chelo y Ta Genaro, ejemplo de trabajo, honestidad y sencillez, con cariño y agradecimiento por darme la vida y colocarme aquí.

A Chayotito, Guto y Rebe, que sin deberla ni temerla le entraron a mi sostenimiento y formación académica. Mi humilde dedicatoria a esa impagable acción.

A Rodolfo, compañero de la vida, con quien comparto un logro más.

A Luisito, que desde hace 18 años ha llenado de luz y alegría mi vida.

Al camarada Bante, donde se encuentre, esperándonos para cantar y bailar juntos "La Zandunga".

A Lobito, pilar importantísimo en la familia, que con su testimonio ha dado una respuesta coherente al llamado del amigo Jesús en la gran tarea de convertir este mundo en algo más humano.

A Pelón y Cheli que con su solidaridad fortalecieron mi formación.

A Irenc, Rosy, Gaby, Doña Ema, Toñita, Doña Luly y Alejandra, ejemplo de mujeres fuertes y combativas que con sus pasos trazaron un camino imborrable en la Planta Impregnadora.

A Carmelita Herrera, Toña, Alicia, Maribel, Silvia, Chabelita, Lilia, Bettina, Elizabeth, Modesta, Katty, Beto García, Heber y Paty, manos amigas que siempre están.

A Yadirá, Gutito, Ernesto, Albita, Betito, Guiebani, Florencia, Natalí y el que vendrá en abril o junio, futuro esperanzador.

A Genarito y Elvira quienes me han aportado paciencia y cariño.

A Don Rodo y Doña Mary, quienes con su gran corazón y nobleza permitieron que compartiéramos su espacio y su cariño con toda la familia.

A todos las mujeres y varones que sienten respeto y cariño por la tierra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

A las y los trabajadores de este país que con su trabajo han sostenido las escuelas públicas, porque con su aportación permitieron mi formación académica en la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, muy en especial a la carrera de Ingeniería Agrícola porque en sus aulas encontré conocimientos, amistad y trato digno.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por su apoyo y su paciencia para dirigir y orientarme en esta investigación.

De manera muy especial al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por su valiosa asesoría para el análisis de resultado y la revisión de este trabajo.

Al Ing. Gustavo Mercado Mancera compañero de generación, de quién recibí muestras de ánimo, apoyo y sugerencias positivas para este proyecto.

A Gustavo y Pedro, por su ayuda solidaria en los trabajos pesados.

A los Ingenieros: Miguel Bayardo Parra y Francisco Javier Vega Martínez, que con sus correcciones y sugerencias lograron una mejor presentación de mi trabajo.

A Blanquita, a quien agradezco mucho su ayuda en el trabajo del llenado a máquina de los formatos que requerí.

SOMOS HIJOS DEL MAÍZ
(Luis E. Mejía Godoy)

Si nos quitan el pan
nos veremos en la obligación
de sobrevivir
como lo hicieron nuestros abuelos
con el maíz fermentado
en la sangre de los héroes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con el maíz sembrado
desde siempre
desde antes que ensangrentaran
nuestra tierra
los cuervos, los piratas, la cruz, la espada y el capital.

Somos hijos del maíz
constructor de surcos y de sueños
y aunque somos un país pequeño
ya contamos con más de mil inviernos
un millón de manos floreciendo
en la tarea interminable de sembrar
de abril a mayo
labrando, sembrando, tapizando, desgranando, almacenando
para la guerra y la paz.

Chicha de maíz, chicha con agua
la tlayuda y pelo de maíz
pimpo de maíz, lacatamal
atolito y tlacoyos
tamalito, totomostle, guetabingui y huaraches
totopos, zopes, pozol, pinole olote, molotes
chileatole, clote, pozole, tortilla
memela, pupuza, esquite, empanada.

Es decir el macizo e irreversible
alimento del pueblo.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

INDICE

INDICE	I
INDICE DE CUADROS	III
RESUMEN	IV
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
2.2 Calidad de semilla	6
2.2.1 Componente genético	7
2.2.2 Componente fisiológico	7
2.2.3 Componente sanitario	8
2.2.4 Componente físico	8
2.3 Vigor de semillas	9
2.3.1 Factores que determinan el vigor de semillas	10
2.3.2 Importancia del vigor de semillas	10
2.3.3 Pruebas para evaluar el vigor de semillas	11
2.4 Velocidad de emergencia	12
III. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Localización	15
3.2 Genotipos utilizados	15

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3	Diseño experimental	15
3.4	Establecimiento de la cama de siembra	15
3.5	Siembra	16
3.6	Riegos	16
3.7	Extracción de plántulas	16
3.8	Análisis estadístico	16
3.9	Variables evaluadas	16
3.9.1	Velocidad de emergencia	16
3.9.2	Longitud de raíz y plúmula	17
3.9.3	Peso fresco de raíz y plúmula	17
3.9.4	Peso seco de raíz y plúmula	17
3.9.5	Peso de 20 semillas	17
IV.	RESULTADOS	18
4.1	Análisis de varianza	18
4.2	Prueba de comparación de medias	18
V.	DISCUSIÓN	22
VI.	CONCLUSIONES	24
VII.	BIBLIOGRAFIA	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	18
Cuadrados medios y valores de F calculada obtenidos en los análisis de varianza de cada una de las variables involucradas en la "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".	
Cuadro 2	19
Comparación de medias para las variables peso seco de plúmula y peso fresco de Plúmula en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".	
Cuadro 3	20
Comparación de medias para las variables peso seco de raíz y peso fresco de raíz en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".	
Cuadro 4	20
Comparación de medias para las variables longitud de raíz y longitud de plúmula en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".	
Cuadro 5	21
Comparación de medias para las variables velocidad de emergencia y peso de 20 semillas en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".	

RESUMEN

Para determinar la influencia de distintos tamaños de semillas de maíz en la germinación y el vigor de estas y establecer las diferencias de los dos procesos; se emplearon dos híbridos Pumas. El experimento fue llevado a cabo bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, donde los genotipos utilizados fueron : Puma 1075 y Puma 1076 con tres diferente tamaños y doce repeticiones.

Las variables para determinar vigor fueron : Peso seco de raíz, peso seco de plúmula, peso fresco de raíz, peso fresco de plúmula, longitud de raíz, longitud de plúmula, velocidad de emergencia y peso de 20 semillas.

De acuerdo con los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, se formularon las siguientes conclusiones:

1.- El genotipo que exhibió mejor vigor basándose en los valores para las variables peso seco de plúmula, peso fresco de plúmula, peso seco de raíz, longitud de plúmula y peso de 20 semillas fue el Puma 1075.

2.- El genotipo Puma 1076 mostró mejor respuesta ante las variables peso fresco de raíz, longitud de raíz y velocidad de emergencia, debido probablemente a su menor ciclo vegetativo, es decir constitución genética.

3.- En todos los casos para los dos híbridos, las mejores respuestas en vigor medido en las variables evaluadas, correspondieron primero a tamaño grande, diferente estadísticamente a tamaño mediano y también diferente a tamaño chico.

4.- La velocidad de emergencia, importante porque es fundamental para el establecimiento en campo, para los dos genotipos fue similar en las semillas grandes y medianas pero fue diferente en las semillas de tamaño pequeño.

5.- La longitud de raíz no es un indicador confiable para evaluar el vigor.

I. INTRODUCCION

El maíz es un cereal en el que el pueblo mexicano basa su alimentación, es una de las más importantes fuentes de empleo y de ingreso para la población rural. En el país tiene un amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Es una de las plantas más útiles al hombre por su importancia en lo científico, en lo social y lo económico (Reyes, 1990). Su amplia expansión de cultivo obedece a la gran adaptación que tiene, lo cual le posibilita el cultivarse bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas.

Para la población mundial también es preponderante ya que ocupa el segundo lugar por superficie cultivada, pero recientemente ha alcanzado el primer lugar por producción total, compitiendo con el trigo (CIMMYT).

Para las culturas mesoamericanas el maíz ocupa un lugar especial porque somos la generación creada a base de maíz. *"Cuando todo lo que se dice fue revelado, fueron desgranadas las mazorcas, y con los granos sueltos, destelados en agua de lluvia serenade, hicieron las bebidas necesarias para la creación y para la prolongación de la vida de los nuevos seres. Entonces los dioses labraron la naturaleza de dichos seres. Con la masa amarilla y la masa blanca formaron y moldearon la carne del tronco, de los brazos y de las piernas."*(Popol Vuh). Por eso cuando comemos el maíz, se dice que nos estamos retroalimentando.

El maíz es rico en Selenio, también ofrece buenas cantidades de Zinc, Manganeseo y Potasio, elementos indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano. De la proteína que aporta es levemente menor a la de otros cereales (como el trigo y la avena), por su bajo contenido de dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano pero este inconveniente se supera combinándolo con leguminosas como frijoles, lentejas, chícharos, recientemente el maíz de calidad proteínica (APM), contiene mayor proporción de los dos aminoácidos señalados (Espinoza et al, 2001).

En México cada año se siembran alrededor de 7.5 millones de hectáreas de maíz con una producción media de 2.2 toneladas por hectárea. A pesar de tener gran tradición en este cultivo y el fuerte arraigo como base de la alimentación, es deficitario y se tiene que importar grandes cantidades para poder cubrir la demanda que exige la población para satisfacer sus necesidades alimentarias (Espinoza et al, 2001).

El consumo de este grano en nuestro país es de 120 kg anuales per cápita. A pesar de su importancia, el uso de semilla certificada es bajo (26%), por lo cual, la Secretaría de Agricultura organizó y puso en operación el programa denominado Kilo por Kilo, que considera el intercambio de semilla criolla por certificada. En 1996 se intercambiaron casi 4000 toneladas de semilla certificada beneficiando una superficie de 200 mil hectáreas y 92 000 productores, en cambio en 1997 se entregaron aproximadamente 8000 toneladas para beneficiar una superficie de 384 000 hectáreas y a más de 200 000 productores, esperándose de manera conservadora un incremento de la productividad del orden de 800 kg/ha, lo que representa 800 mil toneladas extras de producción (Espinoza et al, 1998).

Aunque son muchos los factores que influyen en la baja de la producción agrícola actual, una alternativa para elevarla es mejorar la productividad aprovechando los adelantos científicos y utilizando la tecnología disponible en Centros de Investigación, Universidades e Institutos.

En 1984 inició el Programa de Mejoramiento Genético en maíz de la UNAM campus Cuautitlán, producto de estos trabajos se desarrollaron los híbridos Puma 1075 y Puma 1076, los cuales tienen adaptación en los Valles Altos (2200 a 2600 msnm).

Dado que la semilla es uno de los insumos más importantes para el proceso productivo por la estrecha relación que tiene con el rendimiento, es básico utilizar semilla de buena calidad, lo cual debe considerar aspectos relacionados con los elementos de calidad: Genético, físico, fisiológico y sanitario. En el aspecto fisiológico, también el vigor, la germinación y la viabilidad son aspectos que permiten ubicar el nivel de calidad.

Cada vez existe mayor interés por entender los caracteres que determinan la calidad de semillas como: velocidad y porcentaje de emergencia, longitud de plúmula, longitud de raíz, peso seco y fresco de raíz y plúmula, así como otros caracteres, que están relacionados genéticamente, existiendo variabilidad, es también importante ubicar a aquellos genotipos superiores en vigor para ser utilizados como punto de partida y selección con respecto a otros materiales, con base en la calificación de materiales por su vigor se podría en un futuro avanzar en la incorporación de vigor a otros genotipos.

En el presente trabajo se tiene la finalidad de evaluar el vigor de las semillas de los híbridos Puma 1075 y Puma 1076 por su velocidad de emergencia con relación a diferentes tamaños de la semilla.

En base a ello se establecen los siguientes objetivos e hipótesis.

1.1 OBJETIVOS:

1. Determinar la influencia de distintos tamaños de semilla de maíz en los híbridos Puma 1075 y Puma 1076, en la velocidad de germinación, así como la velocidad de emergencia y acumulación de materia seca.

2. Establecer las diferencias entre la germinación y el vigor (emergencia y acumulación de materia seca) para semilla de diferentes tamaños de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076.

1.2 HIPOTESIS

La germinación de semilla entre diferentes tamaños de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 es similar, no así la velocidad de emergencia de estos materiales, la cual es diferente dependiendo del tamaño de semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Germinación.

La germinación en términos generales, supone una secuencia de eventos a nivel molecular y celular que anteceden al crecimiento del embrión de una semilla. Brauer (1973) señala que la mayor parte de las semillas conservan su viabilidad más tiempo cuando su contenido de humedad es muy bajo (4 a 7 %), se les mantiene en una atmósfera seca o al vacío y a una temperatura baja (2 a 5 °C).

Según Hartmann y Kester (1980), para que la germinación se realice se necesita que la semilla sea viable, se tengan temperatura, humedad y aereación adecuadas y se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en las semillas.

Heydecker (1973) y Com (1975) citados por Gouvea (1983) señalan que el proceso de germinación no termina con la maduración y este mismo continúa diciendo que para evitar que se acepten como germinadas las semillas que tienen falsa germinación especialmente cuando se trabajan en temperaturas muy altas, es necesario que el criterio de germinación considere alguna señal de vida de la plántula después de la emergencia como por ejemplo la curvatura geotrópica positiva de la radícula o la abertura del ancho plumular.

Moreno (1984), la define 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.

La germinación es un proceso de cambio: el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con 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 (Duffus 1985).

En el Anuario de Agricultura (1986), se define a una semilla viable como aquella que en circunstancias apropiadas es capaz de germinar. Una semilla viable puede o no tener una germinación inmediata.

Camacho (1994) considera que la germinación es el proceso mediante el que un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta.

Bewley y Black (1994) mencionan que la germinación consiste en procesos que comienzan con la absorción del agua y que sucesivamente terminan con la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla.

Aunque se sabe que la germinación termina cuando la plántula no depende ya, para su existencia, de los tejidos nutritivos, pues es capaz de producir sus propios alimentos. En términos

prácticos se dice que la semilla ha germinado cuando en siembras de laboratorio emite la radícula o cuando emerge del suelo en siembras realizadas en tierra.(Camacho, 1994)

2.1.2 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 .

Mientras Gouvea (1983), señala 3 fases:

- 1.- El crecimiento intraseminal del embrión
- 2.- Imbibición
- 3.- Activación

Para Duffus (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 de 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 extracembrionaria 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.

La semilla del maíz está formada por el embrión que es una planta en miniatura y está formado por la radícula, plúmula, coleóptilo y escutellum; por el endospermo que contienen las reservas que alimentan 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 agotarse completamente la cubierta de la semilla se desintegra (Reyes, 1990).

Bewley y Black (1994) mencionan que la germinación abarca tres etapas fundamentales:

- 1.- Imbibición
- 2.- Reactivación del metabolismo
- 3.- Crecimiento del embrión.

Altuve(1998), llevó a cabo un estudio con *Panicum coloratum*, una gramínea forrajera que presenta problemas en la germinación. Trataron las semillas con ácido sulfúrico concentrado 10, 15 y 20 minutos a los 4, 8, 12, 16, 20 y 24 meses después de la cosecha. Encontraron que la germinación de las semillas sin tratar fue significativamente inferior a las tratadas con ácido sulfúrico 10 y 15 minutos hasta los 8 meses después de la cosecha. Estos resultados sugieren que la semilla de *Panicum coloratum* presenta un periodo de latencia de hasta 8 meses después de la cosecha almacenadas bajo condiciones ambientales; donde la germinación puede ser

incrementada escarificando la semilla con ácido sulfúrico, luego de este periodo altos porcentajes de germinación pueden ser obtenidos sin tratamiento previo de la semilla.

En términos prácticos la germinación es la información más cercana que posee el agricultor para conocer la calidad de semilla que adquiere para su cultivo.

2.2 Calidad de semilla

La FAO (1978) refiere que las características principales que determinan la calidad de una semilla son: fidelidad en el cultivo, sanidad, pureza, contenido de humedad, peso de mil granos, peso por volumen y daños mecánicos.

Carambula (1981), dice que la identidad genética y la pureza varietal son características muy importantes pero también a la viabilidad, el vigor, la presencia de semillas de especies extrañas y la contaminación con enfermedades se debe poner especial atención.

Moreno (1984) dice que la calidad de las semillas está determinada principalmente por la germinación y establecimiento de las plantas en el campo, estas dependen en gran medida del vigor de las semillas.

La calidad de la semilla es un componente básico para obtener una producción eficiente. Una semilla de alta calidad es capaz de desarrollar una rápida y uniforme emergencia en un rango considerable de condiciones ambientales (Andrade, 1992).

En www.vianural.com.ar (2002) señalan que el poder germinativo y el vigor quedan garantizados con el uso de una semilla de buena calidad.

Los análisis de semilla proporcionan al agricultor una estimación del valor de la misma para la siembra, así como una garantía de la calidad en la comercialización. La viabilidad de la semilla es uno de los mayores componentes de su calidad (Puldón et al, 2002).

Por su lado Tadeo-espínosa (2002) lo definen 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.

Cuatro son los componentes básicos de la calidad de las semillas:

- 1.-Componente Genético
- 2.- Componente Fisiológico
- 3.- Componente Sanitario
- 4.- Características Físicas.

2.2.1 Componente Genético.

En la práctica, conservar la fidelidad genética de una variedad requiere evitar la mezcla mecánica con semillas de otras de la misma especie y de la mezcla genética (Brauer, 1973).

Andrade (1992) refiere a que la semilla debe ser genéticamente pura. Esto se da en la etapa de mejoramiento genético, donde se seleccionan materiales genéticos apropiados para las diferentes condiciones ambientales de producción. Los atributos como productividad, precocidad, adaptación, calidad de grano, resistencias, etc. están bien definidos. La importancia radica en la capacidad de reproducir plantas con las mismas características genéticas a través del tiempo.

Casini (1998), en un estudio que llevó a cabo sobre la impermeabilidad del tegumento de la semilla de soya, menciona que las condiciones climáticas con alta humedad y temperatura ambiente, y el daño mecánico, son las causas que en mayor proporción deterioran la calidad de la semilla. La característica de impermeabilidad del tegumento le confiere a la semilla la particularidad de retardar o impedir la absorción de la humedad. Mediante este mecanismo la semilla impide la penetración de agua y de patógenos que son las causas principales del deterioro. Además esto le brinda una mayor resistencia al daño mecánico; y concluye que la herencia de este carácter es conocida y brinda una herramienta útil a los programas de mejoramiento genético para mejorar la resistencia al deterioro y por consiguiente la calidad de la semilla.

Rosenthal et al (1998), llevaron a cabo un experimento con el objetivo de evaluar el punto de cosecha de maíz híbrido sin pérdida de calidad. Fueron cosechadas diferentes muestras de dos híbridos con humedad variando de 28% y 42%. Los resultados obtenidos indican que con humedad de cosecha más elevada los híbridos presentaron mejor calidad fisiológica que los cosechados con humedad baja.

2.2.2 Componente Fisiológico

Andrade, (1992) dice que como parámetros de la calidad fisiológica se consideran la germinación y el vigor de semillas, aunque en los primeros años del siglo XX, la germinación fue el principal criterio para evaluar la calidad, en la actualidad el vigor de semilla representa un parámetro más confiable en el contexto de su comportamiento en campo.

Solares (1995) refiere que comprende todos aquellos atributos que le proporcionan viabilidad a la semilla dentro de un rango razonable de condiciones tanto de almacenaje como de campo. Al respecto, en el Anuario de Agricultura (1986) se define que semilla viable es aquella que en circunstancias apropiadas es capaz de germinar y Hartman (1980), dice que la viabilidad está representada por el porcentaje de germinación el cual expresa el número de plántulas que puede producir un número dado de semillas.

Y por otro lado, Tadeo y Espinosa (2002), exponen que está integrado por características tales como viabilidad, germinación y vigor, relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas e individuos.

Navia y Otero (2002), encontraron que la calidad fisiológica de semillas de frijol y arroz se puede conservar hasta por seis meses con el coadyuvante natural Seed Right, y para otras semillas puede ser útil siempre y cuando la calidad inicial de las mismas sea elevada.

2.2.3 Componente Sanitario

Se refiere a que las semillas se encuentren libres de microorganismos como hongos, bacterias y virus.

Estos microorganismos contaminan a las semillas en tres formas:

- 1.- Mezclados con las semillas
- 2.- Asociadas superficialmente
- 3.- Portadas internamente

Bajo estas formas provocan daños diferentes que van desde la pérdida de la viabilidad hasta el completo deterioro o destrucción (Moreno, 1984)

La calidad sanitaria se puede lograr al producir semillas en áreas libres de enfermedades, aplicando estrictas medidas de control y dando un apropiado seguimiento a los lotes de multiplicación que aseguren la fitosanidad (Andrade, 1992).

2.2.4 Componente Físico

Desde el momento de la maduración hasta la siembra, la semilla se conserva en la planta, en un almacén de semillas o en tránsito. Durante este periodo de almacenamiento, la semilla se deteriora y envejece. El envejecimiento de la semilla y la pérdida de germinación no pueden detenerse pero sí pueden retardarse mediante las debidas condiciones de almacenamiento (Douglas, 1977).

En resumen la producción de semillas de calidad depende, directamente de aspectos internos (genéticos) y externos (ambiente de producción), tomando en cuenta que el más alto nivel se obtiene en la madurez fisiológica, después de esa etapa, la calidad decrece en forma paulatina (Espinosa, 1985) y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2002) señala que en el maíz esta madurez se da cuando tiene el 33 al 35 % de humedad por lo que se recomienda en ese momento la cosecha para evitar perder la calidad de la semilla.

Se refiere a características como tamaño, forma, color, brillantez, densidad, etc.

Para que se de la calidad física, la semilla debe ser limpiada, clasificada, y enseguida evaluada en su pureza, determinando el porcentaje de malezas nocivas, semillas de otras variedades y otros cultivos y materia inerte (Andrade 1992).

De 1986 a 1997, Peretti et al (1998), evaluaron 579 muestras de semilla de girasol para determinar la calidad de estas y encontraron que los niveles de calidad mejoraron en los últimos años. También detectaron que las causas que mermaron la calidad anteriormente fueron: uso de semillas de campañas anteriores, inadecuado almacenaje, fitotoxicidad por fungicidas, daños físicos y mal manejo post-cosecha.

Gutiérrez et al (2002), almacenaron durante 10 años avena y cebada y durante 18 años maíz en almacenes de SEFO en Cochabamba, Bolivia. En avena (cv. Gaviota y SEFO 1) el cultivar Gaviota hasta los ocho años de almacenamiento presentó un alto porcentaje de germinación 95%, mientras que SEFO alcanzó 95% hasta los 10 años. En cebada, la c.v. IBTA 80 presentó más tolerancia que la cv. Lucha con 7 y 4 años respectivamente, mientras que el maíz hasta después del doceavo año mantuvo su poder germinativo con valores por encima del mínimo establecido por las normas de calidad (80%).

Cuellar (2002) en un trabajo de investigación realizado en Bolivia, con soya; con el objeto de determinar las pérdidas de rendimiento y calidad en el cultivo, por retardación de cosecha, a partir de 30% de contenido de humedad en la semilla, concluyó que: a) a medida que se retarda la cosecha se incrementa el deterioro de la semilla, disminuyendo el peso específico con mermas en el rendimiento, b) la germinación declina notoriamente a partir del doceavo día, mientras que el vigor disminuye en forma lineal diariamente.

2.3 Vigor de semillas

Iseli (1957) define el vigor como la suma de todos los atributos de la semilla que favorecen el establecimiento normal, bajo condiciones favorables de campo, sin embargo esta definición no toma en cuenta el efecto de las diversas condiciones ambientales en las que se pueden desarrollar las semillas

Después, Delouche y Cadwell (1960) aportaron que es la suma total de todos los atributos que favorecen un rápido y uniforme establecimiento normal en el campo.

Heydecker (1969) (citado por Carmbula), menciona que el vigor es la propiedad de las semillas que le permite establecerse en condiciones de campo tanto óptimas como adversas y su conocimiento es complementario del poder germinativo.

Perry (1978) menciona que el vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento de la misma o de la partida de la semilla durante la germinación y emergencia de las plántulas.

La Asociación Internacional de Evaluación de Semillas ISTA (1980), considera que el vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento de la semilla durante su germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que se comportan bien se califican como de alto vigor y las que se comportan mal se les denota de bajo vigor.

Para Villaseñor (1984), es la capacidad de las semillas puestas en diversas condiciones ambientales, para emerger rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo.

El vigor de semillas ha sido definido por varios investigadores involucrados en el estudio del vigor de las semillas desde que Fredrich Nobbe en 1876 reconoció que existía una diferencia entre germinación y vigor de semilla, introduciendo el término "triebkraft" que significa fuerza impulsora (Andrade, 1992).

En [www. viarural.com.ar](http://www.viarural.com.ar) (2002) , definen el vigor como la capacidad que tiene la semilla para germinar y emerger en forma uniforme.

2.3.1 Factores que determinan el vigor de las semillas.

Copeland (1976), dice que el vigor puede estar determinado por el desarrollo morfológico normal de la planta, el rendimiento del cultivo y el almacenamiento. Dentro de la constitución genética, considera la maduración de la semilla, uniformidad en la maduración a la cosecha y tamaño de la semilla; como factores exógenos considera a la temperatura ambiental y humedad disponible, fertilidad del suelo, daños mecánicos, densidad de población, edad de la semilla y ataque de microorganismos.

Carambula (1981) menciona que los principales factores que pueden determinar variaciones en el vigor son:

- 1.- La constitución genética
- 2.- Ambiente y nutrición de la planta madre
- 3.- Estado de madurez en el momento de la cosecha
- 4.- Tamaño, peso y peso específico de la semilla
- 5.- Integridad mecánica
- 6.- Deterioro y envejecimiento
- 7.- Agentes patógenos

Se pueden considerar dos grupos, los de origen genético o endógeno a la planta o semilla y las de origen ambiental o exógeno, que son los que inciden desde el lote de producción hasta los posteriores a la cosecha (Villaseñor, 1984).

En [www. viarural.com.ar](http://www.viarural.com.ar) (2002), dicen que el vigor no solo depende de la genética del híbrido sino de la forma como ha sido tratada la semilla durante y después de la cosecha. El secado de la semilla en espiga, previo a su desgrane, preserva su vigor.

A través del tiempo, se acumulan en las semillas daños a nivel de membranas, respiración, síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos, los cuales , según su magnitud, repercuten en una germinación lenta y reducida, así como en la generación de plántulas de escaso desarrollo, mínimo potencial productivo e, incluso, con alteraciones en su identidad genética (Jiménez et al, 2002).

2.3.2 Importancia del vigor de semillas.

El vigor de semillas está estrechamente relacionado con una germinación más rápida y uniforme, así como con plántulas más fuertes que tendrán mayor capacidad competitiva, esperándose que esta característica se refleje en el rendimiento (Delouche y Cadwell, 1960).

Carambula (1981), dice que es importante porque permite efectuar un control de calidad más preciso, aunque no reemplaza de ninguna manera la prueba de germinación

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.

2.3.3 Pruebas para evaluar vigor de semillas.

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

Carambula (1981) dice que para determinar el vigor en las semillas se debe recurrir a la combinación de varios de los numerosos métodos que han sido desarrollados para detectarlo y que ninguno satisface totalmente las necesidades de todos los cultivos y menciona a saber:

- a) Características físicas y mecánicas
- b) Primer recuento
- c) Envejecimiento acelerado
- d) Conductividad eléctrica
- e) Prueba del Tetrazolio
- f) Pruebas de respiración
- g) Producción de proteína
- h) Velocidad y germinación.

Moreno (1984) menciona que evaluar el vigor de las semillas es de gran valor para predecir el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de plantas.

Según Perry (1980) las pruebas de vigor se dividen en dos tipos: las pruebas directas y las indirectas.

Pruebas directas: se simulan condiciones por las que pasan las semillas en el campo (condiciones favorables o desfavorables), estas pueden realizarse bajo condiciones de campo o de laboratorio. Villaseñor (1984) menciona que entre las principales pruebas directas se encuentran: Prueba de frío, prueba de crecimiento de plántulas, prueba de velocidad de crecimiento del cogollo y peso seco de éste, prueba de velocidad de germinación, prueba del primer recuento de emergencia, prueba de envejecimiento acelerado y pruebas de ladrillo molido.

Pruebas indirectas: Son las que miden ciertos atributos fisiológicos de la semilla y que son medidos en laboratorio y relacionados con el establecimiento en el campo, la ventaja que tienen es que se pueden reproducir con mayor facilidad. Entre estas pruebas se encuentran: prueba de tetrazolio, prueba de la tasa de respiración, prueba de la actividad del ácido glutámico

descarboxilasa(GADA), prueba de niveles de adenosina trifosfato (ATP), prueba de conductividad eléctrica, prueba de cambios de permeabilidad.

Gutiérrez(2002), dice que con la prueba de tetrazolio (TZ) a .075%, pueden obtenerse resultados en menos de 24 horas. La rehidratación de las semilla es lo que más tiempo ocupa por lo cual desarrolló una metodología alternativa que reduce el periodo de rehidratación a 6hrs/41°C y aumenta la temperatura para favorecer la actividad enzimática. Este método produce un teñido adecuado de las semillas, similar al TZ tradicional (16hrs/25°C), lo que permite evaluar eficientemente la calidad fisiológica de las semillas, el tamaño de las semillas no influye en la interpretación de los parámetros y se puede conseguir con éxito la evaluación de la calidad de las semillas en un menor tiempo sin afectar su precisión.

La prueba topográfica de tetrazolio se utiliza en numerosas especies para la determinación de la viabilidad y específicamente en soya para evaluar el vigor y el potencial de germinación de un lote de semillas. Es muy útil por la rapidez en la obtención de los resultados. La prueba se fundamenta en la diferencia de coloración entre los tejidos vivos, dañados y muertos. El analista debe reconocer estas diferencias con rapidez, facilidad y exactitud. La confiabilidad de la prueba de tetrazolio depende fundamentalmente de la formación, entrenamiento y experiencia del analista que realiza el ensayo (Arango y Craviotto, 1998).

Trigo et al (1998), estudiaron el efecto del condicionamiento con agua destilada-desmineralizada y nitrato de potasio con diferentes concentraciones (0.0M, 0.3M, 0.5M y 0.7M) y diferentes periodos de embebición (0, 24 y 48 hrs.) sobre semillas de berenjena y encontraron que el condicionamiento osmótico con solución de nitrato de potasio en la concentración de 0.3M fue eficiente en mejorar la calidad de las semillas. El condicionamiento con agua destilada-desmineralizada por 24 o 48 horas también se mostró eficiente.

2.4 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 puede suceder que semillas vigorosas no germinen por no poseer las condiciones adecuadas y sean catalogadas como pobres de vigor ya que luego de dicho periodo 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 por el número de días que demoraron para germinar. Los valores que se obtienen en cada fecha de recuento son sumados al final de la prueba y se logra la tasa de germinación (Maguire, 1962).

En varios trabajos se ha evidenciado la necesidad de incluir la evaluación del vigor de semilla mediante la velocidad de emergencia.

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

Villaseñor (1984) al evaluar los factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz encontró que el tamaño de la semilla fue determinante en el peso seco producido entre y dentro de los grupos de líneas utilizadas, confirmando que existe una fuerte relación entre tamaños de semilla y vigor en plántulas de maíz.

Ramírez (1991), en su investigación reportó que la época de cosecha del maíz H-34 durante el proceso de producción de semilla guarda relación directa sobre la calidad fisiológica de la misma, evaluada en base a germinación y vigor. Sin embargo, esta relación no es proporcional al grado de madurez. Y que los valores de germinación y vigor más altos, no dan origen a la máxima expresión de rendimiento, pero el comportamiento mejora conforme avanza el desarrollo del cultivo, de manera que para el caso de rendimiento, este híbrido presenta la máxima producción.

Flores (1993), Evaluó tres densidades de población en siete variedades de frijol de diferente hábito de crecimiento de la mesa central para determinar el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento y calidad de semilla, encontrando respuestas diferenciales en la interacción variedades por densidad de población en la expresión del rendimiento total y comercial, en los componentes de calidad fisiológica: vigor, velocidad de emergencia y altura de planta.

Gómez (1993), evaluó la eficiencia de un bioestimulante para elevar el vigor en semillas de maíz y de seis genotipos utilizados, solo uno respondió positivamente a la estimulación.

Ramos (1993) en su trabajo sobre la repercusión de la presencia del virus del rayado fino sobre el vigor de semillas de maíz, se encontró que este virus no inhibe el potencial germinativo de las semillas.

Luna (1994), en su trabajo, midió los cambios en la expresión de la calidad física y fisiológica en semilla de maíz por efecto del progenitor macho, en la generación F1 de híbridos trilineales; encontró que en la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético.

Balcazar(1995), al evaluar pruebas de vigor en Chile y su relación con el establecimiento en campo encontró que la velocidad de germinación está directamente relacionado con el grado de estrés a que fueron sometidas las semillas, dependiendo de cada prueba, esto debido a que está estrechamente relacionada con el porcentaje de plántulas normales germinadas, las que son afectadas por las altas y bajas temperaturas, o sustancias tóxicas a las que se someten las semillas; esto quiere decir que la velocidad de germinación bajo condiciones favorables no resulta ser un buen estimador de la velocidad de emergencia en campo.

Solares (1995), realizó un estudio sobre el efecto de los bioestimulantes en la emergencia y vigor de las semillas y encontró que no existen dosis significativas que logren incrementar el vigor de las semillas.

Vargas (1996), señala que el empleo de una escala de calificación para medir vigor (alto, medio y bajo; como el concluyó) 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 en base al peso seco de plántula y porcentaje de germinación.

Carrillo et al (2002), estimaron por primera vez en el ámbito mundial, el vigor de semilla a través del empleo del vacío como condición de estrés durante la germinación. Utilizaron semilla de *Lotus corniculatus* L. La cual presenta problemas de bajo vigor. Fueron expuestas al proceso de germinación a una temperatura de 20°C y en una atmósfera deficitaria de aire. El tiempo requerido para aplicar la técnica es de tres días, por lo tanto es más rápida y precisa que la prueba de germinación estándar en la determinación de la calidad fisiológica entre lotes de semillas. Según ellos, reúne los requerimientos básicos para ser estandarizada, ya que es rápida, práctica, objetiva, económica, reproducible, interpretable y altamente correlacionada con la emergencia de plántulas en el suelo.

Flores (2002), Para determinar la calidad fisiológica en semillas de *ajonjolí*, encontró que la prueba de frío fue la que se mostró más eficiente y la prueba de envejecimiento acelerado no fue eficiente en mostrar las diferencias entre lotes.

Mientras que Peredo (2002), encontró que el primer conteo de germinación y el envejecimiento acelerado se muestran más eficientes para evaluar el vigor de semillas de girasol.

Zankiz (2002), con el objeto de estudiar los efectos del tamaño sobre la calidad fisiológica de la semilla de tres variedades de soya, encontró que el tamaño tuvo efectos en la germinación y vigor de las semillas, destacándose las de tamaño mediano.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El trabajo experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la F. E. S. Cuautitlán en el invernadero y en el laboratorio de Producción y Tecnología de Semillas.

La F. E. S. C. se localiza a 30 kms. al norte de la Cd. de México, se encuentra delimitada por los paralelos 19°39' - 19°45' N y los meridianos 99°88' - 99°14' W, a una altitud de 2274 msnm.

De acuerdo a la clasificación de Kopen adaptada a las condiciones de México por Enriqueta García (1973), el clima de Cuautitlán se clasifica como C(Wo)(W)b(i''), denominado templado subhúmedo, el más seco de los templados sub-húmedos, con una temperatura media anual de 14.8°C con un régimen de lluvia en verano y menos del 5% de lluvias en invierno, poca oscilación térmica y una precipitación anual de 609.2 mm (Mercado, 2002).

3.2 Genotipos utilizados

Se utilizó semillas de los híbridos de maíz Puma 1075 y 1076, híbridos trilineales desarrollados en la UNAM, el origen de las semillas procede de producción en Tezontepec, Hgo. y beneficio en la Planta de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), ubicada en Progreso, Hgo. Ambos híbridos se recomiendan para la región de Valles Altos (2200 a 2600 msnm) bajo condiciones de punto de riego o de temporal.

3.3 Diseño experimental

El diseño utilizado fue en Bloques completos al Azar evaluándose seis tratamientos (1075 G, 1075 M, 1075 CH, 1076 G, 1076 M, 1076 CH) con doce repeticiones para lo cual se seleccionaron lotes de 20 semillas de tres diferentes tamaños (grande, mediana y pequeña), con peso aproximadamente similar entre semillas y con peso similar entre cada uno de los lotes del mismo tamaño.

3.4 Establecimiento de la cama de siembra

Antes de establecer la siembra se limpió la cama de residuos de la cosecha anterior, se removió 15 cm. de suelo de tipo franco arcilloso el cual fue cernido fuera de la cama, la capa de suelo que quedó dentro de la cama fue removida, mullida y nivelada. Se utilizaron 7.20 mts. de largo por 1.20 mts. de ancho en el invernadero.

3.5 Siembra

Se estableció el día 27 de febrero del año 2002 en seco, en forma manual colocando las 20 semillas con la "corona" hacia arriba a una distancia de 4.8 cm entre ellas, a una distancia de 10 cm entre surcos, al terminar el último surco se cubrieron las semillas con el suelo cedido quedando estas a una profundidad de 12 cm.

3.6 Riegos

El primer riego se aplicó el 27 de febrero después de la siembra con el objetivo de que la humedad alcanzara a llegar hasta el fondo de la cama, posteriormente se regó diariamente para no permitir que la formación de una capa dura en la superficie detuviera la emergencia de las plántulas, procurando mantener húmeda la cama solo lo necesario para el buen desarrollo de las plántulas.

3.7 Extracción de plántulas

Se llevó a cabo a los 21 días después de la siembra. Para extraerlas se aflojó la tierra con la ayuda de una pala de jardinería y con cuidado se extrajeron planta por planta cuidando de no dañar el sistema radicular, enseguida se lavaron para eliminar las partículas de tierra adheridas a la raíz.

3.8 Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey al 0.05 y 0.01 de probabilidad para cada una de las variables que se evaluaron.

3.9 Variables evaluadas

3.9.1 Velocidad de emergencia

Consistió en el registro de número de plántulas emergidas diariamente por surco, una vez que se inició la etapa de emergencia (7 días después de la siembra). Este dato se calculó mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

X = número de plántulas emergidas por día

n = número de días después de la siembra

$i = 1, 2, 3, \dots, n-1, n$

3.9.2 Longitud de raíz y plúmula

Se obtuvo en cm una vez extraídas las plántulas, con la ayuda de una regla se midieron las longitudes de la raíz y plúmula de cada plántula.

3.9.3 Peso fresco de raíz y plúmula

Este dato se obtuvo separando la parte aérea de la plántula de la raíz con la ayuda de unas tijeras, posteriormente se pesó en una balanza granataria, este dato se dio en gramos.

3.9.4 Peso seco de raíz y plúmula

Cada tratamiento ya evaluado en peso fresco, se colocaron en bolsas de papel previamente etiquetadas, se acomodaron en la estufa a una temperatura de 70° C durante 72 horas; posteriormente se procedió a pesarlas en una báscula para obtener el peso seco en gramos.

3.9.5 Peso de 20 semillas

Se pesaron 20 semillas de cada tratamiento y repetición. Se realizó con una balanza granataria y se obtuvo en gramos.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de varianza.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se observó que para el factor tratamientos las diferencias son altamente significativas para todas las variables estudiadas, peso seco de plúmula, peso seco de raíz, peso fresco de plúmula, peso fresco de raíz, longitud de tallo, longitud de raíz, velocidad de emergencia y peso de 20 semillas (cuadro 1).

En el caso de las repeticiones, se observó que solo en peso fresco de plúmula y longitud de plúmula las diferencias son altamente significativas; el resto de los parámetros, peso seco de plúmula, peso seco de raíz, peso fresco de raíz, longitud de raíz, velocidad de emergencia y peso de 20 semillas presentan diferencias no significativas (cuadro 1).

El coeficiente de variación para las diferentes variables fluctuaron entre 5.15% para el peso de 20 semillas y 18% el mayor, que correspondió a peso fresco de raíz (cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y valores de F calculada obtenidos en los análisis de varianza de cada una de las variables involucradas en la "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

Variable	Tratamiento		Repeticiones		Media	C.V.
	C.M.	F.C.	C.M.	F.C.		
Peso seco plúmula	0.6039139	35.99**	0.00418321	2.49 N.S.	0.2618	15.64
Peso seco raíz	0.01479472	125.00**	0.00036503	3.08 N.S.	0.1123	9.68
Peso fresco plúmula	3.17296806	55.57**	0.3068226	5.37**	1.5881	15.04
Peso fresco raíz	0.16477556	52.55**	0.01154495	3.68 N.S.	0.3019	18.54
Longitud de tallo	55.3007447	17.66**	27.8543862	8.89**	28.9834	6.1
Longitud de raíz	9.6727025	5.84**	3.32696098	2.01 N.S.	14.6429	8.79
Velocidad de emergencia	1.10842139	25.96**	0.0247529	0.58 N.S.	2.1051	9.81
Peso 20 semillas	67.8174722	573.75**	0.1083207	0.92 N.S.	6.6736	5.15

* Significativo al 0.05
 ** Significativo al 0.01
 N.S. No significativo

4.2 Prueba de comparación de medias.

En los cuadros 2, 3, 4 y 5 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias para los seis tratamientos estudiados especificándose en cada uno de ellos para las variables evaluadas.

Para peso seco de plúmula la diferencia numérica entre los dos genotipos de tamaño grande es muy pequeña ya que el genotipo Puma 1075 presenta una media de 0.34583 gr. frente a 0.34167 gr. Del Puma 1076, el cual ubicó a la semilla grande de ambos híbridos en el mismo grupo de significancia, de manera similar ocurrió para el tamaño mediano y chico, ya que para cada tamaño, tanto Puma 1075 y Puma 1076, fueron similares estadísticamente, sin embargo dentro de cada híbrido, el tamaño grande fue superior en vigor estadísticamente con respecto al tamaño mediano y este a su vez fue superior al tamaño chico (cuadro 2).

Con respecto al peso fresco de plúmula se observa que hay diferencia significativa entre el Puma 1075 tamaño grande frente al Puma 1076 para este mismo tamaño, lo mismo ocurre para los otros tamaños y obtiene el valor más alto con 2.33417 gr. Mientras el valor más bajo lo presenta el Puma 1076 tamaño chico con 0.99083 gr (cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables peso seco de plúmula y peso fresco de plúmula en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

Tratamiento	Tamaño de Semilla	Peso Plúmula (gr)	Seco	Comparación	Peso Plúmula (gr)	Fresco	Comparación
Puma 1075	Grande	0.34583		a	2.33417		a
Puma 1075	Mediana	0.265		b	1.7275		b
Puma 1075	Chica	0.18167		c	1.1525		cd
Puma 1076	Grande	0.34167		a	1.96917		b
Puma 1076	Mediana	0.24583		b	1.355		c
Puma 1076	Chica	0.19083		c	0.99083		d
D.M.S.		0.0484			0.288		

En cuanto al peso seco de raíz no hubo diferencia significativa entre los genotipos pues el Puma 1075 tamaño grande obtiene un valor de 0.15500 gr. Frente al Puma 1076 tamaño grande con 0.15000 y en los dos híbridos, es decir Puma 1075 y Puma 1076 el tamaño chico presentó el valor más bajo para esta variable en forma un tanto similar, el peso seco de raíz de semilla de tamaño mediana y chica, entre los dos híbridos fue semejante ya que se ubicaron en el mismo grupo de significancia (cuadro 3).

En el peso fresco de raíz las medias de ambos genotipos tamaño grande, estadísticamente fueron similares, así como las medias de los híbridos para el tamaño de semilla mediana y chica, ubicándose en grupo de significancia similar cada tamaño entre los dos híbridos evaluados (cuadro 3). El valor más bajo correspondió a los dos híbridos en la semilla chica siendo el Puma 1076, el valor numérico más bajo (cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables peso seco de raíz y peso fresco de raíz en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

Tratamiento		Peso Seco Raíz (gr)	Comparación	Peso Fresco Raíz (gr)	Comparación
Híbrido	Tamaño de Semilla				
Puma 1075	Grande	0.155	a	0.42833	a
Puma 1075	Mediana	0.113333	b	0.31333	b
Puma 1075	Chica	0.079167	c	0.19583	c
Puma 1076	Grande	0.15	a	0.44333	a
Puma 1076	Mediana	0.10667	b	0.27167	b
Puma 1076	Chica	0.07	c	0.15917	c
D.M.S.		0.0131		0.0675	

Para la variable longitud de raíz la diferencia numérica entre los dos genotipos de semilla fue grande (0.195 cm.) pues el valor más alto fue para el Puma 1076 con 15.6192 cm frente al Puma 1075 con 15.424, sin embargo aún con esta diferencia numérica, los valores de ambos híbridos, estadísticamente son similares, ubicándose en orden estadístico el tamaño grande, después el mediano y por último el chico para cada uno de los materiales (cuadro 4). El valor más bajo fue para el Puma 1076 tamaño chica con 13.2725 cm. (cuadro 4).

En la variable longitud de plúmula, el genotipo Puma 1075 de tamaño grande con 31.5717 cm mostró el valor más alto, sin embargo es similar estadísticamente a Puma 1076 tamaño grande que presentó 30.7933 cm, el Puma 1076 tamaño chico exhibió el valor más bajo de 26.0758 cm (cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias para las variables longitud de raíz y longitud de plúmula en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

Tratamiento		Longitud de Raíz (cm)	Comparación	Longitud de Plúmula (cm)	Comparación
Híbrido	Tamaño de Semilla				
Puma 1075	Grande	15.4242	a	31.5717	a
Puma 1075	Mediana	15.11	b	29.4825	ab
Puma 1075	Chica	14.27	ab	26.8967	c
Puma 1076	Grande	15.6192	a	30.7933	ab
Puma 1076	Mediana	14.1617	ab	29.0808	b
Puma 1076	Chica	13.2725	b	26.0758	c
D.M.S.		1.5516		2.1331	

La variable velocidad de emergencia es interesante porque no presenta diferencia estadística entre los dos genotipos en los tamaños grande ni mediano pues el número de días en que tardan en emerger las de tamaño grande y mediano es un valor promedio similar, lo que se confirma al declararse para ambos híbridos similar grupo de significancia, en cambio el tamaño pequeño para ambos híbridos fue declarado diferente. El valor más bajo le correspondió al Puma 1076 tamaño chica con 1.58917 (cuadro 5).

Respecto a la variable peso de 20 semillas no existe diferencia significativa entre los genotipos para tamaño grande, pero si hubo diferencia en grupos de significancia en los demás tamaños. Así el Puma 1075 grande con 9.5167 gr. y al Puma 1076 chica con el peso más bajo (3.8000 gr.) (cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para las variables velocidad de emergencia y peso de 20 semillas en el estudio "Evaluación del vigor de semilla de los híbridos de maíz Puma 1075 y Puma 1076 con relación al tamaño de la semilla".

Tratamiento		Velocidad de Emergencia	de Comparación	Peso de 20 Semillas (gr)	Comparación
Híbrido	Tamaño de Semilla				
Puma 1075	Grande	2.30167	a	9.5167	a
Puma 1075	Mediana	2.2975	a	7.05	b
Puma 1075	Chica	1.87583	b	4.325	d
Puma 1076	Grande	2.3275	a	9.1333	a
Puma 1076	Mediana	2.23917	a	6.2167	c
Puma 1076	Chica	1.58917	c	3.8	e
D. M. S.		0.2491		0.4144	

V. DISCUSION

Los valores de coeficiente de variación obtenidos del análisis de varianza para las distintas variables fueron inferiores al 20% lo cual es aceptable tomando en cuenta que todos los aspectos se manejan en invernadero.

De los genotipos utilizados destaca por los valores más altos en 5 de las 8 variables evaluadas el Puma 1075 de semilla grande, peso seco de plúmula, peso fresco de plúmula, peso seco de raíz, longitud de plúmula y peso de 20 semillas, lo anterior podría estar relacionado con el mayor tamaño de semilla de Puma 1075, con respecto a Puma 1076 como lo señala Carambula (1981). Las variables peso fresco de raíz, longitud de raíz y velocidad de emergencia las cuales correspondieron al Puma 1076 grande, se explican por el ciclo vegetativo de este híbrido ya que al ser menor unos días, acumula mayor cantidad de materia seca con respecto a Puma 1075 (Carambula, 1981).

Con los resultados obtenidos se confirma lo que menciona Perry (1980), en el sentido que el vigor de la semilla es la suma de todas las propiedades de la semilla las cuales determinan el nivel de su actividad y comportamiento durante la germinación y emergencia de plántulas, así las semillas de alto vigor fueron aquellas que tuvieron un buen comportamiento, en este caso en todas las variables se confirmó que dentro de cada híbrido la mejor respuesta fue para el tamaño grande, enseguida el mediano y por último el chico. Las semillas de bajo vigor son las que se comportan con menos expresión para cada variable en este caso fue la semilla pequeña.

El Puma 1075 de tamaño grande fue el que mejor peso seco de raíz y plúmula, al respecto Villaseñor (1984), dice que una semilla puesta en condiciones ambientales diversas para emerger más rápidamente y producir mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo posible es de alto vigor y mejor calidad.

En términos generales se aprecia que los dos genotipos en el tamaño de semilla grande mostraron mejor respuesta que los de semilla chica, lo anterior concuerda con Perry (1978), Carambula (1981), Copeland (1976), ya que el tamaño y peso específico de la semilla son factores que influyen en el vigor.

Estos resultados son semejantes a los que Patiño (2002) obtuvo en su evaluación con semillas de frijol donde el mayor peso seco de plántulas provenientes de semillas grandes manifestaron un alto vigor en comparación con las que procedían de semillas chicas.

Con relación al peso de las semillas, se observa que el mayor peso fue para las semillas del genotipo Puma 1075 grande, mientras que el genotipo Puma 1076 chica obtuvo el peso menor (ver cuadro 5), relacionado con este resultado Carambula (1981) menciona que entre los principales factores que pueden determinar variaciones en el vigor son tamaño y peso de las semillas.

Aunque las semillas chicas fueron las que menos vigor expresaron comparativamente con semillas de tamaño grande debe considerarse que éstas no necesariamente fueron de pobre

crecimiento, ya que si bien existen diferencias, el establecimiento es adecuado, sin embargo la importancia de establecer la influencia del tamaño de semilla, estaría orientado al definir que en condiciones adversas no debería usarse semilla chica por la desventaja que esto implica (Copeland 1976).

La longitud de raíz mostró un comportamiento igual estadísticamente, no se puede considerar confiable ya que al sacar las plántulas, aún cuando se realizó con mucho cuidado, las raíces se dañaban, de igual manera al llevar a cabo la medición. La consideración concuerda con lo mencionado por Allan y Peterson (1962) citados por Balcazar (1995), quienes indican que el crecimiento de la parte aérea, de la parte radical o ambos criterios pueden ser de utilidad parcial al usarse para evaluar vigor, debido a las diferencias intrínsecas entre los materiales.

VI. CONCLUSIONES

- 1.- El genotipo que exhibió mejor vigor basándose en los valores para peso seco de plúmula, peso fresco de plúmula, peso seco de raíz, longitud de plúmula y peso de 20 semillas fue el Puma 1075.
- 2.- El genotipo 1076 mostró mejor respuesta ante las variables peso fresco de raíz, longitud de raíz y velocidad de emergencia, debido probablemente a su menor ciclo vegetativo, es decir constitución genética.
- 3.- En todos los casos para los dos híbridos, las mejores respuestas en vigor medido en las variables evaluadas, correspondieron primero a tamaño grande, diferente estadísticamente a tamaño mediano y también diferente a tamaño chico..
- 4.- La velocidad de emergencia, importante porque es fundamental para el establecimiento en campo, para los dos genotipos fue similar en semillas grandes y medianas pero fue diferente en las semillas de tamaño pequeño.
- 5.- La longitud de raíz no es un indicador confiable para evaluar vigor.

VII. BIBLIOGRAFIA

Altuve, S.M.; Pérez D.; Ramírez M.A. y Ramírez R. R. 1998. Viabilidad de semillas de *Panicum coloratum* L. en almacenamiento. En: XVI Seminario Panamericano de Semillas – Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

Arango M. R., Craviotto R. M. 1998. Prueba compleja para semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.). En: XVI Seminario Panamericano de Semillas – Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

Andrade B., H. J. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz y su relación con emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Anuario de Agricultura. 1986. Edit. CECSA. México.

Balcazar S., E: V: H: 1995. Relación entre pruebas de vigor de semillas de chile (*capsicum annuum* L.), y su relación con el establecimiento en campo. Tesis de Licenciatura. UACH Chapingo, Mex.

Bewley, J. D. And M. Black. 1994. *Seeds. Physiology of Development and Germination.* Plenum Press N. Y., USA.

Brauer H., O. 1973. *Fitogenética aplicada.* Edit. Limusa. México, D.F

Camacho M., F. 1994. *Dormición de semillas: causas y tratamientos.* Edit.Trillas. México.

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

Carrillo C., G., A. Artola , García de los S. G. 2002. *La prueba del vacío y el vigor de semilla.* En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Casini C. 1998. Estudio de la semilla de soya (*Glicine max.* L.) resistente al deterioro por impermeabilidad del tegumento. En: XVI Seminario Panamericano de Semillas- Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

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

Cuellar H. O. 2002. Pérdidas de calidad y rendimiento de cosecha en el cultivo de soya. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

- Delouche, C. J., and P. N. Cadwell. 1960. Seed vigor and vigor test. *Procc. Ass. Off. Seed Annal.*
- Douglas J. E. 1977. *Tecnología de la semilla de cereales. Colección FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma Italia.*
- Duffus, C. 1985. *Las semillas y sus usos. AGT Editor S. A. México.*
- Espinosa C. A. 1985. *Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (zea mays L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex*
- Espinosa C., A., A. Tapia N., R. Aveldaño S. 1998. El programa Kilo por Kilo como opción para mayor uso de semilla certificada de maíz en México: Riesgos y perspectivas. En: *XVI Seminario Panamericano de Semillas – Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.*
- Espinosa C., A., A. Turrent F., H. Córdova O., N. Gómez M., M. Sierra M., E. Betanzos M., F. Caballero H., B. Couriño E., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. García B., O. Cano, R. Aveldaño S. 2001. *Maíces de Calidad Proteínica: Una alternativa para el campo mexicano. Innovación y Competitividad. Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, A. C. (ADIAT), 3 y 4 :10-15.*
- FAO 1978. *Semillas agrícolas y horticolas. FAO. Barcelona, España*
- Flores H. R. 2002. *Determinación de la calidad fisiológica de semillas de ajonjolí. XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 2002.*
- Flores S. D. 1993. *Efecto de la densidad de población sobre el rendimiento y calidad de semilla de siete variedades de frijol (phaseolus vulgaris L.) de la mesa central. Tesis Profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.*
- García E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México.*
- Gómez A., F. 1993. *Evaluación de la eficiencia de un bioestimulante para elevar el vigor de semillas de variedades mejoradas de maíz. Tesis Profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.*
- Gouvea L., L. 1983. *A germinacao das sementes. Secretaria General da Organizacao dos Estados Americanos. Washington D. C.*
- Gutiérrez F.; Sauma G.; Escobar A., Camacho E. 2002. *Efecto del tamaño sobre la germinación, vigor y emergencia en semillas de cereales. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.*
- Gutiérrez H. 2002. *Diferentes tiempos de precondicionamiento para la prueba del tetrazolío (TZ) en semillas de soya. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.*

Hartman H. T. y E. Kester D. 1980. Propagación de plantas. Edit. CECSA. México.
Isely D. 1957. Vigor test. Procc. Ass. Off. Seed Annal

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Producción Artesanal de Semilla de Maíz para el pequeño agricultor. www.com.nic. 16/06/2002.

Internacional Seed Association. 1985. Internacional rules for testing seed. Science and Technology

Jiménez R. M.; G. F. Gutiérrez H.; A. Carrillo B. 2002. Marcadores del vigor seminal en maíz. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 2002.

Luna O.M. 1994. Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla en híbridos trilineales de maíz. Tesis Profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Llanos M. C.1984. El maíz su cultivo y aprovechamiento. Edit. Mundi Prensa. Madrid España.

Maguire J. D. 1962. Speed of germination - aid in: Selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci

Mercado M.G. 2002. Reporte Climático de la Estación Meteorológica Almaraz. Cuautitlán Izcalli, México.

Navia Trigo L. F. y Otero Trigo M. F. 2002. Evaluación de la calidad fisiológica de semillas de soya, maíz, frijol, arroz y trigo tratadas con coadyuvante natural. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Moreno M. R. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología UNAM .México.

Patiño A. S. A. 2002. Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de frijol, después de la aplicación de herbicidas en campo. Tesis Profesional. FES Cuautitlán. UNAM. México.

Peredo L. K. 2002. Pruebas de vigor para evaluación de la calidad fisiológica de semillas de girasol. XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Peretti A.; Chinala C. y Berruet H. 1998. Calidad germinativa de semillas de girasol y soya en el sudeste Bonaerense. En: XVI Seminario Panamericano de Semillas- Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

Perry D. A. 1980. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semilla. Edit. Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.

Popol Vuh. Antiguas leyendas del Quiché.1977. Versión de Emilio Abreu Gómez. Edit. Oasis.México.

Puldón V.; Suárez D.; Gómez P. J.; Suárez E.; Morales O.; Viera R.; Pérez L.; González D. 2002. Determinación de plántulas anormales en ensayos de germinación de semillas en variedades cubanas de arroz. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

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

Ramos J. 1993. Efecto del rayado fino (MRFV) sobre la productividad, calidad física y fisiológica de semilla de variedades de maíz. Tesis profesional. FES-Cuautitlán. UNAM. México.

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

Robles S. R.1983. Producción de Granos y Forrajes. Edit. LIMUSA. México

Rosenthal M. D. A.; Nunes M.M.; Schwank L. R.; Rech E. G.; Sousa F. X. 1998. Calidad de las semillas de maíz híbrido cosechadas con diferentes humedades. En: XVI Seminario Panamericano de Semillas- Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

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

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

Trigo M. F. O.; Trigo L. F. N. ; Mayer N. A. 1998. Efecto del condicionamiento osmótico sobre la germinación y vigor de semillas de berenjena (*Solanum melongena* L.). En: XVI Seminario Panamericano de Semillas- Rueda de Negocios. Buenos Aires, Argentina.

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

Virgen V. J. 1983. Evaluación del vigor de maíz. (*Zea mays* L.) en base a características de semilla y plántula. Tesis profesional FES-Cuautitlán UNAM. México.

www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semillas_hibridas/cargill/man.19/06/2002 .

Zankiz M. B. 2002. Efecto del tamaño sobre la calidad fisiológica de semillas de tres variedades de soya. En: XVIII Seminario Panamericano de Semillas. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.