

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMIA**



**Evaluación del Vigor de 31 Genotipos de Maíz (*Zea mays* L.) Mediante la Prueba de Envejecimiento Artificial de Semillas**

**Por:**

**HUGO REYES VALDEZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Noviembre de 2004**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Evaluación del Vigor de 31 Genotipos de Maíz ( *Zea mays L.* ) Mediante la Prueba de Envejecimiento Artificial de Semillas.**

**Por:  
HUGO REYES VALDEZ.**

**TESIS**

**Que somete a consideración de H. Jurado Examinador, como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Aprobada por:**

---

**Dr. Mario E. Vázquez Badillo  
Presidente del jurado**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides García  
Sinodal**

---

**Ing. Adriana Antonio Bautista  
Sinodal**

---

**Ing. Rodolfo Ramírez Manzanarez  
Sinodal**

---

**M.C. Arnoldo Oyervides García  
Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 2004.**

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme permitido vivir y poder realizar uno de mis grandes sueños.

A mi **Alma Terra Mater** por haberme recibido y darme la oportunidad de formarme como profesionalista, a la cual represento con orgullo.

Al **Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas** de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Al **Dr. Mario E. Vázquez Badillo** con respeto y admiración, por su amistad y por dedicarme su valioso tiempo durante la asesoría.

Al **M.C. Arnoldo Oyervides García** por su valiosa colaboración en la presente investigación.

A la **Ing. Adriana Antonio Bautista** por su desinteresada amistad y valiosa contribución en la realización de este trabajo.

Al **Ing. Rodolfo Ramírez Manzanarez** por su valiosa aportación en la realización de la presente investigación y su sincera amistad.

A las **T.L.Q. Graciela, Sandra** y a la **M.C Alejandra** por su asesoría en la realización de las pruebas de laboratorio.

Muy especialmente a mis amigos, los hermanos **José Antonio y Eduardo Vargas Morales; Yanet y Adrián León, Faviola Espinoza, Cecilia Arrollo y Ulises Vidrio** por haberme permitido compartir con ellos grandes momentos.

A **Yeny Valencia Martínez** por su amistad.

Con cariño sincero a **Adriana Camarillo Cuenca y Julia Garnica Serna** por su amistad brindada por mucho tiempo.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES.**

#### **Prof. Narciso Reyes Pérez.**

Gracias por tu apoyo incondicional que me has brindado en cada una de las etapas de mi carrera y por permitirme realizarme como persona; padre a ti te debo todo lo que soy.

#### **Sra. Socorro Valdez Mártir.**

Gracias madre por regalarme la vida, por las horas de felicidad que me brindaste y por estar siempre conmigo en los momentos mas críticos de mi vida.

### **A mis hermanos (as).**

**Nadia, Flor Elena, Juan, Rosendo y Simón**, por su apoyo moral en todo momento.

### **A mis primos (as).**

Con cariño.

### **A mis tíos (as).**

Por su apoyo.

A todos ustedes mil **gracias**.

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
Índice de cuadros .....	viii
Resumen .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
Hipótesis .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Importancia del maíz .....	4
La diversidad del maíz y su calidad .....	5
Concepto de semilla .....	6
Calidad de la semilla .....	7
Componentes de calidad .....	8
Germinación .....	9
Vigor .....	10
Prueba de envejecimiento acelerado .....	13
Factores que afectan la calidad de la semilla .....	15
Efectos de precosecha .....	15
Maduración de semillas .....	16

Humedad y temperatura .....	16
Daño mecánico .....	17
Otros factores .....	17
Deterioro de la semilla .....	17
Definiciones de deterioro .....	18
Causas de deterioro .....	18
Longevidad de la semilla .....	19
Aspectos genéticos de la longevidad de la semilla .....	20
<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>24</b>
Área de estudio .....	24
Material genético .....	24
Obtención del material experimental .....	25
Prueba de envejecimiento acelerado (EA).....	26
Parámetros evaluados.....	26
Vigor .....	26
Longitud media de plúmula (LMP). .....	27
Peso seco de plúmula (PSP). .....	27
Análisis estadístico .....	27
Modelo lineal utilizado .....	28
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
Comparación de medias .....	29
Vigor .....	29
Longitud Media de Plúmula (LMP) .....	33

Peso Seco de Plúmula (PSP) .....	36
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>43</b>
<b>APÉNDICE</b> .....	<b>48</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Material genético utilizado en la investigación.....	25
Cuadro 4.1	Comparación de medias del material genético evaluado a los cero días de envejecimiento acelerado.....	31
Cuadro 4.2	Comparación de medias del material genético evaluado en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.....	32
Cuadro 4.3	Comparación de medias del material genético evaluado en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.....	33
Cuadro 4.4	Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de vigor a cero días.....	34
Cuadro 4.5	Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.....	35
Cuadro 4.6	Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.....	36
Cuadro 4.7	Comparación de medias del material genético evaluado en el peso seco de plúmula en la prueba de vigor a cero días.....	37
Cuadro 4.8	Comparación de medias del material genético evaluado en el peso seco de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.....	38
Cuadro 4.9	Comparación de medias del material genético evaluado en el peso seco de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.....	39



## RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron pruebas de vigor (envejecimiento acelerado), a 0 , 4 y 8 días con la finalidad de estimar el efecto que esta prueba tiene sobre la conservación del vigor al cruzarse y retrocruzarse.

El material genético utilizado fue semilla de 31 genotipos de maíz, que fueron generadas por el programa de mejoramiento genético para áreas tropicales del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que fueron producidas en el campo experimental de Cotaxtla, Ver., la cual se sembró en el ciclo de invierno 2003-2004. En la siembra se utilizaron dos surcos para cada material con la finalidad de suficiente material genético para ser utilizadas en laboratorio. Las variables evaluadas se analizaron por medio de un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se llevo a cabo con el mismo diseño experimental. El software utilizado fue el paquete estadístico SAS (1989) y para el análisis de comparación de medias se uso el MSTATC versión 4.2.

Los resultados obtenidos muestran que la línea 4217 (donadora) manifestó el mejor comportamiento de vigor durante el tiempo en que fue sometida a estrés, seguida por la línea 4213 y 4215, sin embargo esta última tuvo mejor respuesta a los 8 días de envejecimiento acelerado. Lo que indica que estas líneas tienen buena respuesta a mantener su germinación en condiciones desfavorables de humedad y temperatura.

Con respecto a las cruzas F1, se observaron los mejores resultados en aquellas cruzas donde la línea 4217 participó en forma común y como pareja a la línea 4215, lo que indica que al cruzarse dos líneas de buen comportamiento dará un F1 sobresaliente.

La cruce 4209 x 4217, en donde la línea 4209 no es considerada como vigorosa, sin embargo al cruzarse con la línea 4217 esta resultó ser sobresaliente.

Con relación a las cruzas F2, los genotipos 19 (4208) y 20 (4210) presentaron buen comportamiento en cuanto a vigor, desarrollo de plúmula y generación de peso seco durante el tiempo que duró la prueba de envejecimiento acelerado.

Al igual que las retrocruzas realizadas hacia la línea común (4217), las que tuvieron el mejor comportamiento fueron la 28 (4208 x 4207) y 29 (4210 x 4209) para las tres variables evaluadas.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz en México es de gran importancia económica y social, debido a que genera el mayor número de jornales que cualquier otro cultivo. Actualmente, de la superficie destinada a la siembra del maíz (8.1 millones de hectáreas), aproximadamente el 16 por ciento (1.3 millones de hectáreas) utiliza semilla mejorada. La producción de grano de maíz para este año se estima en aproximadamente 16.8 millones de toneladas destinadas para la alimentación de los mexicanos, cantidad insuficiente a los requerimientos del país (28 millones de toneladas). Es por ello, que es indispensable incrementar el uso de semilla mejorada, no solo por sus altos rendimientos, sino que también tengan buenos atributos de longevidad y/o vigor en la semilla o grano. Esto es de gran importancia debido a que se ha favorecido la obtención de variedades más rendidoras por unidad de superficie y no se ha tomado en cuenta el aspecto de vigor, el cual es manifestado en tener mayor longevidad de la semilla y/o grano cuando es almacenada.

El contar con semilla vigorosa, ésta tendrá mayor capacidad de almacenabilidad y mayor tolerancia a las condiciones del ambiente donde se favorece el desarrollo de plagas y enfermedades, manteniendo la capacidad

germinativa y poder nutricional, en caso contrario, la semilla puede llegar a la muerte de la misma.

Es importante que las nuevas variedades y/o híbridos de maíz, cuenten con los atributos de ser rendidores y vigorosas, es importante también el papel de los fitomejoradores para identificar y caracterizar genotipos (líneas) que tengan estos atributos y que sean incorporados a las nuevas variedades mediante procesos y/o técnicas del mejoramiento genético, ya que se ha demostrado que la genética esta relacionada con el vigor de la semilla (Moreno *et al.*,1978, Selvaraj y Ramaswamy, 1983; Roberts, 1981, Medina, 1989, y Vázquez *et al.*,1996).

De acuerdo a lo antes mencionado, el presente trabajo tiene como:

### **Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento de 31 genotipos de maíz,(entre los que se encuentran líneas, cruzas F1 y F2, así como las retrocruzas)en cuanto al vigor de la semilla, fijando como:

### **Objetivos específicos**

- Evaluar e identificar las mejores líneas de maíz en cuanto a longevidad de la semilla, así como su comportamiento generacional.

- Determinar el comportamiento de una línea donadora cuando es cruzada con otras líneas, en cuanto a su longevidad.
- Evaluar el carácter de longevidad en las cruces.

### **Hipótesis**

- Al menos una de las líneas evaluadas manifestará mayor longevidad.
- La línea donadora al ser cruzada con otras líneas transmitirá el carácter de longevidad.
- Las semillas de las F2 disminuirán en su longevidad, en relación a las cruces F1 y retrocruces.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Importancia del Maíz**

El cultivo del maíz es uno de los cereales básicos en la alimentación humana, principalmente en América Latina, el cual tiene su origen en el sur de México y América central; se afirma que este cereal ya se cultivaba desde la época de nuestros ancestros, dada su importancia se han realizado estudios sobre mejoramiento genético que ha permitido obtener buenos rendimientos y disminuir riesgos de pérdidas por factores bióticos y abióticos y sobre todo a ser tolerantes a condiciones ambientales adversas. Así mismo, el cultivo del maíz es el de mayor superficie sembrada y el que genera mayor mano de obra en el campo, en donde las estimaciones realizadas en 1990-92, calculaban alrededor de 130 millones de hectáreas sembradas en todo el mundo, mientras que en México se sembraron más de 8.3 millones de hectáreas. De esta superficie cerca de un millón se cultivan bajo riego. Para el año 2004, se estima una producción nacional cercana a los 20 millones de toneladas, sin embargo no son suficientes a las necesidades del país, los cuales son de 28 millones de toneladas (CIMMyT, 1994).

## **La Diversidad del Maíz y su Calidad**

Es un hecho por demás conocido que el maíz (*Zea mays*) se originó en México y que gran parte de la evolución que ha tenido en términos de su variabilidad genética ocurrió en este país. A medida que esta planta ha evolucionado, la gente ha introducido nuevos genotipos en un amplio espectro de ambientes y nichos ecológicos. De este modo, México también se convirtió en centro de diversidad genética, y sus dos depósitos de germoplasma han contribuido de manera decisiva a la producción mundial del grano, incluso las variedades dentadas de la faja maicera estadounidense son descendientes cercanos de las primeras razas autóctonas mexicanas (Nadal, 2000).

Algunos programas de apoyo al campo de producción de semillas no se cumplen debido a la falta de semilla de calidad, ya que esta comprende varios atributos, indicando que la semilla debe ser apta para la siembra, ya que ésta se clasifica de acuerdo a varios criterios: apariencia, uniformidad, germinación, pureza genética, contaminantes de semillas extrañas, insectos, materia inerte, enfermedades, daño mecánico, tratamiento químico, grado de deterioro, estado de madurez, etc., todos estos atributos influyen para que en la cosecha tengamos buena calidad física, fisiológica y sanitaria, ya que existe una interacción genotipo ambiente durante todo el ciclo de desarrollo de la planta (Vázquez, 1993).

Estos atributos de calidad tienen caracteres que pueden ser fijos o variables; los fijos son consistentes a través del tiempo, ya que su expresión depende generalmente de pocos pares de genes mayores, conocidos como caracteres cualitativos y pueden ser identificados visualmente; mientras que los caracteres cuantitativos son variables, ya que están gobernados por muchos pares de genes menores que interactúan con el ambiente y son susceptibles de medir (Muñoz y Poey, 1983).

### **Concepto de Semilla**

Desde el punto de vista **Botánico**, una semilla verdadera es un óvulo fecundado que posee una planta embriónica, material de reserva almacenado y una cubierta protectora. Es un cigoto formado por la unión de los núcleos masculino y femenino. En el aspecto **Fisiológico**, es una planta embriónica que consta de una pequeña raíz y un pequeño brote. Mientras que desde el aspecto **Agrícola**, es cualquier parte de la planta utilizada para producir un cultivo, es una unidad de disseminación de las especies, pudiendo ser semillas verdaderas, fruto o porción del fruto como el trigo y maíz; y un fruto más otras estructuras como la cebada, avena y zacate y por parte del aspecto de la **Ley**, es toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de su especie (Serrato, 1995).



## **Calidad de la Semilla**

Feistritzer (1977) define la calidad de la semilla, como la suma de múltiples atributos de las mismas, tales como: pureza genética, daños mecánicos, capacidad y vigor de las semillas, infecciones debidas a enfermedades, daños provocados por insectos, tamaño, contenido de humedad y frecuencia de contaminantes (semillas de malas hierbas, comunes y nocivas; semillas de otros cultivos y materia inerte).

Perry (1981) indica que la germinación, la pureza y la sanidad, son tres criterios de calidad que se aceptan a nivel general y que se determinan por análisis de rutina en los laboratorios de evaluación de semillas.

Carballo (1985) menciona que la calidad de semillas comprende la genética (referida a la conservación de las características del genotipo original producto del trabajo del fitomejorador), calidad física, que implica la partición de una muestra de semillas en: semillas puras, otras semillas y material inerte; calidad biológica, en donde esta implícita: la viabilidad, la germinación, el vigor; longevidad y sanidad (libre de patógenos transmitidos vía semillas), otros aspectos que pueden tomarse en cuentas son: la uniformidad, tamaño y forma de la semilla.

## Componentes de Calidad

Serrato (1995) menciona que la calidad de la semilla puede ser expresada como la integración de tres componentes y sus características físicas, entre las que se encuentran los componentes genético, fisiológico y sanitario, así como las características físicas de la semilla.

El componente **genético** viene determinado por el genotipo de la variedad o híbrido. Se refiere a un material de características sobresalientes. Una semilla de un material que es altamente rendidora, de gran aceptación y adaptación es de poco valor si esa semilla no se encuentra sana, viva y capaz de producir plántulas normales (Serrato ,1995).

El componente **fisiológico** se refiere a las características de que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de germinación y vigor. Siendo la semilla una unidad biológica y unidad de reproducción, es importante su viabilidad o capacidad de reproducir un nuevo individuo. La calidad fisiológica depende de muchos factores y puede ser muy fácilmente dañada en cualquiera de las siguientes etapas: maduración, cosecha, trilla, secado, desgrane, acondicionamiento, almacenamiento, distribución, siembra y el suelo mismo (Serrato ,1995).

Mientras que el componente **sanitario**, se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de microorganismos (hongos, bacterias y virus), estos

se pueden encontrar en las semillas como contaminantes o asociados superficial o internamente (Serrato ,1995).

En tanto que las características **físicas**, algunas de ellas son atributos o indicadores de la calidad de un lote de semillas como la pureza analítica ; el peso de la semilla; el contenido de humedad, etc., (Serrato ,1995).

Al examinar los componentes de calidad se deduce que la semilla puede asumir una calidad particular de acuerdo a numerosos criterios; pureza, germinación, apariencia, uniformidad, contaminación de semillas de malezas, insectos, materia inerte, asociación de enfermedades, grado de daño mecánico, estado de madurez y otros (Serrato ,1995).

## **Germinación**

Duffus y Slaughter (1985) dicen que la germinación es un proceso de cambio de una pequeña estructura inactiva, viviendo con abastecimiento mínimo al de una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen. En la mayoría de los casos puede considerarse que el proceso continuo de germinación esta compuesto de dos fases principales: (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 embrionica inmediata; (2) crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo

de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reserva alimenticia extraembriónica, tal como el endospermo. Esta fase continua hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia.

Ellis y Roberts (1982a) proponen que después del porcentaje de viabilidad, la tasa de germinación de un lote de semilla, posiblemente sea una de las manifestaciones mas obvias del vigor, por lo que recomiendan que cualquier consideración de la calidad de la semilla debe incluir este componente. Con frecuencia se afirma que a medida que progresa el deterioro dentro de un lote de semilla, estas demoraran mas en germinar en condiciones estándar. En otras palabras, la tasa de germinación disminuye al avanzar el periodo de almacenaje, en forma similar aumenta la variabilidad del tiempo necesario para la germinación de las distintas semillas.

### **Vigor**

Ching (1973) define al vigor de la semilla, como un potencial para la rápida, uniforme germinación y crecimiento de la plántula dentro de las condiciones generales de campo.

Woodstock (1973) dice que el vigor es aquella condición de buena sanidad activa (vigente) y robustez natural en las semillas, las cuales, al momento de la siembra permiten un proceso de germinación rápida y completa dentro de un amplio rango de condiciones ambientales. Este autor menciona

que en pruebas fisiológicas para vigor de semilla, la capacidad para una rápida y completa germinación, usualmente se mide directamente como una respuesta de germinación dentro de condiciones ambientales, donde se imponen uno o mas elementos de tensión, los cuales pueden incluir temperaturas frías, niveles de humedad superiores o inferiores del óptimo, enfermedades, obstrucción mecánica y otros.

Perry (1981) menciona que Lesley en 1957 y Heydecker en 1969 incluyeron una escala mucho mayor de factores que afectan el comportamiento de las semillas. El comité de vigor de la Asociación Internacional de Evaluación de Semillas (ISTA) comprendió que para contemplar todas las opiniones, la definición debería ser más amplia y la resumieron de la siguiente manera: “ 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 del lote de semillas durante la germinación y emergencia de plántulas”. Dentro de la definición de la ISTA, incluyen una lista de factores que pueden determinar variaciones en el vigor, como ayuda para aclarar el alcance del concepto, estos son: la constitución genética, ambiente y nutrición de la planta madre; estado de maduración al momento de la cosecha, tamaño, peso específico de la semilla, e integridad mecánica, deterioro, envejecimiento y patógenos.

Helmer y Bewley (1984) mencionan que en la actualidad, los agricultores requieren semilla de alta calidad, también apuntan que para tener una densidad de plantas optima en el campo se requiere semillas con habilidad para emerger

a altos niveles dentro de un rango de condiciones ambientales en donde la velocidad de emergencia es importante. Un grano que emerge uniformemente puede ser cultivado mas efectivamente durante el crecimiento del cultivo y producir mas calidad en la cosecha.

Delouche y Cadwell (1962) mencionan que existen ciertas características en las semillas que hacen que un lote tienda a ser mas vigoroso que otros, y que algunas de estas características es posible evaluarlas y así eliminar lotes de menor calidad.

Perry (1981) dice que la habilidad de un lote de semillas a emerger más rápido, uniforme y con altos niveles de confianza en el campo, son cualidades íntimamente relacionadas con la viabilidad y el vigor. El mismo autor (1980) menciona que en las pruebas del deterioro de semillas, el vigor empieza a disminuir antes que la viabilidad y debe sospecharse que todo el lote con bajo porcentaje de germinación tiene bajo vigor. Sin embargo, cuando una semilla que tenga una capacidad germinativa elevada no necesariamente tendrá un nivel alto de vigor.

McDonald (1975) propone a la velocidad de germinación como una prueba de vigor, ya que considera que las semillas mas vigorosas germinan mas rápidamente. La prueba consiste en poner a germinar semillas, y al iniciar la germinación se hacen conteos diarios de número de semillas germinadas; al final de la prueba se tiene la máxima germinación.

## **Prueba de envejecimiento acelerado**

Esta prueba fue propuesta por Delouche y Baskin (1973), quienes sugieren que este rápido o acelerado envejecimiento de la semilla puede ser usado en la evaluación del almacenaje potencial de lotes de semilla. La hipótesis básica en su trabajo fueron que los procesos de deterioro dentro de las condiciones de envejecimiento acelerado son similares a aquellas dentro de las condiciones normales, solo que la tasa de deterioro se incrementa enormemente. También menciona que los lotes de semillas que mantienen la germinación durante el envejecimiento acelerado son buenos para almacenar y las que son sustancialmente afectadas en su germinación, tienen una capacidad pobre de almacenamiento. Las razones que mencionan para proponer esta prueba son las siguientes: permite conocer el deterioro de la semilla en el almacenamiento y el vigor de esta, las técnicas de envejecimiento acelerado parecen tomar el criterio esencial de cualquier prueba de calidad de las semillas, estas técnicas son relativamente simples y rápidas, también pueden ser aplicables a cualquier tipo de semillas y, pueden producir información de la calidad de la semilla de una manera constante.

Delouche y Baskin (1973), observaron que los lotes que tuvieron una alta sobrevivencia después del tratamiento de envejecimiento acelerado, también tuvieron mayor longevidad en almacenamiento normal y viceversa. También observaron diferencias entre especies para tolerar al tratamiento de envejecimiento acelerado. Ellos indican que la reproducción de los resultados

de envejecimiento acelerado depende de la precisión en controlar la temperatura (debe variar como máximo  $\pm 0.5$  °C), la humedad relativa y el tiempo de duración de la prueba. También sugieren que no sea abierta la cámara, ya que el vapor de agua puede condensarse. Estos autores mencionan que la prueba de envejecimiento acelerado puede ser usada también para obtener semilla con un mínimo de deterioro en el campo y sin daño mecánico.

Ellis y Roberts (1980 b) mencionan que el tipo convencional de la prueba de envejecimiento acelerado propuesta por Delouche y Baskin (1973) presentan cuatro desventajas principales: la humedad relativa puede ser constante, el contenido de humedad de la semilla aumenta durante la prueba y en consecuencia, esta no puede suministrar una curva de supervivencia fácilmente interpretable, aunque se acepte un cambio del contenido de humedad durante la prueba, sería difícil aplicar condiciones idénticas a todos los lotes de semilla, debido a que el contenido de humedad inicial (que por lo general no está controlado) puede ser distinto en cada caso y, en consecuencia, la integral del contenido de humedad con el tiempo, durante la prueba será diferente; incluso diferencias muy pequeñas del contenido de humedad pueden tener efectos importantes sobre la longevidad, es difícil controlar con precisión la humedad relativa, especialmente a valores elevados y por lo tanto, la integral del contenido de humedad de la semilla también puede ser difícil controlar, la realización de una sola prueba de germinación al final del tratamiento presenta los mismos errores de muestreo que en una prueba de germinación común.



Kulik y Yaklich (1982) evaluaron semillas de soya mediante pruebas de vigor, tales como envejecimiento acelerado, frió, banco de arena y velocidad de germinación, relacionándolas con el comportamiento en el campo. Ellos observaron que estas pruebas estuvieron correlacionadas significativamente con la emergencia en el campo. Sin embargo, concluyeron que ninguna de estas pruebas de vigor que evaluaron son suficientemente precisas para predecir la emergencia en el campo.

Gelmond (1978) planteó su trabajo para ver el efecto del envejecimiento acelerado de semillas de sorgo en el vigor de plántula de las mismas y observó seis diferentes niveles de vigor de semillas a través del envejecimiento acelerado por varios periodos de tiempo.

## **Factores que Afectan la Calidad de la Semilla**

### **Efectos de precosecha**

Las semillas con alta viabilidad y vigor son mucho mas resistentes a las humedades y temperaturas altas, por lo cual se sugiere conocer el historial de la semilla almacenada. Las condiciones climáticas durante el periodo de postmaduración tienen gran influencia en la calidad de la semilla. Frecuentemente, la combinación de lluvias y altas temperaturas resultan en una rápida pérdida de viabilidad de las semillas en los cultivos sin cosechar, provocando problemas inmediatos en el almacenamiento, con el calentamiento

y desarrollo de microorganismos que aceleran el proceso del deterioro (Delouche, 1980 ; Copeland y McDonald, 1985). Otros de los factores que influyen en la calidad de la semilla es la nutrición mineral, lo cual afecta la germinación, repercutiendo en la planta adulta para después reducir la longevidad de la semilla en el almacén (Moreno, 1987).

### **Maduración de semillas**

Harrington (1972), reportó que la madurez de la semilla se alcanza cuando estas presentan su máximo peso seco. Por su parte, Gregg (1981) indica que las semillas inmaduras, por lo general son de tamaño pequeño, arrugadas, marchitas e incoloras y no se almacenan bien. Mientras que Copeland y McDonald (1985) mencionan que el vigor de la semilla es resultado de un efecto indirecto de la madurez de la semilla.

### **Humedad y temperatura**

Los dos factores mas importantes que influyen en la perdida de la germinación son la humedad relativa, quien regula el contenido de humedad de la semilla y la temperatura; entre mas altas sean estas, mas rápidamente se deteriora la semilla. El agua se encuentra retenida en la semilla en tres formas diferentes: el agua libre retenida en los espacios intergranulares de la semilla, el agua adsorbida que se encuentra asociada con la materia absorbente y el agua de composición, que es la que se encuentra unida químicamente y forma parte

integral de las moléculas que constituyen los materiales de reserva de la semilla (Ramírez, 1984).

### **Daño mecánico**

Según Harrington (1959), la cantidad de daño mecánico en la semilla esta relacionada con el contenido de humedad. Delouche (1972) y Helmer (1980) determinaron que los dos factores que contribuyen en la calidad de la semilla de soya son: el daño mecánico y el resultante deterioro del mismo, siendo su causa principal la frágil cubierta que no resiste la fuerza del impacto al cosechar y acondicionarla, así como el manejo del almacenamiento a granel, causando resquebrajamientos en la cubierta de la semilla y el embrión.

### **Otros factores**

Gregg (1981) señala que existen otros factores que influyen en la longevidad de la semilla, como lo es el contenido de oxígeno, anhídrido carbónico, tipo de semilla, numero y clase de fumigaciones, los efectos del tratamiento químico de la semilla y el ataque de roedores, insectos y hongos.

### **Deterioro de la semilla**

El deterioro de la semilla es caracterizado como un proceso natural que envuelve cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos en la semilla en la medida

que ella muere. Este proceso se caracteriza por ser progresivo e irreversible. La velocidad del deterioro esta fuertemente influenciada por los factores genéticos de la semilla, su historia previa de manejo de campo y las condiciones ambientales a la precosecha (Gregg ,1981).

### **Definiciones de deterioro**

Abdul – Baki y Anderson (1972), definen al deterioro como el proceso que incluye cualquier transformación degenerativa e irreversible después que la semilla a alcanzado su máxima calidad. Por su parte Delouche (1980), se refiere al deterioro como el proceso que es acompañado de cambios detrimenales que ocurren en la semilla a medida que ella muere.

### **Causas del deterioro**

El deterioro puede ser representado por:

- Degradación de las membranas celulares, lo cual provoca pérdida del contenido celular.
- Daños en los mecanismos de producción y síntesis de energía.
- Alteraciones indeseables con los procesos de respiración y biosíntesis.

El deterioro se manifiesta por:

- Decremento en su longevidad.
- Decremento del grado de crecimiento y desarrollo de la plántulas.

- Disminución de la uniformidad y emergencia de las plántulas.
- Disminución de la resistencia de las plantas a efectos desfavorables del ambiente y otros factores.
- Reducción del rendimiento potencial de la planta.
- Incremento en el porcentaje de plántulas anormales.
- La pérdida de la germinación, o sea la muerte de la semilla, la cual es la última consecuencia y más drástica en el proceso de deterioro. (Abdul – Baki y Anderson ,1972).

### **Longevidad de la semilla**

Según Harrington (1973), la longevidad de la semilla es una función de la humedad relativa y en menor proporción de la temperatura, el estrés que presenta la semilla antes de la madurez fisiológica, así como la especie y el cultivar. Otros efectos son el envejecimiento a causa de la actividad respiratoria y un incremento en la permeabilidad de la membrana. Holman y Snitzler (1984) dicen que la longevidad puede ser corta o larga, dependiendo del tipo de semillas, microflora que se desarrolle durante el almacenamiento y por la interacción de la temperatura y la humedad de la semilla. En periodos largos de almacenamiento se requerirá un almacén acondicionado donde la temperatura sea entre 4 y 10°C, dependiendo de la especie y región de que se trate, además, Moreno (1987) reporta que en periodos largos de almacenamiento, el

contenido de humedad de la semilla y temperaturas del almacén deberán ser mas bajas que en periodos cortos de almacenamiento.

El potencial de almacenamiento de cualquier semilla es influenciado por diferentes condiciones y características como son las variaciones entre especies y variedades, efectos de precosecha, estructura y composición química de la semilla, madurez, tamaño, latencia, contenido de humedad, daño mecánico, vigor y otros factores. En base a lo anterior, consideran que la máxima calidad fisiológica que pueda presentar la semilla previo a la siembra, es la que se logra mediante la interacción entre su constitución genética y el ambiente bajo el cual es producida, cosechada y almacenada (Justice y Bass, 1978).

### **Aspectos genéticos de la longevidad de la semilla**

La longevidad de la semilla es una característica intrínseca de las especies (Harrington, 1972), clasificándolas como longevidad corta y larga. Dentro de esta clasificación y de acuerdo con Haferkamp *et al.*, (1953), el maíz es considerado como de longevidad larga, así mismo, el mismo autor reporta la existencia de diferencias varietales en la longevidad de la semilla de maíz, corroborado por lo encontrado por Lindstrom (1942); Haber (1950); Chang (1970), Moreno *et al.*, (1978) y Vázquez (1999), donde encontraron diferencias en la longevidad de la semilla de híbridos de maíz y sus progenitores.

Tratando de identificar el mecanismo genético que controla la longevidad de la semilla, Rao y Fleming (1978) mediante un programa de retrocruzamiento, incorporaron un genotipo nuclear de maíz en tres y cuatro citoplasmas, respectivamente y almacenaron la semilla durante dos años. Analizando los resultados obtenidos encontraron que existen ciertas combinaciones citoplasmico-nucleares que retienen mejor que otras su capacidad germinativa durante el almacenamiento. Así mismo, consideran que este fenómeno puede explicar diferencias de longevidad de la semilla híbrida.

Un trabajo que refuerza estos resultados es el realizado en sorgo por Selvaraj y Ramaswamy (1983), quienes sometiendo a envejecimiento acelerado la semilla de 16 híbridos obtenidos a partir de los cruzamientos entre cuatro líneas androesteriles y cuatro restauradoras de la fertilidad, encontraron que la semilla de los híbridos que retuvieron mejor su capacidad germinativa fueron aquellos en los que la hembra fue una línea androesteril CK-60<sup>a</sup>.

Vázquez *et al.*, (1996), al trabajar con seis poblaciones de maíz y ser evaluados bajo un diseño dialélico, encontraron que los efectos de aptitud combinatoria específica son más importantes que los de aptitud combinatoria general en la manifestación de la germinación y vigor de las semillas; sin embargo, manifiestan que existen pocos trabajos genéticos que involucren la calidad fisiológica de la semilla. Por lo anterior, sugieren que se incursionen en esta área al desarrollar estrategias en mejoramiento, con la intención de

integrar esfuerzos y generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

Tomando en cuenta que el componente genético es el de mayor importancia en la manifestación del vigor de la semilla, el cual no ha sido suficientemente explotado. Delouche (1985) sugiere que se implante una estrategia para que se incluyan en los programas de mejoramiento genético los caracteres de vigor. Esta debe ser orientada a la resistencia o tolerancia al deterioro de la semilla en el campo, incrementar la longevidad de la semilla bajo condiciones de estrés, mejorar la capacidad y emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables.

Resultados que refuerzan los anteriores fueron obtenidos por Chang (1970), quien almaceno la semilla de un híbrido de maíz y sus progenitores, donde encontró que la semilla del híbrido mostró una longevidad mayor que la de su progenitor femenino, el cual poseía longevidad larga.

Vázquez (1999), al trabajar con siete líneas de maíz evaluadas mediante un análisis de medias generacionales de Joint Scaling Test de Cavalli (1952), encontró que el comportamiento promedio de los efectos aditivos, dominancia y epistáticos no detectaron significancia para las pruebas de germinación y envejecimiento artificial de la semilla, mientras en la longitud de plúmula antes y después del envejecimiento artificial de las semillas y la prueba



en frío, los efectos de dominancia son mas importantes que los efectos aditivos y epistáticos.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Área de estudio**

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; la cual se encuentra localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25°22' latitud N, 101°03 longitud W y una altitud de 1743 msnm. El período en que se desarrollo el trabajo fue durante Enero – Mayo del 2004.

### **Material genético**

El material genético que se utilizó en esta investigación fueron 31 genotipos de maíz, de los cuales ocho son líneas elite, siete son F1, nueve son F2 y siete son retrocruzas, que fueron generadas por el programa de mejoramiento genético para áreas tropicales del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). En el Cuadro 3.1 se presentan el material genético utilizado, así como sus generaciones utilizadas.

**Cuadro 3.1** Material genético utilizado para llevar a cabo el presente experimento.

Líneas originales		F1		F2		RC1	
1	4201	9	4203 x 4217	16	4202	25	4202 x 4201
2	4203	10	4205 x 4217	17	4204	26	4204 x 4203
3	4205	11	4207 x 4217	18	4206	27	4206 x 4205
4	4207	12	4209 x 4217	19	4208	28	4208 x 4207
5	4209	13	4211 x 4217	20	4210	29	4210 x 4209
6	4213	14	4213 x 4217	21	4211	30	4212 x 4211
7	4215	15	4215 x 4217	22	4212	31	4214 x 4213
8	4217			23	4214		
				24	4216		

### **Obtención del material experimental**

El material se obtuvo en el campo experimental de Cotaxtla, Ver., en el ciclo de invierno 2003-2004, se sembraron las 8 líneas para su incremento mediante cruza fraternales, se realizaron las cruza directas para obtener las F1's, las autofecundaciones de las F1's para obtener la semilla F2; y las cruza simples F1's se retrocruzaron hacia el progenitor 4217 para obtener la semilla RC1. Se utilizaron dos surcos por cada material con la finalidad de obtener suficientes plantas y por consiguiente suficiente semilla para ser utilizadas en las pruebas de laboratorio. Las semillas se manejaron de igual forma, su desgrane y limpieza fue manual.

Una vez que se tuvo la semilla, esta fue sometida a pruebas de germinación y vigor mediante la prueba de envejecimiento acelerado modificada.

### **Prueba de envejecimiento acelerado (EA)**

Se utilizó una cámara de envejecimiento artificial a  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 100 por ciento. La cámara interna constó de un vaso de precipitado de 600 ml, conteniendo 100 ml de agua, en donde se colocaron 100 semillas de cada genotipo en una malla de alambre sostenidas por un soporte en el interior y tapándose con plástico y sujetado este con una liga. El tiempo de exposición bajo estas condiciones fue de 4 y 8 días. Al finalizar el período se sacaron las semillas y se realizó la prueba de germinación, según lo establece la ISTA (1996).

### **Parámetros evaluados**

#### **Vigor**

Se realizó conforme a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA 1996), para lo cual se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas en toallas de papel húmedo, los cuales se enrollaron para formar "tacos". Posteriormente se llevaron a la cámara de germinación a  $25^\circ\text{C}$ , realizándose un conteo a los 7 días, se registraron las plántulas normales (germinación), plántulas anormales y semillas muertas.

### **Longitud media de plúmula (LMP)**

Las plántulas utilizadas para determinar la longitud de plúmulas provinieron de la prueba de germinación estándar a los 7 días, midiendo solamente la longitud de plúmula (mm) de plántulas normales, midiendo las plántulas que quedaron entre las dos líneas paralelas y fueron multiplicadas por el valor medio de dichas paralelas y los productos se sumaron, la longitud total se dividió entre el número de semillas sembradas, obteniéndose el promedio de cada repetición.

### **Peso seco de plúmula (PSP)**

Después de evaluar la germinación estándar y medir las plántulas, las plúmulas fueron retiradas de las plántulas normales y se sometieron a un secado en estufa por 24 horas a 70°C, después de este período se sacaron y se enfriaron en un desecador para luego ser pesadas en una balanza analítica de precisión (0.0001 gr) el peso se dividió entre el número de plántulas normales y fue expresado en miligramos por plúmula (mg/plúmula).

### **Análisis estadístico**

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se llevó a cabo bajo el mismo diseño experimental, donde se empleó el paquete estadístico SAS (1989).y para el

análisis de comparación de medias se utilizo el MSTATC versión 4.2. Siendo el modelo lineal el siguiente:

### **Modelo Lineal Utilizado**

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\delta$  = Efecto de los tratamientos.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental.

Para las variables que resultaron con diferencias significativas. Se utilizó una prueba de comparación de medias mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al nivel de 0.05 de probabilidad. La formula de esta prueba es:

$$DMS = t \sqrt{\frac{2s^2}{r}}$$

Donde:

$s^2$  = Cuadrado medio del error.

$r$  = Numero de repeticiones.

$t$  = Valor tabular de  $t$  para los grados de libertad del error.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro A.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia de las variables evaluadas, en donde se presentaron diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) para todos los parámetros evaluados en la prueba de envejecimiento acelerado realizadas a los cero, cuatro y ocho días como fueron; el vigor, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, lo anterior indica que existe gran variación genética entre los materiales evaluados, así como en las diferentes generaciones de los materiales evaluados. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.39 y 43.99 por ciento, siendo este último el correspondiente al peso seco de plúmula a los cero días de evaluación del vigor.

### **Comparación de Medias**

#### **Vigor**

En el Cuadro 4.1 se presenta la comparación de medias mediante la prueba de DMS (0.05%) y para el vigor evaluado a cero días, en esta variable se agruparon los genotipos en cuatro grupos,

en los cuales, en el primer grupo se encuentran las líneas, en donde sobresale la línea 8 (4217), quién registró un 99 por ciento de germinación, siendo superior y diferente al resto de las líneas, a esta línea le siguieron la 7 (4215) y 6 (4213), quienes tuvieron 89 y 88 por ciento de germinación respectivamente, mientras que las germinaciones más bajas las registraron las líneas 2 (4203) y 4 (4207) con 40 y 58 por ciento. Podemos observar que las líneas 1(4201), 2 y 4 fueron inferiores y diferentes al resto de las líneas.

En el grupo donde se encuentran las cruzas F1, sobresalen estadísticamente las cruzas 12 (4209 x 4217),15 (4215 x 4217), 9 (4203 x 4217), 10 (4205 x 4217) y 13 (4211 x 4217) , quienes presentaron 100 y 99 por ciento de germinación a los 0 días de envejecimiento de las semillas, sin embargo no difirieron entre si. Las cruzas que mostraron los porcentajes más bajos de germinación fueron la 14 (4213 x 4217) y 11(4207 x 4217) con 92 y 97 por ciento respectivamente, también se observó que en este grupo de cruzas todas resultaron ser estadísticamente iguales.

En el tercer grupo donde se ubican las cruzas autofecundadas (F2), sobresalen numéricamente las cruzas 20 (4210) y 23 (4214) con un 100 por ciento de germinación, sin embargo estas no difieren estadísticamente del resto de las cruzas, con excepción del genotipo 16 (4202) y 18 (4206), quienes fueron los que registraron las germinaciones más bajas con 88 y 83 por ciento.



En el caso de las retrocruzas, todas presentaron valores de germinación que oscilan entre 93 al 100 por ciento, resultando ser estadísticamente iguales entre sí, sin embargo, la retrocruza 26 (4204 x 4203) y 29 (4210 x 4209) presentaron los valores más bajos con 93 y 96 por ciento.

**Cuadro 4.1** Comparación de medias del material genético evaluado a los cero días de envejecimiento acelerado.

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>	<b>F1</b>	<b>Medias</b>	<b>F2</b>	<b>Medias</b>	<b>RC1</b>	<b>Medias</b>
<b>1</b>	72.0 f	<b>9</b>	99.0 a	<b>16</b>	88.0 cd	<b>25</b>	99.0 a
<b>2</b>	40.0 h	<b>10</b>	99.0 a	<b>17</b>	92.0 a-c	<b>26</b>	93.0 a-c
<b>3</b>	83.0 ed	<b>11</b>	97.0 ab	<b>18</b>	83.0 de	<b>27</b>	100.0 a
<b>4</b>	58.0 g	<b>12</b>	100.0 a	<b>19</b>	92.0 a-c	<b>28</b>	100.0 a
<b>5</b>	78.0 ef	<b>13</b>	99.0 a	<b>20</b>	100.0 a	<b>29</b>	96.0 a-c
<b>6</b>	88.0 cd	<b>14</b>	92.0 a-c	<b>21</b>	94.0 a-c	<b>30</b>	97.0 ab
<b>7</b>	89.0 b-d	<b>15</b>	100.0 a	<b>22</b>	94.0 a-c	<b>31</b>	100.0 a
<b>8</b>	99.0 a			<b>23</b>	100.0 a		
				<b>24</b>	99.0 a		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias para la prueba de envejecimiento acelerado llevado a cabo a los cuatro días, en dicha variable se observó que en el grupo de las líneas, los mejores porcentajes se presentaron en la línea 8, 1 y 6 con 96, 88 y 87 por ciento de vigor, mientras que las líneas que mostraron los porcentajes más bajos fueron la línea 5 (4209) y 2 con 49 y 62 por ciento. Para las cruzas F1, las más sobresalientes fueron las 10 y 13 con 100 y 97 por ciento de vigor, mientras que las cruzas que tuvieron los porcentajes más bajos de vigor fueron la 11 y 9 con 73 y 75 por ciento. Las cruzas F2 más sobresalientes en el aspecto de vigor fueron para la 24 (4216), 20 y 21(4211) con 100 y 99 por ciento; en cambio, la cruza 19 (4208) tuvo el menor porcentaje de vigor con 90 por ciento. Para las retrocruzas 26, 25

y 29, quienes tuvieron 99 y 98 por ciento de vigor, fueron las más altas, mientras que la retrocruza 31 registro el vigor más bajo con 89 por ciento.

**Cuadro 4.2** Comparación de medias del material genético evaluado en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>	<b>F1</b>	<b>Medias</b>	<b>F2</b>	<b>Medias</b>	<b>RC1</b>	<b>Medias</b>
<b>1</b>	88.0 d-f	<b>9</b>	75.0 hi	<b>16</b>	98.0 ab	<b>25</b>	98.0 ab
<b>2</b>	62.0 j	<b>10</b>	100.0 a	<b>17</b>	98.0 ab	<b>26</b>	99.0 a
<b>3</b>	86.0 fg	<b>11</b>	73.0 hi	<b>18</b>	97.0 a-c	<b>27</b>	97.0 a-c
<b>4</b>	68.0 ij	<b>12</b>	86.0 fg	<b>19</b>	90.0 b-f	<b>28</b>	97.0 a-c
<b>5</b>	49.0 k	<b>13</b>	97.0 a-c	<b>20</b>	99.0 a	<b>29</b>	98.0 ab
<b>6</b>	87.0 ef	<b>14</b>	95.0 a-e	<b>21</b>	99.0 a	<b>30</b>	90.0 b-f
<b>7</b>	78.0 gh	<b>15</b>	95.0 a-e	<b>22</b>	97.0 a-c	<b>31</b>	89.0 c-f
<b>8</b>	96.0 a-d			<b>23</b>	97.0 a-c		
				<b>24</b>	100.0 a		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.3 se presenta la comparación de medias para la determinación del vigor mediante la prueba de envejecimiento acelerado realizada a los ocho días, en dicha variable se muestran que en el grupo de las líneas, sobresalieron en forma significativa las líneas 6 y 8 con 90 y 83 por ciento de vigor, mientras que las líneas que registraron los porcentajes más bajos fueron las líneas 5 y 2 con 31 y 39 por ciento. En el caso de las cruzas F1, sobresalieron numéricamente la 12, 9 y 15, quienes tuvieron valores de 83 y 82 por ciento de vigor, superando al resto, mientras que las cruzas que registraron los porcentajes más bajos fueron la 10 y 11 con 41 y 53 por ciento, para las cruzas F2, se pudo apreciar que las cruzas 20 y 19 registraron los valores más altos de vigor con 94 y 92 por ciento, mientras que la crusa que tuvo el valor más bajo fue la 18 con un 73 por ciento, siendo inferior al resto de este grupo. Para las retrocruzas, se observó que la 29, 25 y 28 registraron los

porcentajes más altos con 97, 93 y 92 por ciento, mientras que las retrocruzas que mostraron los valores más bajos fueron la 26 y 30 con 77 y 80 por ciento de vigor.

**Cuadro 4.3** Comparación de medias del material genético en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>	<b>F1</b>	<b>Medias</b>	<b>F2</b>	<b>Medias</b>	<b>RC1</b>	<b>Medias</b>
<b>1</b>	63.0 i-k	<b>9</b>	82.0 b-g	<b>16</b>	89.0 a-f	<b>25</b>	93.0 a-c
<b>2</b>	39.0 m	<b>10</b>	41.0 lm	<b>17</b>	89.0 a-f	<b>26</b>	77.0 f-h
<b>3</b>	66.0 h-j	<b>11</b>	53.0 kl	<b>18</b>	73.0 g-i	<b>27</b>	91.0 a-e
<b>4</b>	53.0 kl	<b>12</b>	83.0 b-g	<b>19</b>	92.0 a-d	<b>28</b>	92.0 a-d
<b>5</b>	31.0 m	<b>13</b>	79.0 e-g	<b>20</b>	94.0 ab	<b>29</b>	97.0 a
<b>6</b>	90.0 a-e	<b>14</b>	72.0 g-l	<b>21</b>	87.0 a-f	<b>30</b>	80.0 d-g
<b>7</b>	60.0 jk	<b>15</b>	82.0 b-g	<b>22</b>	87.0 a-f	<b>31</b>	88.0 a-f
<b>8</b>	83.0 b-g			<b>23</b>	81.0 c-g		
				<b>24</b>	82.0 b-g		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

### **Longitud Media de Plúmula (LMP)**

En el Cuadro 4.4 se presenta la comparación de medias para la variable de longitud media de plúmula en germinación a los cero días de envejecimiento, en dicha variable y en relación a las líneas, la 8 registró 10.9 cm de longitud de plúmula, siendo el valor más alto y superior al resto de los valores presentados por las demás líneas, mientras que la 2 y 4 tuvieron longitudes de 1.90 y 1.62 cm, siendo los más bajos estadísticamente.

Para el grupo de las cruzas F1, sobresale la 12, quién tuvo 12.16 cm de longitud, siendo el valor más alto y superior al registrado por el resto de las cruzas, en cambio, la craza que tuvo el menor valor fue la 14 con 7.05 cm de longitud.

En el caso de las cruzas F2, la mayor longitud la registro la craza 20 con 10.88 cm, siendo superior y diferente al resto de las cruzas F2, mientras que las longitudes más bajas las registraron la 18 y 19 (4208) con 5.37 y 5.96 cm.

En las retrocruzas (RC1), se encontró que el genotipo 28 (4208 x 4207) y 31 (4214 x 4213) presentaron los valores más altos de longitud con 10.10 y 9.98 cm, mientras que la longitud más baja fue en la 25 (4202 x 4201) con 6.87 cm.

**Cuadro 4.4** Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de vigor a 0 días.

Líneas	Medias	F1	Medias	F2	Medias	RC1	Medias
1	4.18 jk	9	9.28 c-e	16	8.12 e-g	25	6.87 gh
2	1.90 lm	10	8.89 c-e	17	6.24 hi	26	9.27 c-e
3	3.19 lk	11	9.35 c-e	18	5.37 ij	27	8.88 c-e
4	1.62 m	12	12.16 a	19	5.96 hi	28	10.10 bc
5	3.72 k	13	9.11 c-e	20	10.88 ab	29	8.26 e-g
6	3.80 k	14	7.05 gh	21	7.38 f-h	30	9.01 c-e
7	4.41 jk	15	9.96 b-d	22	7.96 e-g	31	9.98 bc
8	10.90 ab			23	7.98 e-g		
				24	8.53 d-f		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.5 se presenta las medias para longitud media de plúmula realizada en la prueba de envejecimiento acelerado a los cuatro días, en dicha variable se observó que la línea que presentó la mayor longitud de plúmula fue la 8 con 4.82 cm, quién fue superior numéricamente al resto, posteriormente le siguió la línea 1 con 4.79 cm.; en cambio, la 5 y 2 tuvieron la longitud más baja con 2.04 y 3.48 cm. En lo que respecta a las cruzas F1, sobresalió considerablemente la craza 13, quién registró la longitud más alta con 9.17 cm,

superando al resto, siguiéndole la 15 con 8.07 cm, estas resultaron ser estadísticamente iguales; en cambio, las cruzas 11 y 9 registraron los valores más bajos de longitud con 4.76 y 6.66 cm respectivamente. El genotipo 11 es inferior numéricamente al resto de los demás genotipos. Para las cruzas F2, sobresalieron numéricamente las cruzas 19 y 17 con 6.97 y 6.78 cm de longitud respectivamente, mientras que las cruzas que mostraron las longitudes más bajas fueron la 23 y 21 con 4.76 y 4.87 cm. Para las retrocruzas, se pudo observar que la 29 y 28 tuvieron valores de 8.92 y 8.68 cm de longitud, ambas fueron superiores al resto de las retrocruzas, mientras que la 30 fue quién presentó la longitud más baja con 3.78 cm.

**Cuadro 4.5** Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.

Líneas	Medias	F1	Medias	F2	Medias	RC1	Medias
1	4.79 h-m	9	6.66 c-h	16	6.52 d-i	25	5.34 g-m
2	3.48 mn	10	6.76 c-h	17	6.78 c-h	26	8.18 a-d
3	4.31 j-m	11	4.76 h-m	18	5.61 f-l	27	5.09 g-m
4	3.98 k-n	12	7.58 a-f	19	6.97 b-g	28	8.68 a-c
5	2.04 n	13	9.17 a	20	6.22 d-i	29	8.92 ab
6	4.17 k-m	14	7.78 a-e	21	4.87 h-m	30	3.78 l-n
7	4.63 l-m	15	8.07 a-d	22	5.45 g-m	31	5.11 g-m
8	4.82 h-m			23	4.76 h-m		
				24	6.51 d-i		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.6 se tiene la comparación de medias para la longitud de plúmula obtenida en la prueba de envejecimiento acelerado a los ocho días. Para el grupo que comprende a las líneas, sobresalieron la 6, 8 y 1 con una longitud de 4.95, 4.68 y 4.36 cm, mientras que la línea que presentó la longitud más baja fue la 5 con 2.73 cm. Para las cruzas F1, solamente la 12 sobresalió

significativamente del resto de las cruzas, quién presento 8.66 cm de longitud, mientras que las cruzas que mostraron las longitudes más bajas fueron la 10 y 11 con 3.45 y 4.03 cm. En las cruzas F2, las cruzas 19 y 20 con 6.41 y 6.06 cm, presentaron los valores más altos, en cambio, la cruza que registró la longitud más baja fue la 22 con 4.83 cm. Para las retrocruzas, podemos señalar que la 27 y 28 presentaron 7.40 y 7.29 cm respectivamente, siendo las longitudes más altas, mientras que las retrocruzas que mostraron las longitudes más bajas fueron para la 30 y 31 con 5.20 y 5.39 cm.

**Cuadro 4.6** Comparación de medias del material genético evaluado en la longitud media de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.

Líneas	Medias	F1	Medias	F2	Medias	RC1	Medias
1	4.36 f-j	9	5.46 c-f	16	5.46 c-f	25	5.74 c-e
2	3.09 jk	10	3.45 i-k	17	5.28 c-h	26	5.45 c-f
3	3.96 h-k	11	4.03 g-k	18	5.00 d-h	27	7.40 ab
4	3.32 l-k	12	8.66 a	19	6.41 bc	28	7.29 b
5	2.73 k	13	5.26 c-h	20	6.06 b-d	29	6.49 bc
6	4.95 d-h	14	4.92 d-h	21	5.76 c-e	30	5.20 c-h
7	3.93 h-k	15	5.46 c-f	22	4.83 d-h	31	5.39 c-j
8	4.68 e-i			23	5.80 c-e		
				24	5.56 c-f		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

### **Peso Seco de Plúmula (PSP)**

En el Cuadro 4.7 se muestra la comparación de medias para el peso seco de plúmula realizada en la prueba de germinación a cero días, en dicha variable se encontró que en las líneas de maíz, el mejor peso se presentó en la línea 7 y 8, quienes tuvieron 1,239 y 1,221 mg/plúmula, siendo superiores y diferentes al resto de las demás líneas de maíz. El menor peso se presentó en

la línea 2 con 985 mg/plúmula. Las mejores cruzas F1 que registraron los pesos más altos de plúmula fueron la 13, 12 y 11 con 1746.8, 1473.5 y 1322.3 mg/plúmula. Los pesos más bajos se dieron en las cruzas 10 y 15 con 765.7 y 789.6 mg/plúmula. En las cruzas autofecundadas (F2) sobresalieron las cruzas 17 (4204), 21 (4211) y 24 (4216) con 1288.1, 1224.7 y 1197.9 mg/plúmula, mientras que los pesos más bajos las registraron las cruzas 18 y 16 con 451.2 y 500.1 mg/plúmula. Las retrocruzas más sobresalientes en el peso seco de plúmula fueron la 27 (4206 x 4205) y 30 (4212 x 4211) con 1137.6 y 1072.3 mg/plúmula, y las retrocruzas 26 y 25 fueron las que registraron los pesos más bajos con 735 y 830.6 mg/plúmula.

**Cuadro 4.7** Comparación de medias del material genético evaluado en el peso seco de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a 0 días.

Líneas	Medias	F1	Medias	F2	Medias	RC1	Medias
1	227.7 kl	9	1108.7 b-g	16	500.1 g-l	25	830.6 c-h
2	98.5 l	10	765.7 e-j	17	1288.1 a-d	26	735 e-k
3	436.2 h-l	11	1322.3 a-c	18	451.2 h-l	27	1137.6 b-f
4	263.1 j-l	12	1473.5 ab	19	587.5 g-k	28	870.4 c-h
5	274.1 l-l	13	1746.8 a	20	818.1 d-h	29	876.6 c-h
6	488.9 h-l	14	1061.9 b-j	21	1224.7 a-e	30	1072.3 b-g
7	1239 a-e	15	789.6 d-j	22	690.7 f-k	31	887.3 c-h
8	1221 a-e			23	797 d-i		
				24	1197.9 b-f		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.8 se muestra la comparación de medias para el peso seco de plúmula obtenida en la prueba de envejecimiento acelerado a los cuatro días. En dicho cuadro se aprecia que las líneas 8, 6 y 1 sobresalen del resto de las líneas, ya que estas registraron valores de 677, 490 y 409.1 mg/plúmula, mientras que la línea que mostró el peso más bajo fue la 5 con 98

mg/plúmula. En las cruzas F1 sobresalen la 13 y 10 con 931 y 815 mg/plúmula, mientras que las cruzas que mostraron los pesos más bajos fueron la 11 y 9 con 396 y 414 mg/plúmula. Para las cruzas F2, las mejores fueron la 24 y 17 con 909 y 900 mg/plúmula, mientras que las cruzas que registraron los pesos más bajos fueron la 22 (4212) y 23 con 679 mg/plúmula. Referente a las retrocruzas, la 26 y 28 tuvieron 928 y 926 mg/plumula, quienes fueron las que tuvieron los valores más altos, mientras que el peso más bajo lo registró la retrocruza 30 con 480 mg/plúmula.

**Cuadro 4.8** Comparación de medias del material genético evaluado en el peso seco de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 4 días.

Líneas	Medias	F1	Medias	F2	Medias	RC1	Medias
1	409. l	9	414. l	16	771 b-g	25	765 c-h
2	165 no	10	815 a-f	17	900 a-c	26	928 a
3	397 l	11	396 l	18	828 a-d	27	686 d-i
4	252 mn	12	711 d-i	19	800 a-g	28	926 a
5	98 o	13	931 a	20	796 a-g	29	881 a-c
6	490 j-l	14	626 h-j	21	795 a-g	30	480 kl
7	374 lm	15	607 l-k	22	679 e-i	31	657 g-i
8	677 f-i			23	679 e-i		
				24	909 ab		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

En el Cuadro 4.9 se presenta la comparación de medias para el peso seco de plúmula obtenida en la prueba de envejecimiento acelerado a los ocho días. En este cuadro y referente al grupo de las líneas, se observó que la 6 y 8 presentaron los pesos más altos con 569 y 452 mg/plúmula, mientras que las líneas que mostraron los pesos más bajos fueron para la 5 y 2 con 65 y 82 mg/plúmula. Para las cruzas F1, las más sobresalientes fueron la 12 y 15 con 718 y 644 mg/plúmula, en cambio, las cruzas que mostraron los pesos más



bajos fueron la 10 y 11 con 213 y 358 mg/plúmula. En el caso de las cruzas F2, sobresalió numéricamente la 19 con 742 mg/plúmula, mientras que la craza que mostró el peso más bajo fue para la 17 con 583 mg/plúmula. En el grupo donde se ubican las retrocruzas sobresalió significativamente la 27 con 931 mg/plúmula, mientras que la que mostró el peso más bajo fue la 26 con 543 mg/plúmula.

**Cuadro 4.9** Comparación de medias del material genético evaluado en el peso o seco de plúmula en la prueba de envejecimiento acelerado a los 8 días.

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>	<b>F1</b>	<b>Medias</b>	<b>F2</b>	<b>Medias</b>	<b>RC1</b>	<b>Medias</b>
<b>1</b>	234 lm	<b>9</b>	523 h-j	<b>16</b>	653 c-h	<b>25</b>	756 cd
<b>2</b>	82 no	<b>10</b>	213 mn	<b>17</b>	583 e-i	<b>26</b>	543 g-i
<b>3</b>	191 m-o	<b>11</b>	358 kl	<b>18</b>	605 e-h	<b>27</b>	931 b
<b>4</b>	126 m-o	<b>12</b>	718 c-e	<b>19</b>	742 cd	<b>28</b>	773 c
<b>5</b>	65 o	<b>13</b>	585 e-i	<b>20</b>	636 d-h	<b>29</b>	751 cd
<b>6</b>	569 f-i	<b>14</b>	406 jk	<b>21</b>	674 c-g	<b>30</b>	680 c-f
<b>7</b>	262 m	<b>15</b>	644 c-h	<b>22</b>	642 fg	<b>31</b>	679 c-g
<b>8</b>	452 i-k			<b>23</b>	686 c-f		
				<b>24</b>	705 c-f		

Medias seguidas por la misma letra no hay diferencia significativa DMS (0.05%)

De acuerdo a los resultados arrojados en este estudio se puede apreciar que la línea 4217 manifestó el mejor comportamiento de vigor durante el tiempo en que fue evaluada, seguida por las líneas 4213 y 4215, aunque esta última presentó mejor respuesta al vigor a los ocho días, lo que indica que estas dos líneas sean consideradas como de buen vigor y atributos de calidad fisiológica de semillas, ya que estas también tuvieron buena respuesta para las variables de longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, lo cual confirma que estas dos líneas manifiestan buenas cualidades para soportar condiciones ambientales desfavorables para mantener su germinación.

En lo que respecta a las cruzas F1, se observó que los mejores comportamientos en el vigor de la semilla fueron aquellas cruzas en donde la línea 4217 participó en forma común y tuvo como pareja de la línea, a las cruzas donde participaron las líneas 4215, presentando los mejores resultados de vigor, lo que indica que al cruzarse dos líneas de buen comportamiento darán origen a una F1 sobresaliente. Este buen comportamiento en el vigor de esta craza también es manifestado en el buen vigor que presenta la plántula al tener un crecimiento fuerte y bien desarrollado, dando origen también a una mayor producción de materia seca.

Otra craza que también manifestó buen vigor fue la craza 4209 x 4217, cuya línea 4209 no es considerada de buen comportamiento, sin embargo al cruzarse con la línea 4217 resultó ser una buena craza en la manifestación de vigor, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, lo cual la hace ser un genotipo potencial para mantener el vigor.

Con relación a las cruzas F2 se aprecia que los genotipos 19(4208) y 20(4210) presentaron buen comportamiento en la manifestación del vigor, desarrollo de plúmula y la generación de materia seca en la plántula durante los 8 días en que duró la prueba de envejecimiento acelerado.

De igual manera, para las retrocruzas realizadas con la línea común (4217), los genotipos tuvieron diferentes comportamientos para cada una de las variables evaluadas y los tiempos de estrés en que se llevaron a cabo. Sin

embargo, las retrocruzas que tuvieron un comportamiento más estable fueron la retrocruza 28 y 29 para las tres variables evaluadas.

Con lo antes mencionado, se puede considerar que la característica del vigor (longevidad) de la semilla es un carácter que puede ser heredada a su descendencia o ser incorporada, por lo cual es importante caracterizar e identificar líneas que manifiesten estas características y que sean utilizadas para obtener variedades y/o híbridos con este atributo, sin descuidar en ningún momento la variable económica: rendimiento.

## **CONCLUSIONES**

- La línea 4217 es considerada como de buen vigor, seguida por las líneas 4213 y 4215, las cuales pueden ser consideradas en programas de mejoramiento que incluyan la característica de vigor (longevidad).
- Con los resultados obtenidos podemos afirmar que la línea 4217 portadora del carácter de longevidad fue transmitido a las demás generaciones.
- Las líneas 4209 y 4215 combinan favorablemente con la línea 4217 en la manifestación de buen vigor, LMP y PSP.
- Las cruza F1 al retrocruzarse con la línea 4217 presentaron mayores incrementos del vigor en relación a la F1, lo que indica que esta línea es portadora de este carácter y puede ser considerada favorablemente en los programas de mejoramiento con interés en el longevidad de la semilla.

## LITERATURA CITADA

- Abdul – Baki, A.A and J.D.Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In Kozlowski, T.T. (Ed.). Seed Biology. academic Press, New York. 2:283 -315.
- Barley, J.E. 1982. Whole grain storage. In : Christensen, C. M. (Ed.). storage of cereal grains and their products. Amer. Assoc. Cer. Chem. Inc. st. Paúl, Minnesota. P. 53-78.
- Carballo C., A. 1985. Notas del curso: producción de semillas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Inédito).
- Chang. S.S.H. 1970. Physiological study of differences in quality and longevity among seed of two inbred lines of corn and the hybrid. Thesis M.S). Mississippi. 80 p .
- Ching T.M. 1973. Biochemical aspects of seed vigour. Seed Sci. Technol. 1:73 – 88.
- Christensen C.M. and H.H. Kaufman. 1968. Grain storage. The role of fungi in quality loss. University of Minnesota press. Mineapolis. Min. p.4-35.
- Christensen C.M. and D.B Sauer. 1982. Microflora in: Christensen C.M. (Ed). Storage of cereal grains and their products. St. Paul. Amer. Assoc. Cer. Chem. Inc. Minnesota. P. 219 – 240.
- CIMMyT. 1994. CIMMyT, 1993/94 World maize facts and trends. Maize seed industries, revised: emerging roles of the public and private sectors. México, D.F. CIMMyT.
- Copeland, L. O. and M.B. McDonald. 1985.Principles of seed science and Technology. Burges Publishing Company Cop. USA Tradition. pp. 123 – 131.
- Delouche J.C. and W.P Cadwell. 1962.Seed vigour and vigour tests. In: Proceeding Seedmen's short course. Mississippi State College. Pp. 141 – 150.

- Delouche J.C. and C.C Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots Seed Sci. Technol. P. 427 – 452.
- Delouche J.C 1980. Environmental effects on seed development and seed quality. Hort. Sci. 15 (6): 775 – 780.
- Delouche J.C. 1972. Harvesting , handling and storage of soybean seed. Seed. Tech. Lab. Miss. State. Univ. Mississippi, Miss.
- Delouche J. C. 1985. Physiological seed quality. Short course for seedsmen. Mississippi State University. Vol. 27: 51 – 59. USA.
- Duffus C. and C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. AGT editor S.A. Chapingo, México.
- Ellis M.A. 1978. Actividad microbial y calidad de la semilla. En: Boyd, A.H. y R. Echand:. (Comp.). Seminario Internacional sobre Tecnología de Semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. Univ. Edo. Miss. USA, San José Costa Rica. Pp. 137 – 147.
- Ellis R.H. and E.H. Roberts.(a) 1982. Desiccation, rehydration, germination, inhibition injury and longevity of Pea seeds (*Pisum sativum*). Seed Sci. Technol. 10(3): 501 – 508.
- Ellis R.H. and E.H. Roberts.(b) 1980. Pruebas de envejecimiento acelerado, tradicionales y dinámicas. En: Producción moderna de semillas. P. D. Hebblethwaite. Londres, Inglaterra.Pp.693-701.
- Feistritzer W.P. 1977. Tecnología de la semilla de cereales. FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Pp.99.
- Gelmond H. 1978. Physiological aspects of seed germination. Seed Sci. Technol. 6: 625 – 639.
- Gill N.S. and J.C. Delouche. 1973. Deterioration of seed corn during storage. Proc. Assoc. Off. Seed. Anal. 63: 33 – 50.
- Gregg B. 1981. Practical safe seed storage and its management. In: Feistritzer W.P. (Comp.).Seed Proc. FAO – SIDA. Tech. Conference on improved seed production. 2 – 6 june.1981. Nairobi, Kenya. FAO. Roma. P. 318 – 345.
- Haber E. S. 1950. Longevity of the seed of sweet corn in breds and hybrids. Amer. Soc. Hort. Sci. 55: 410 – 412.

- Haferkamp M.E., L. Smith and R.A. Niland. 1953. Studies on aged seeds. I. Relation of age of seeds to germination and longevity. *Agron. J.* 45: 434 – 437.
- Harrington, J.F. 1973. Problems of seed storage. In: Heydker W. (Ed.) *Seed ecology*. Butterworths, London, pp. 251 – 263.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T. T. (Ed.). *Seed Biology*. Academic press, New York. 3: 145 – 240.
- Harrington, J.F. 1959. Drying, storing and packaging seeds to maintain germination and vigour. *Proc. Short course seedsmen, State College Mississippi*. Pp. 89 – 107.
- Helmer J.D. 1980. Seed deterioration. *Proc. Short course for seedsmen. Seed Tech. Lab. Miss. State. Univ. Mississippi, Miss.* 22: 105 – 108.
- Helmer P. and J.D Bewley. 1984. A physiological perspective on seed vigour testing. *Seed sci. Technol.* 12: 561 – 575.
- Holman, L.E. y J.R. Snitzler. 1984. transporte, manejo y almacenamiento de semillas. En: *Anuario de Agricultura USDA. Semillas. CECOSA. México.* P. 610-626.
- Justice, L.O. y N.L Bass. 1978. Principles and practices of seed storage. *Agriculture Handbook No. 506. Washington D.C.* 289 p.
- Kulik, M.M. and R.W. Yaklich. 1982. Evaluation of vigour test in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench, and speed of germination test to field performance. *Crop Sci.* 22: 766 – 770.
- Lindstrom, E.W. 1942. Inheritance of seed longevity in maize inbreds and hybrids. *Genet.* 27: 154.
- McDonald, M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigour test. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 65: 109 – 139.
- Medina, M., E. 1989. Importancia de la longevidad de la semilla de maíz. *Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.* 46 p.
- Moreno, M.E. 1987. La problemática y la investigación sobre la conservación de granos y semilla. En: *Memorias del curso de almacenamiento, manejo y conservación de granos y semillas. PUAL – UNAM – UAAAN. Saltillo, Coah.* 14 p.

- Moreno M.E.; R. Morones R.y R. Gutiérrez L.1978. Diferencias entre líneas, cruza simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. Turrialba 28: 233 – 237.
- Muñoz A.G. y F. Poey. 1983. Variabilidad de los descriptores en arroz, su expresión, medida e interacción. Trabajo presentado en la IV Reunión anual de semillas, PPMCA, Panamá, abril. 5 – 8 p.
- Nadal A. 2000. El caso del maíz mexicano en el NAFTA: variedad genética y liberación comercial. Programa de ciencia y tecnología. Colegio de México. México, D.F.
- Neal N.P. and J.R. Davis. 1956. Seed viability on corn inbred lines as influenced by age and conditions of storage. *Agrom. J.* 48: 383 – 384.
- Perry D.A. 1980. The concepts of seed vigour and its relevance to seed production techniques. In: P.D. Hebblethwaite (Ed.) *Seed production*. Butterworths publishers. Pp. 585 – 591.
- Perry D.A. 1981. *Handbook of vigour test methods*. ISTA, Zurich, Switzerland. 72p
- Rao A.P. and A.A. Fleming. 1978. Cytoplasmic-genotypic effects in the GT-112 maize inbreds with four cytoplasms. *Crop sci.* 18: 935 – 937.
- Ramírez G.M. 1984. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. CECSA. México. P.57.
- Roberts,E.H. 1981. Physiology of ageing and its application to drying and storage. *Seed Sci. Tech.* 2:350-372.
- SAS. 1989. SAS Institute INC. *SAS/STAT User's Guide*.
- Selvaraj S. and K.R. Ramaswany. 1983. Parental influence on seed storability in sorghum hybrids. Abstract. Precongress scientific meeting on genetics and improvement of heterotic systems. Dep. seed tech., School ofgenetics, Tamil Nadu Agricultural University. Coimbatore, India. Pp. 3: 257-301.
- Serrato C. V.M. 1994 – 1995. Apuntes del curso de capacitación en tecnología de semillas a extensionistas. Ed. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. P. 1002. San Salvador, el Salvador, C.A.
- Thompson J.R. 1979. *An introduction to seed technology printed in great Britain by Thompson. Litho. LTD. East, Kilbride, Scotland, 5 p.*



- Vázquez C., W.A. 1993. Temperatura, fenología y calidad física en la semilla de maíz (*Zea mays* L.) Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México, 13 p.
- Vázquez B., M.E., S.A. Rodríguez H., E. Moreno M. y G. Srinivasam. 1996. Estimación de los efectos genéticos en seis poblaciones de maíz para evaluar vigor y sanidad de semillas. Premio Nacional de Investigación "Cesar Garza". Asociación Mexicana de Semilleros. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 22p.
- Vázquez B., M.E. 1999. Efectos genéticos para calidad fisiológica de semilla, características agronómicas y rendimiento en siete líneas de maíz. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 118.
- Woodstock L.W. 1973. Physiological perspective on seed vigour testing. Seed sci. Technol. 12: 127 – 157.

# **APENDICE**

**Cuadro A.1** Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia de las variables evaluada en la prueba de vigor ( envejecimiento acelerado ) en 31genotipos de maíz.

F.V	G.L	VIGOR 0	VIGOR 4 (EA)	VIGOR 8 (EA)	LMP 0 (GS)	LMP 4 (EA)	LMP 8 (EA)	PSP 0 (GS)	PSP4 (EA)	PSP8 (EA)
Gen.	30	725.7290**	632.1462**	1225.2731**	30.209**	11.9722**	6.5887**	6261.387**	2237.4463**	2872.6223**
Error exp.	93	36.6451	32.8172	75.7419	1.05450	2.11168	0.9431	1422.055	107.1880	94.3345
C.V (%)		6.6	6.3	11.3	13.8	24.6	18.6	43.9	16.0	17.5

\*\* = Altamente significativo.

LMP = Longitud media de plúmula en prueba de germinación estándar.

PSP = Peso seco de plúmula en prueba de germinación estándar.

G(4EA) = Germinación en prueba de envejecimiento acelerado de 4 días.

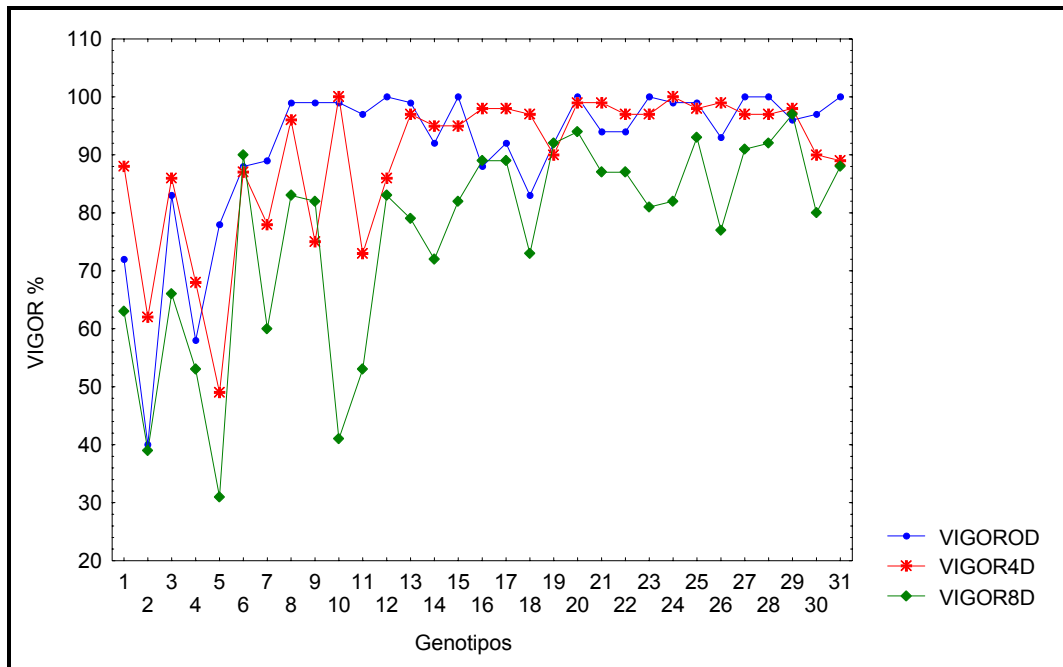
LMP(4EA) = Longitud media de plúmula en prueba de envejecimiento acelerado de 4 días.

PSP(4EA) = Peso seco de plúmula en prueba de envejecimiento acelerado de 4 días.

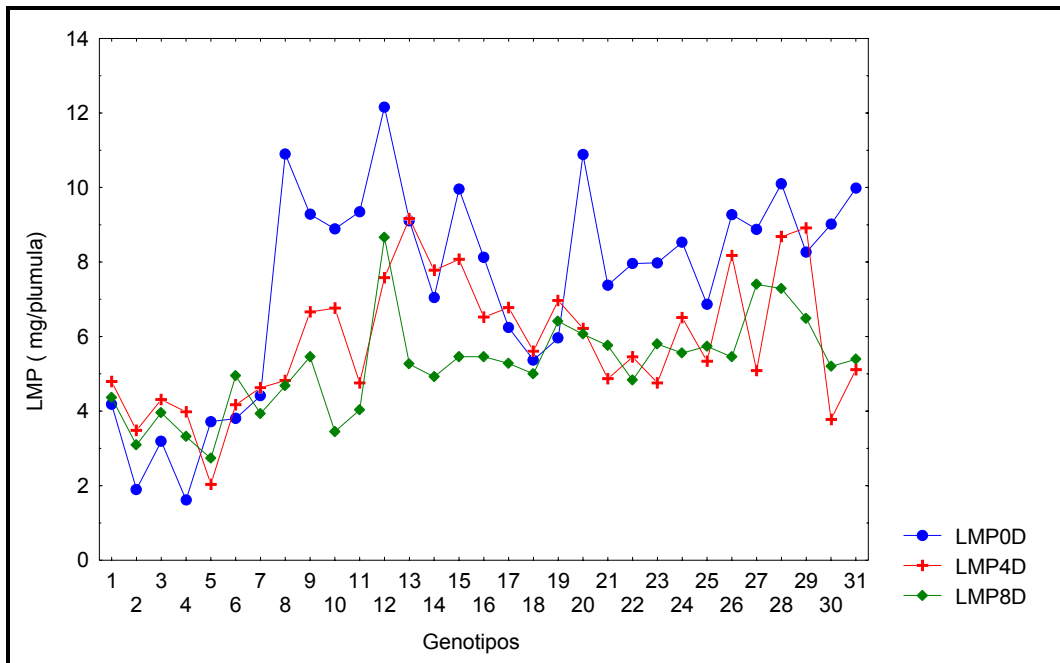
G(8EA) = Germinación en prueba de envejecimiento acelerado de 8 días.

LMP(8EA) = Longitud media de plúmula en prueba de envejecimiento acelerado de 8 días.

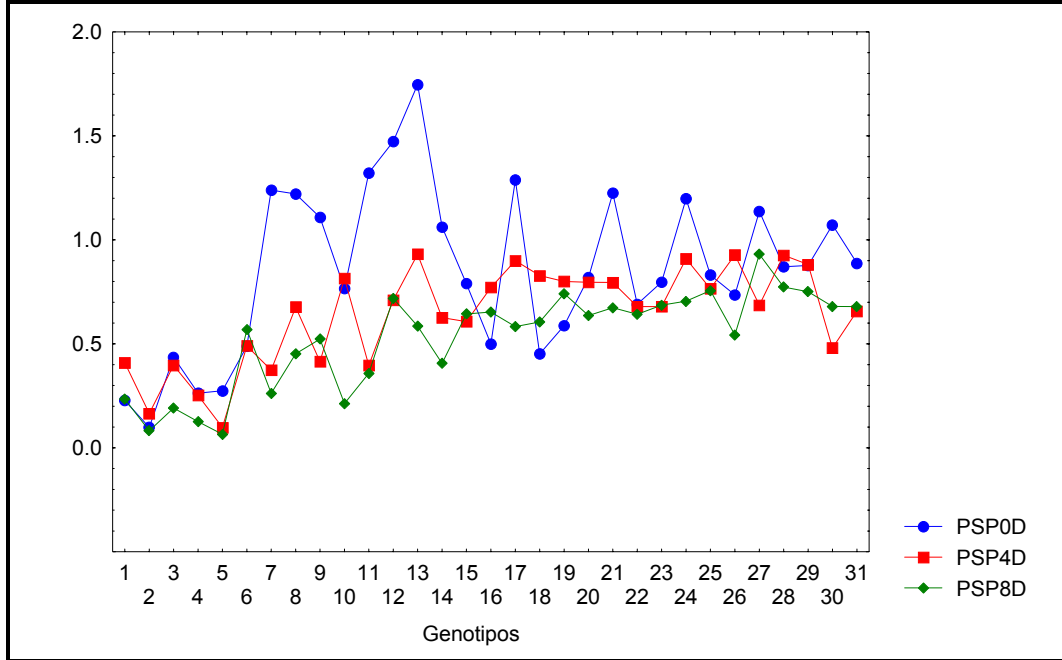
PSP(8EA) = Peso seco de plúmula en prueba de envejecimiento acelerado de 8 días.



**Figura A.1** Comportamiento del vigor de los genotipos en la prueba de envejecimiento artificial a lo 0,4 y 8 días.



**Figura A.2** Comportamiento de los genotipos para la variable LMP en la prueba de envejecimiento artificial a los 0,4 y 8 días.



**Figura A.3** Comportamiento de los genotipos para la variable PSP en la prueba de envejecimiento artificial a los 0,4 y 8 días.