

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE LA MORFOLOGÍA DE LA SEMILLA DE MAÍZ (Zea mays L.)  
EN EL VIGOR BAJO CONDICIONES DE ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL**

**POR:**

**YENY VALENCIA MARTÍNEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero del 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

**REALIZADA POR:**

**YENY VALENCIA MARTÍNEZ**

**Que somete a consideración del H. Consejo Examinador  
como requisito para obtener el título**

**DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**COMITÉ PARTICULAR**

---

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.  
Asesor principal**

---

**M.C. Modesto Colín Rico  
Asesor**

---

**Ing. José Ángel Daniel Gonzalez  
Asesor**

---

**M.C. Adriana Antonio Bautista  
Asesor**

---

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

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero del 2005**

## AGRADECIMIENTOS

A ti **Dios** te agradezco que me hayas dado vida y Salud, así como la oportunidad de disfrutar y compartir con mi familia y amigos de una de las etapas más felices de mi vida, y porque nunca me dejaste flaquear ni perder la fe en los momentos más difíciles.

A mi “**Alma Terra Mater**” por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

Con respeto y admiración un especial agradecimiento al **Dr. Mario E. Vázquez Badillo**, por la confianza depositada en mi, por los consejos y motivación para seguir adelante, por la paciencia y asesoría para culminar este trabajo y sobre todo por su amistad.

Al **Ing. Modesto Colín Rico** por su valiosa colaboración en la revisión de esta investigación.

Al **Ing. José Ángel Daniel González** por su colaboración en el presente.

Al **Ing. Adriana Antonio Bautista** por su apoyo, asesoría y sugerencias para realizar esta investigación y sobre todo por su valiosa amistad.

A mis compañeros y amigos de la generación: **Irving, Cheque, Rolando, Meza, Valentín, Melesio, Isabel, Francisco, Zafra, Omar, Jorge, Cuahutemoc, Sergio, Musito, Rodimiro, Ney, Deán, Gerardo, Salas, Hugo, Franklin, Héctor, Pedro, Vidrio y Omar Rivera**, por sus consejos, por su amistad y por haberme dado la oportunidad de compartir días de alegría y tristeza durante la carrera.

A mis amigos: **Juanita, Abigail, Vero, Laura, Juan Ángel, Ricardo, Gregorio, Julio, Calvo, Hugo, Enrique y Fernando**, por su amistad y consejos brindados durante mi estancia en la universidad.

A **Rosy** por ser la mejor de las amigas, por estar en los momentos buenos y malos conmigo, por que siempre tuviste un consejo y palabras de aliento para seguir adelante y estuviste presente cuando mas te necesitaba, gracias por tu amistad.

A mi mejor amigo **Isrrael**, por su valiosa amistad y por que siempre me apoyaste en los momentos adversos, cuando solía ver hacia atrás; me enseñaste a mirar siempre hacia delante.

A **Alejandro Montes** , tú que conoces mis sueños y que eres parte de mis ilusiones, te doy las gracias por tu comprensión, apoyo, confianza y paciencia, y sobre todo gracias por tu amor y por darme la oportunidad de ser parte de tu vida.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

#### **Sr. Luis Valencia López**

A quien la ilusión de su existencia ha sido él haberme convertido en una persona de provecho, eres un ejemplo de padre a seguir, por que siempre sacrificas todo para darles un bien a tus hijos, gracias por la confianza depositada en mi, por los consejos y motivación para sobresalir y ser alguien en la vida y sobre todo por el apoyo y el amor que siempre de brindas.

#### **Sra. Lina Martínez Gabriel**

A ti por ser la mejor de las madres, por darme la vida, por tus desvelos y atenciones, por que siempre me tienes presente en tus oraciones, porque me enseñaste a luchar para alcanzar nuestros sueños y porque siempre entregas todo sin esperar nada a cambio, con mucho cariño y amor te dedico este trabajo.

### **A MIS HERMANOS (AS)**

**Juanis, Reina, Luis Manuel y Samuel**, por brindarme con las manos abiertas su confianza en mi preparación, por los consejos que siempre me dan, por su apoyo moral, ya que en mis momentos difíciles encontré en ustedes una palabra de ánimo , por eso y mucho mas mil gracias, los quiero mucho.

### **A MI CUÑADO**

**Johnny**, por su apoyo brindado para culminar mi carrera, por su amistad y sobre todo por la su confianza puesta en mi.

Por ustedes la obtuve y a ustedes se las brindo gracias por su apoyo, es para mí una de las mejores herencias, que Dios los bendiga y los guarde para siempre.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAG.
Índice de Cuadros .....	VII
Resumen .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	3
Hipótesis .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
Concepto de semilla .....	4
Calidad de la semilla .....	4
Calidad fisiológica .....	6
Características físicas de la semilla .....	7
Tamaño y Forma .....	7
Investigaciones realizadas del efecto de la forma y Tamaño de la semilla .....	10
Vigor .....	12
Germinación .....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
Área de trabajo .....	15
Material genético .....	15
Parámetros evaluados .....	16
Germinación Estándar .....	16
Longitud Media de Plúmula .....	16
Peso Seco de Plúmula .....	17

Vigor .....	17
Envejecimiento Acelerado .....	17
Diseño Estadístico .....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
1) Efecto de la forma y tamaño de semilla de maíz dentro de una variedad .....	19
Análisis de varianza en la prueba de Germinación Estándar .....	19
Comparación de Medias en la prueba de Germinación Estándar	20
Comparación de Medias en la prueba de Longitud media de plúmula .....	23
Comparación de Medias en la prueba de Peso seco de Plúmula	25
2) Efecto del tamaño de la semilla de maíz entre dos variedades	26
Análisis de varianza en la prueba de Germinación Estándar .....	26
Comparación de Medias en la prueba de Germinación Estándar	27
Comparación de Medias en la prueba de Longitud media de plúmula .....	29
Comparación de Medias en la prueba de Peso seco de Plúmula	31
CONCLUSIONES .....	35
LITERATURA CITADA .....	39
APÉNDICE .....	39

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la prueba de germinación estándar.	20
Cuadro 4.2	Comparación de medias de la germinación de la semilla de maíz de la forma plana y redonda almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6, y 9 días.	21
Cuadro 4.3	Comparación de medias de la germinación con tres tamaños de semilla de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	21
Cuadro 4.4	Comparación de medias de la germinación de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada a 42°C y 100 % HR durante 3, 6 y 9 días.	22
Cuadro 4.5	Comparación de medias de la germinación de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	23
Cuadro 4.6	Comparación de medias de longitud de plúmula en semilla de maíz de la forma plana y redonda con tres tamaños almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	24
Cuadro 4.7	Comparación de medias de longitud de plúmula de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz sometida almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	24
Cuadro 4.8	Comparación de medias del peso seco de plúmula en semilla de maíz de la forma plana y redonda de tres tamaños almacenada a 42°C y 100 % HR durante 3, 6 y 9 días.	25
Cuadro 4.9	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la prueba de germinación estándar de dos genotipos de maíz.	26
Cuadro 4.10	Comparación de medias de la germinación de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	27
Cuadro 4.11	Comparación de medias de la germinación de dos genotipos de maíz con dos tamaño de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	28
Cuadro 4.12	Comparación de medias de germinación de la interacción de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	28
Cuadro 4.13	Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	29
Cuadro 4.14	Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	30

Cuadro 4.15	Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	30
Cuadro 4.16	Comparación de medias de longitud de plúmula en la interacción de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	31
Cuadro 4.17	Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	32
Cuadro 4.18	Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	32
Cuadro 4.19	Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.	33

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron pruebas de Germinación Estándar (GS), Longitud media de plúmula (LMP) y Peso seco de plúmula (PSP), con el objetivo de ver el efecto que tiene la forma y el tamaño de la semilla de maíz (dentro y entre híbridos) en el vigor, sometida a un almacenamiento por 3, 6 y 9 días a 42°C y 100% de HR.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Ensayo de Semillas de la UAAAN, el material genético que se utilizó fue el híbrido SW-H1 y SW-H2, cuyo origen es de Chihuahua, cosechados en el 2004. Se trabajó con dos formas de semilla plana y redonda y con los tamaños grande, mediano y chico, los cuales se obtuvieron ya clasificados. Las variables evaluadas se analizaron con un diseño completamente al azar, para el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT

Los resultados nos muestran que la forma y el tamaño de la semilla dentro de un solo híbrido, influyen fuertemente en el vigor, siendo la semilla plana grande la que presentó mayor vigor en las pruebas realizadas, a comparación de la semilla chica de ambas formas, que fue la que se vio más afectada en la pérdida de vigor al incrementarse los días de almacenamiento debido al deterioro de la semilla.

En relación al efecto del tamaño de la semilla entre híbridos, el genotipo que presento mayor vigor fue el SW-H2, tomando en cuenta que la semilla plana grande de ambos híbridos fue la que sobresalió en las pruebas realizadas mostrando mayor vigor que el tamaño mediano.

## INTRODUCCIÓN

Para el año 2004, en México se estimó una necesidad de 28 millones de toneladas en el cultivo de maíz y solamente se obtuvo una producción cercana a los 20 millones de toneladas, lo que hace un déficit de 8 millones para satisfacer la demanda nacional. Por lo cual, se requiere incrementar sus rendimientos mediante el uso de semilla mejorada y de alta calidad. Al tener una semilla de calidad, esta debe reunir ciertas características y componentes, entre los que podemos mencionar las físicas, el genético, fisiológico y sanitario. En este sentido, el papel de los fitomejoradores es de suma importancia, ya que son los indicados para llevar a cabo esta misión, sin embargo, es indispensable que ellos tengan información sobre las características de los genotipos que están evaluando y el comportamiento de las nuevas variedades a nivel comercial, así como la aceptación y/o rechazo de los productores a la utilización de las semillas. Entre los factores que inciden en la aceptación y/o rechazo de los productores de maíz se encuentran la forma y el tamaño de la semilla, para que sea utilizada para propósitos de siembra, ya que ellos prefieren semillas planas y grandes a las semillas pequeñas y redondas, y argumentan que las primeras mantienen mejor comportamiento en el establecimiento del cultivo que las semillas redondas y pequeñas. Estos argumentos pueden ser válidos y no, esto tiende a generalizarse y no hay muchos estudios que puedan avalar lo

anterior. En trabajos realizados con anterioridad, se ha observado que estos comportamientos son muy particulares de las variedades (componente genético) y de la especie, algunas variedades tienen mejor comportamiento en las semillas pequeñas y redondas que las planas y grandes.

Kneebone and Cremer (1955) reportaron que el tamaño y velocidad de crecimiento de plántulas están relacionados con el tamaño de las semillas en algunas especies de pasto; otras investigaciones han encontrado resultados similares en cebada y avena (Boyd, Gordon y Lacroix, 1971). Faiguenbaum y Romero (1991) encontraron que la semilla de maíz grande tiene un efecto positivo sobre la germinación, vigor, peso seco de plántula y rendimiento por planta. Agricultores mexicanos han sembrado por cientos de años en forma manual y han preferido siempre semillas grandes y planas en comparación con la semilla redonda y chica, diciendo que estas producen un mayor rendimiento en las cosechas.

Para determinar la forma y el tamaño de la semilla de maíz, es necesario realizar una clasificación de la misma. La clasificación de las semillas se remonta al uso de las primeras sembradoras mecánicas de plato, las cuales para un adecuado funcionamiento requerían uniformidad de la simiente en cuanto a espesor, anchura y longitud; sin embargo, al identificarse factores genéticos, ambientales e intrínsecos de la semilla que interactúan sobre el comportamiento final de la misma durante la siembra, un nuevo enfoque se le ha dado al tamaño de la semilla al considerar éste como una característica física de la misma.

Por lo anterior, es indispensable que las variedades de maíz sean caracterizadas en su forma y tamaño en relación a su calidad fisiológica, donde se incluye el comportamiento de su germinación y vigor, información indispensable que debe tener el productor y consumidor de la semilla, ya que conociendo la semilla y su vigor, podrá determinar su longevidad, emergencia y establecimiento en el campo y sobre todo mayor tolerancia a las plagas y enfermedades. Por lo antes mencionado, se propuso realizar el presente estudio, planteándose el siguiente:

**Objetivo:**

- Determinar el efecto de la forma y tamaño de la semilla sobre la calidad fisiológica (germinación y vigor) dentro y entre dos híbridos de maíz.

**Hipótesis:**

- La semillas planas y grandes presentan mayor nivel de calidad fisiológica que las semillas chicas y redondas.
- Invariablemente de los híbridos, la semilla plana y grande son mejores que las semillas chicas y redondas.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Concepto de semilla**

Desde el punto de vista agronómico, se entiende así a toda clase de granos, frutos y estructuras más o menos complejas que son utilizadas como fuente para la producción agrícola. Botánicamente, se entiende como el embrión en estado latente que se puede o no acompañar de tejidos de reserva y una capa de protección (Moreno, 1996).

Carballo (2001) aclaró que una semilla usualmente consta de un embrión, tejido nutritivo y cubierta seminal y que la forma, el tamaño, la estructura, la consistencia y el color de estas partes son variables entre especies, variedades y aún en lotes de las mismas especies y variedades.

### **Calidad de la semilla**

Popiningis (1985) menciona que la calidad de las semillas es la suma de todos los atributos genético, sanitarios, físicos y fisiológicos.

La importancia de mejorar la calidad fisiológica de la semilla es estratégica para garantizar la seguridad alimentaria, ya que asegura la repetibilidad y estabilidad de las plántulas que posteriormente se convertirán en plántulas que son componentes muy importantes del rendimiento final.

Serrato (1995), menciona que para el agricultor, la calidad significa la garantía y excelencia que provee la semilla recién adquirida; la cual se debe reflejar en la germinación, establecimiento y desarrollo de la planta y finalmente en un óptimo rendimiento.

Para la industria, la calidad debe ser representada en la satisfacción de los requerimientos que el grano como materia prima de un proceso industrial le permitan obtener productos de alta aceptación en el consumo humano o animal.

Así mismo, Thomson (1979) menciona que la calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios componentes, tales como: pureza analítica de especies y cultivares, libre de malas hierbas, de alto vigor y capacidad germinativa, de tamaño uniformemente grande y libre de enfermedades transmitidas por la semilla, con bajo contenido de humedad.

Por su parte, Quintana (1992) señala que el tamaño y forma de la semilla tiene un efecto bien marcado sobre la calidad física de la misma, influyendo sobre el contenido de proteína, peso volumétrico y el peso de las mismas, y que este factor es lo que afecta mayormente la calidad y se

observa una tendencia muy clara con el aumento de la semilla y que este atributo permite a la semillas aumentar su calidad.

A su vez Antuna (2001), menciona que la calidad es un factor importante a considerar en la producción de semillas, ya que asegura un buen establecimiento en el campo y fundamenta un manejo adecuado del cultivo. Así mismo, la calidad es un elemento esencial en la producción de semillas que se deben tomar muy en cuenta durante el proceso productivo, para evitar la contaminación y cumplir los estándares de calidad requeridos, así como obtener los volúmenes adecuados de semillas aprovechables.

### **Calidad Fisiológica**

Se refiere a mecanismos intrínsecos de la semilla, los cuales determinan su capacidad para germinar y emerger rápidamente, producir una población de plantas uniformes y vigorosas, bajo el rango de condiciones de campo que pueden ser encontradas al momento de la siembra (Delouche, 1982).

Por su parte Hernández (2003), se refiere a las características de viabilidad de la semilla, que tenga alta capacidad de germinación y vigor, siendo la semilla una unidad biológica y 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, trillado,

secado, desgrane, acondicionamiento, distribución y siembra en el suelo mismo.

### **Características físicas de la semilla**

Refiriéndose a la calidad física, ésta involucra aspectos tales como: pureza física, color, peso, tamaño y contenido de humedad principalmente. La pureza física indica el grado de contaminación con semillas extrañas y materia inerte. Estas características hacen posible mejorar la calidad de un lote de semillas mediante la separación de todos los materiales indeseables que lo contaminan. Para hacer estas separaciones se requieren máquinas especiales que las realizan basándose en las características físicas de los materiales (García 1995).

### **Tamaño y forma**

El tamaño de las semillas es irregular según las variedades, al menos en las especies de granos grandes. Dentro de una determinada variedad está demostrada la correlación entre el tamaño de las semillas y el vigor de las plántulas para una determinada partida de semillas maduras bajo condiciones específicas. Sin embargo, la mayor ventaja inicial de las plántulas procedentes de semillas grandes no persisten a lo largo de todo el ciclo de cultivo, al invertir en su desarrollo otros factores; en general, no suele haber correlación entre el tamaño de las semillas y el rendimiento de la cosecha si se siembra de los tamaños comerciales, obedecen en general, a

las exigencias de las operaciones de limpieza que obligan a eliminar ciertas porciones de semillas pequeñas si se quiere garantizar la eliminación de determinadas impurezas. En el caso de especies de granos grandes, la eliminación de las semillas más pequeñas obedecen a criterios de presentación comercial (Besnier, 1989).

Wood *et al.*,(1977) y Shieh y McDonald (1982), al realizar estudios de maíz descubrieron que la semilla de un mazorca varia en cuanto a forma y tamaño dependiendo de la posición, siendo de mayor tamaño las de la base, la forma depende de la presión externa que ejerzan las semillas adyacentes durante las ultimas etapas de llenado de grano, siendo planas las de la parte central y redondas las de los extremos; esto se reporta en maíces de la faja maicera de los EE.UU. lo cual obliga a clasificar la semilla por forma, tamaño y peso para la siembra mecanizada y tener una población adecuada.

El tamaño de las semillas procedentes de la misma planta dependen de su posición en la planta dentro de la inflorescencia. Las semillas que se desarrollan en las partes más bajas, más sombreadas, tienden a ser más pequeñas que las que lo hacen cercanas a las hojas expuestas a toda la luz del día y, dentro de la inflorescencia, las semillas más grandes están cercanas a la base.

Un tamaño grande de semillas es una indicación de vigor, la semilla contiene sólo el embrión y el endospermo, preparados para ser absorbidos en el desarrollo de la plántula. En cualquier caso, cuanto mayor es el tamaño

de la semilla mayor es el tamaño de la plántula y de la superficie foliar verde capaz de realizar fotosíntesis. Si la semilla se entierra profunda en el suelo, es más fácil que alcance la superficie una plántula grande que una pequeña. Comparadas con las semillas pequeñas, por lo tanto, las semillas grandes producen plántulas que crecen más rápidamente en el campo, y emergen en mayor proporción sobre la superficie del suelo.

Se menciona que en el maíz hay varios tamaños de granos en cada mazorca, los más pequeños se desechan únicamente por su tamaño. Los más grandes no son aceptables para siembra mecánica, porque no hay suficientes de tamaño uniforme; pueden, sin embargo, venderse en pequeños lotes para siembra manual. La semilla para siembra mecánica se toma de la gran cantidad de granos de tamaño intermedio. Para la máquina convencional tipo plato, las semillas no deben ser sólo uniformes en tamaño (volumen y peso) sino también uniformes en forma (en sus dimensiones), siendo esencial una estricta calidad (Thomson 1979).

En muchas especies, el tamaño de las semillas es un indicativo de su calidad fisiológica influyendo sobre su germinación, peso fresco y seco de la plántula, establecimiento final de planta y rendimiento principalmente.

Así mismo, Wood *et al.*, (1977) indican que la variación del peso y forma de la semilla se presentan debido a factores genéticos y ambientales como; luz, agua, nutrientes, efectos de plagas y enfermedades, ubicación de la flor en la inflorescencia, período de floración y llenado del grano, en el

caso de maíz, la semilla dependiendo de la posición, siendo las de mayor tamaño las de la base.

Por su parte Toole y Toole (1946) reportan que el tamaño y forma son características esenciales, así como su composición, ya que son factores que contribuyen a la susceptibilidad del daño, por ejemplo; el maíz es moderadamente susceptible. Además las semillas de forma esférica son más resistentes al daño mecánico, no siendo así las de forma regular. Esto ocasiona el daño de la cubierta de la semilla, rotura del hipocotilo y cotiledones que se mantienen separados del axis embrionario.

Las características físicas afectan de manera determinante en la calidad de la semilla; al respecto se han realizado una serie de trabajos referentes al tamaño y forma de la semilla:

Peña y Martínez (1994), en un trabajo donde evaluaron el efecto del tamaño y forma de la semilla sobre su calidad y rendimiento reportan que la velocidad de emergencia tiende a disminuir a medida que se incrementa el tamaño y peso de la semilla, por lo que asume que las semillas más pequeñas alcanzan más rápido su imbibición, por lo que tienden a emerger primero, y con relación a peso seco y longitud de la plántula, solo existió diferencia entre tamaños, destacando como los de mayor vigor el grande y el mediano, lo cual puede atribuirse a una mayor cantidad de reservas en la semilla.

Por su parte, Martínez (1989) encontró que las semillas planas, grandes y pesadas de maíz son de mayor calidad que las otras categorías al presentarse mayor peso seco en plántula y porcentaje de germinación.

Así mismo Quintana (1992), señala que el tamaño y forma de la semilla tuvieron mayor efecto sobre la calidad física, influyendo sobre su contenido de proteína, peso volumétrico y peso de mil semillas.

Hicks *et al.*, (1976), reportan que la semilla de maíz de igual forma y tamaño, no tiene efecto sobre el rendimiento, cuando la semilla no se clasificó no se obtuvo menor rendimiento comparado con la semilla clasificada. Se ha demostrado que las semillas planas de maíz presentan mayores porcentajes de germinación al primer conteo, plántulas vigorosas, resultados en prueba fría y envejecimiento acelerado (E.A) que la semilla redonda; además se observó significancia de la forma de la semilla en el porcentaje de emergencia final en campo ( Shieh y Mc Donald, 1982).

Por otra parte Muchena y Grogan (1977) mencionan que semillas pequeñas de maíz, tienen ventajas sobre las categorías superiores para germinar, cuando existen condiciones de sequía, ya que requieren absorber menor cantidad de agua para realizar el proceso de germinación.

A su vez Moreno *et al.*, (1998 ), mencionan en un trabajo donde evaluaron el efecto de la forma y tamaño de la semilla en su viabilidad reportan que existe una marcada diferencia entre las formas y tamaños de la

semilla con relación a la pérdida de su viabilidad, en donde las semillas planas fueron superiores a las redondas, concluyendo que la reducción de la germinación está influenciada por las características genéticas y fisiológicas de la semilla.

### **Vigor**

Se menciona que el vigor es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas durante su germinación y emergencia de la plántula (ISTA 1996).

Por otra parte, Villaseñor (1984) propone definir el vigor de la semilla como “la capacidad de la semilla puesta en diversas condiciones ambientales para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo”.

A su vez, Moreno (1996), menciona que evaluar el vigor de la semilla es de gran utilidad, ya que la calidad está principalmente determinada por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, y éstas dependen en gran medida del vigor de la semilla.

Se dice que la germinación y el crecimiento de las plántulas son dos aspectos involucrados en el vigor de la semilla. Condiciones anormales de temperatura, lluvia y suelo, pueden alterar el modelo general del vigor de una semilla (Ching, 1973)

Uno de los principales síntomas de disminución del vigor de una semilla, es el retraso en el proceso de germinación, que ocasiona una emergencia desuniforme, por lo tanto un componente importante del vigor de la semilla es una rápida y uniforme emergencia (Heydecker *et al.*, 1975; AOSA, 1983).

### **Germinación**

Se 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 de humedad y temperatura (Moreno, 1996)

Se dice que el embrión dentro de la semilla es una planta en miniatura. En la semilla madura ha parado su crecimiento, pero está vivo y respira muy lentamente. Incluso, en condiciones favorables al crecimiento vegetal, el desarrollo es inhibido por el factor latencia, cualquiera que sea éste. Más pronto o más tarde, la semilla empieza a estar madura para germinar, y cuando se encuentra en condiciones adecuadas para el crecimiento vegetal, el embrión empieza su desarrollo; este es el fenómeno conocido como germinación (Thomson 1979).

La germinación es el proceso mediante el cual un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las

porciones del programa genético que lo convertirán en una plántula adulta (Jann y Amen, 1977)

Por otra parte Copeland y Mc Donald (1985), señalan que la capacidad de germinación es el criterio más usado para conocer la condición fisiológica o calidad de la semilla y es universalmente aceptado que germinación y viabilidad son términos sinónimos al referirse a la habilidad de la semilla para producir plántulas normales bajo condiciones favorables. Al respecto, Garay (1989) indica que la calidad fisiológica de semillas está determinada solamente por la viabilidad.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área de trabajo**

El presente trabajo se llevo a cabo en el laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la UAAAN, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, en el periodo Mayo - Diciembre del 2004.

### **Material genético utilizado**

El material con que se trabajó fueron dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) cuyo origen de producción es el estado de Chihuahua, los cuales fueron cosechados durante el 2004, estos híbridos son: SW-H1 y SW-H2. Los cuales se obtuvieron ya clasificados de acuerdo a forma y tamaño, para el híbrido SW-H2 se utilizó la forma plana y redonda y los tamaños grande, mediano y chico, para el SW-H1 se utilizó el tamaño grande y mediano de la semilla.

## **Parámetros Evaluados**

### **Germinación Estándar (GS)**

Esta prueba se realizó de acuerdo a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA 1996). El método que se empleó fue entre papel (EP), utilizándose como sustrato papel secante. El ensayo consistió en poner cuatro repeticiones de 25 semillas para cada tratamiento (de acuerdo a forma y tamaño de la semilla) estas fueron tomadas al azar, estas se colocaron entre dos hojas de papel, orientando el embrión de la semilla hacia la parte inferior de la hoja, una vez colocada la semilla se humedecieron las toallas de papel con la semilla a saturación con agua, y se procedió a enrollar formando una especie de taco, posteriormente estos se identificaron con su respectiva forma, tamaño y repetición correspondiente, posteriormente se colocaron en bolsas de plástico poniéndolas en cestas metálicas, y se llevaron al interior de la cámara de germinación a una temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  por siete días. Al término del período de incubación se evaluaron registrándose las plántulas normales (PN), donde los resultados se registraron en porcentaje (%).

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

Para la estimación de LMP, se utilizaron los mismos resultados de la prueba de germinación, sobre el papel secante se trazó una línea paralela en la parte central de la hoja y se fijó una cinta adhesiva sobre la línea, a partir de ahí se trazaron siete líneas paralelas a 2 cm una de otra, a partir del

centro de la hoja hacia la parte superior, denominándose los puntos intermedios entre las líneas los números 3, 5, 7, 9, 11 y 13 cm. Las longitudes de plúmula se tomaron de plántulas normales. El número de plántulas que quedaron entre dos líneas paralelas se contaron y se multiplicó por el valor medio de dichas paralelas y los productos se sumaron. La longitud total se dividió entre el número de semillas sembradas, los valores se mostraron en centímetros.

### **Peso Seco de Plúmula (PSP)**

Para la estimación de esta variable, se tomaron las plántulas normales provenientes de la prueba de germinación de cada repetición, se eliminaron los restos de semillas y raíz, quedándose solo la plúmula, las cuales se colocaron en bolsas de papel estraza perforadas e identificadas. Estas se colocaron en la estufa de secado a una temperatura de 65°C por un periodo de 24 horas. Al finalizar este tiempo se colocaron en un desecador para llevar a cabo su enfriamiento, para después determinar el peso seco expresado en miligramos por plúmula (mg/plúmula). El resultado se obtuvo restando el peso de la bolsa con la plúmula menos el peso de la bolsa sola.

## **Vigor**

### **Envejecimiento Acelerado (almacenamiento) EA**

La prueba de vigor se realizó mediante la prueba de Envejecimiento Acelerado, en la cual, la semilla se puso en la cámara de EA a una temperatura de 42°C, y con una humedad relativa del 100%, por 3, 6 y 9

días. Se utilizaron vasos de precipitado de 500 ml de capacidad, agregándosele 100 ml de agua, en el interior del vaso se colocó un tubo de malla, sobre el cual fue colocada una malla retenedora para evitar el contacto del agua con la semilla y se taparon los vasos con plástico sosteniéndolas con ligas, se colocó semilla suficiente para las pruebas posteriores a realizar. Al finalizar el periodo se realizaron las pruebas de GS, LMP y PSP.

### **Diseño estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar para los parámetros evaluados en las pruebas de laboratorio (GS, EA). Para el análisis estadístico, se llevó a cabo mediante el paquete estadístico MSTAT, utilizando un análisis estadístico bajo el siguiente modelo lineal:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = valor observado.

$\mu$  = efecto de la media general.

$\delta$  = efecto de tratamiento.

$E_{ij}$  = error experimental.

Para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad para todas las variables evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **1) Efecto de la forma y tamaño de semilla de maíz dentro de la variedad SW-H2 almacenada durante 3, 6 y 9 días a 42°C y 100% HR.**

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza de las diferentes variables evaluadas, donde se observa diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) en todas las fuentes de variación para la variable germinación estándar; lo que indica que las formas y el tamaño de la semilla difieren entre sí; con lo que respecta a la variable longitud media de plúmula y en la fuente de variación tiempo, se presentó diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ), mientras que en las interacciones Forma\*Tamaño y Tiempo\*Forma\*Tamaño hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Para la variable Peso seco de plúmula se observó alta significancia en las fuentes de variación Tiempo, Tamaño y Forma\*Tamaño. El coeficiente de variación presentó un rango de 5.38 a 18.22 por ciento, por lo que el experimento se considera confiable.

**Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la prueba de germinación estándar.**

F.V	G.L	CUADRADOS MEDIOS		
		GS	LMP	PSP
Tiempo	3	794.389 **	78.798**	1.155**
Forma	1	228.167 **	2.558	0.011
Tiempo*Forma	3	164.611 **	2.413	0.023
Tamaño	2	266 **	2.981	0.576**
Tiempo*Tamaño	6	78.222 **	1.804	0.026
Forma*Tamaño	2	180.667 **	4.330*	0.120**
Tiempo*Forma*Tamaño	6	84.444 **	2.702*	0.012
Error	72	25.389	1.106	0.013
C.V (%)		5.38	10.95	18.22

\*, \*\* = Significativo al 5 y 1% de nivel de significancia respectivamente.

GS = Germinación estándar.

LMP = Longitud media de plúmula.

PSP = Peso seco de plúmula.

### **Germinación estándar**

En la comparación de medias para la germinación de la semilla almacenada durante 3, 6 y 9 días a 42°C y 100% HR (Cuadro 4.2), se observó que a los 3 días se presentaron los porcentajes más altos de germinación, la semilla plana con 98 % y la semilla redonda con 97.6%, siendo estas estadísticamente iguales, además se mostró una disminución en la germinación a medida que se incrementaron los días de almacenamiento, resultando valores de 90% de germinación a los 9 días en la forma plana y de 80% en la semilla redonda. Por lo anterior, la semilla de forma plana tiene mayor tendencia a conservar la germinación y/o vigor que la semilla redonda al final del periodo de almacenamiento, superándola en un 10% la germinación.

**Cuadro 4.2 Comparación de medias de la germinación de la semilla de maíz de la forma plana y redonda almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6, y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
Plana	96 AB	98 A	95 AB	90 B	95.19 A
Redonda	98 A	97 A	93 AB	80 C	92.03 B
X	97.16 A	97.8 A	94.1 A	85.3 B	

En el Cuadro 4.3 Se presenta la comparación de medias de los tamaños de la semilla sometido a 3, 6 y 9 días de almacenamiento a 42°C y 100%HR, observándose que los porcentajes más altos se presentaron a los 3 días, donde la semilla grande, mediana y chica fueron estadísticamente iguales, mientras que a los 9 días se presentaron los porcentajes de germinación mas bajos debido al deterioro de la semilla, en donde la semilla grande presenta la mayor germinación (93.5 %) y la semilla chica tuvo la menor germinación con 81%.

**Cuadro 4.3 Comparación de medias de la germinación con tres tamaños de semilla de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
Grande	98.5 A	99 A	95.5 A	93.5 A	96.6 A
Mediana	97.5 A	98.5 A	96 A	81.5 B	93.3 B
Chica	95.5 A	96 A	91 A	81 B	90.8 B
X	97.16 A	97.8 A	94.1 A	85.3 B	

Con lo que respecta al tamaño y forma de la semilla (Cuadro 4.4), la mejor fue la semilla plana grande con un 98% y la semilla redonda grande (95%), siendo numéricamente superior la primera, ya que fueron

estadísticamente iguales, en cambio se muestra que en la semilla plana mediana presento un 97.2 % de germinación en comparación de la semilla redonda mediana, quien presento 89.5%, pero no difieren estadísticamente de la semilla plana grande y redonda grande, pero si son superiores estadísticamente a la semilla chica plana y a los tamaños mediana y chica de la forma redonda.

**Cuadro 4.4 Comparación de medias de la germinación de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada a 42°C y 100 % HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana	Chica
Plana	98.2 A	97.2 A	90 BC
Redonda	95 AB	89.5 C	91.750 BC

En las interacciones de la forma y tamaño de la semilla de maíz, almacenada durante los tres periodos (Cuadro 4.5) se observo que a cero y tres días no presentaron diferencia significativa en la germinación, tanto para la semilla plana y redonda y en los tres tamaños, sin embargo, a partir de los seis y nueve días se aprecia una disminución del vigor siendo mas evidente en la semilla redonda chica a los nueve días teniendo un 80%, mientras en la semilla mediana fue quien presento la mínima germinación con 69%, a los 9 días de almacenamiento a 42°C y 100% HR.

**Cuadro 4.5 Comparación de medias de la germinación de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

Días	Forma	Grande	Mediana	Chica
0	Plana	99 A	97 A	94 AB
	Redonda	98 A	98 A	97 A
3	Plana	100 A	98 A	96 A
	Redonda	98 A	99 A	96 A
6	Plana	98 A	100 A	88 ABC
	Redonda	93 ABC	92 ABC	94 AB
9	Plana	96 A	94 AB	82 BCD
	Redonda	91 BCD	69 D	80 CD

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

En lo que respecta al tiempo de almacenamiento de la semilla de maíz en la prueba de longitud de plúmula, se encontró que si afecta considerablemente el tamaño al vigor de ésta, ya que a medida que se aumentaron los días de almacenamiento, la semilla se fue deteriorando y se observó una pérdida de longitud muy marcada.

En el Cuadro 4.6. se hace referencia a la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz, en donde se aprecia que en la longitud de plúmula de la semilla plana grande presentó el mayor valor con 10.28 cm, siendo numéricamente superior al resto de los valores presentados, mientras que la semilla redonda mediana presentó la menor longitud con 8.98 cm. Se encontró que en promedio la semilla plana mantiene mayor longitud de plúmula con 9.769 cm comparado con la semilla redonda, que presentó 9.44 cm.

**Cuadro 4.6 Comparación de medias de longitud de plúmula en semilla de maíz de la forma plana y redonda con tres tamaños almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana	Chica	X
Plana	10.281 A	9.826 AB	9.196 AB	9.769 A
Redonda	9.631 AB	8.982 B	9.712 AB	9.44 B
X	9.956 A	9.404 A	9.454 A	

En el Cuadro 4.7 se presenta la interacción triple, en donde se muestra que la semilla plana grande a los tres días de almacenamiento registro el valor mas alto de longitud de plúmula con 12.420 cm, mientras que el menor valor que se presento fue a los 6 días en la semilla plana chica con 6.863 cm de longitud, observándose una diferencia estadística muy marcada.

**Cuadro 4.7 Comparación de medias de longitud de plúmula de la interacción de la forma y tamaño de la semilla de maíz sometida almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

Días	Forma	Grande	Mediana	Chica
0	Plana	11.537 A-C	11.215 A-D	11.537 A-C
	Redonda	11.278 A-D	9.810 A-G	11.158 A-D
3	Plana	12.420 A	11.928 AB	10.515 A-F
	Redonda	10.580 A-F	11.460 A-D	10.635 A-E
6	Plana	7.703 F-H	8.690 CH	6.863 H
	Redonda	8.638 DH	7.125 GH	9.335 BH
9	Plana	9.465 BH	7.473 GH	7.870 E-H
	Redonda	8.028 E-H	7.533 GH	7.720 F-H

### **Peso seco de plúmula (PSP)**

En el comportamiento del tiempo de almacenamiento de la semilla durante nueve días a 42°C y 100% HR en la prueba de peso seco de plúmula, se presento una disminución del peso seco a razón del aumento de los días de almacenamiento, donde se observo una perdida de vigor de la semilla al deteriorarse por las condiciones de estrés a la que fue sometida.

En lo referente a la interacción Forma \*Tamaño de la semilla de maíz (Cuadro 4.8), la mejor fue la semilla plana grande con 824 mg/plúmula a comparación de la semilla redonda grande quien presento un 716 mg/plúmula de PSP, siendo estadísticamente iguales, mientras que la semilla chica plana fue la que tuvo el menor valor con 450 mg/plúmula. Así mismo se observa las medias de vigor, donde se aprecia que la semilla grande fue la que manifestó el mayor peso con 770 mg/plúmula, mientras que el valor inferior se presento en la semilla chica con 510 mg/plúmula, siendo estas estadísticamente diferentes.

**Cuadro 4.8 Comparación de medias del peso seco de plúmula en semilla de maíz de la forma plana y redonda de tres tamaños almacenada a 42°C y 100 % HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana	Chica	X
Plana	824 A	621 BC	450 D	632 A
Redonda	716 AB	546 CD	569 CD	610 A
X	770 A	583 B	510 C	

**2 ) Efecto del tamaño de la semilla de maíz entre las variedades SW-H2 y SW-H1 almacenadas durante 9 días a 42°C y 100%HR.**

En el Cuadro 4.9 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables estudiadas, encontrándose para GS diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las todas las fuentes de variación con excepción de las fuentes Tamaño de la semilla y la interacción Tiempo\*Tamaño. Para la longitud de plúmula solamente se encontraron diferencias altamente significativas para las fuentes de Genotipo, Tiempo, Genotipo\*Tamaño y Genotipo\*Tiempo\*Tamaño, mientras que en peso seco de plúmula se encontraron diferencias altamente significativas para las fuentes de Genotipo, Tiempo y Genotipo\*Tiempo, en cambio, para las fuentes de variación de Tamaño y Tiempo\*Tamaño presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). Los coeficientes de variación oscilaron entre 5.29 y 9.17%, lo que nos indica la confiabilidad del trabajo experimental.

**Cuadro 4.9 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en la prueba de germinación estándar de dos genotipos de maíz.**

F.V	G.L	CUADRADOS MEDIOS		
		GS	LMP	PSP
Genotipo	1	400**	6.2**	27299.2**
Tiempo	3	620.33**	52.628**	990336.8**
Genotipo*Tiempo	3	166**	0.551	4387.9
Tamaño	1	16	0.029	146153.2*
Genotipo*Tamaño	1	289**	23.208**	269412.8**
Tiempo*Tamaño	3	12.66	0.210	11171.8*
Genotipo*Tiempo*Tamaño	3	125.66**	1.188**	8745.4
Error	48	24.833	0.743	3768.640
C.V (%)		5.29	8.58	9.17

\*, \*\* = Significativo al 5 y 1% de nivel de significancia respectivamente.

GS = Germinación estándar.

LMP = Longitud media de plúmula.

PSP = Peso seco de plúmula.

### **Germinación estándar (GS)**

En el Cuadro 4.10 hace referencia a la comparación de medias de los dos genotipos sometidos a 3,6 y 9 días de almacenamiento bajo estrés, observándose que los porcentajes mas altos se manifestaron a los 3 días para el genotipo SW-H2 con el 100% de germinación, mientras que el genotipo SW-H1 presento el 99%, así mismo se puede ver que no presenta diferencia estadística a los cero, tres y seis días en ambos genotipos, apreciándose en las medias que el mejor porcentaje de germinación lo tuvo el híbrido SW-H2 con un 96.5%, siendo este el mejor. En cambio, a los nueve días el genotipo SW-H1 tuvo un 78% de germinación, siendo inferior y diferente al resto de las germinaciones.

**Cuadro 4.10 Comparación de medias de la germinación de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
SW-H2	97.5 A	100 A	96.5 A	92.5 A	96.6 A
SW-H1	96.5 A	99 A	93 A	78 B	91.6 B
X	97 AB	99.5 A	94.75 B	85.2 C	

En relación a la interacción genotipo\*tamaño (Cuadro 4.11) se aprecia que el genotipo que presenta el valor más alto fue el SW-H2 con el 98.25% de germinación en la semilla grande, seguido del tamaño mediano del mismo genotipo con el 95%, observándose que el híbrido SW-H1 manifestó el menor porcentaje con un 89% en la semilla grande.

**Cuadro 4.11 Comparación de medias de la germinación de dos genotipos de maíz con dos tamaño de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana
SW-H2	98.25 A	95 A
SWH1	89 B	94.250 A

En el Cuadro 4.12, se observa que a los 3 días de almacenamiento, los dos genotipos fueron estadísticamente iguales, presentando ambos el 100% de germinación en los dos tamaños de la semilla, sin embargo, el híbrido SW-H1 es el que presenta una mayor disminución del vigor, ya que a los 9 días presenta el menor valor con 86% de germinación en los tamaños grande y mediano respectivamente.

**Cuadro 4.12 Comparación de medias de germinación de la interacción de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

Genotipo	Tiempo (Días)	Grande	Mediana
SW-H2	0	99 A	96 AB
	3	100 A	100 A
	6	97 AB	96 AB
	9	88 AB	88 AB
SW-M1-H1	0	98 AB	98 AB
	3	100 A	100 A
	6	93 AB	93 AB
	9	86 B	86 B

### **Longitud de plúmula (LMP)**

En relación a la longitud media de plúmula (Cuadro 4.13), se muestran los resultados de la interacción Genotipo\*Tiempo, donde se aprecia que en lo referente a las medias, la mayor longitud se registro a los 3 días de almacenamiento con 11.765 cm y el valor mas bajo se encontró a los nueve días con 8.48 cm. Resultando el genotipo SW-H2 superior al SW-H1. Referente a la interacción Genotipo\*Tiempo a los cero y tres días de almacenamiento los dos genotipos son estadísticamente iguales, observándose que, el híbrido SW-H2 a los tres días fue el que tuvo el mayor valor con 12.120 cm, y el menor valor se detecta en el genotipo SW-H1 a los seis días con 7.99 cm.

**Cuadro 4.13 Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
SW-H2	11.52 A	12.12 A	8.97 B	8.83 B	10.36
SW-H1	11.42 A	11.41 A	7.99 B	8.12 B	9.73
X	11.47 A	11.76 A	8.48 A	8.48 B	

Respecto al tamaño de la semilla de los dos genotipos (Cuadro 4.14), el híbrido que presento el valor más alto es el SW-H2 con 10.98 con el tamaño grande de la semilla, en contraste al genotipo SW-H1 en el tamaño grande quien presento el menor valor con 9.15 cm.

**Cuadro 4.14 Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana
SW-H2	10.985 A	9.738 BC
SW-H1	9.158 C	10.320 AB

En el Cuadro 4.15 tenemos que en la comparación de medias de Tamaño y Tiempo no se encontró diferencias estadísticas entre si, sin embargo, en la interacción Tiempo\*Tamaño se observa que a los 3 días almacenamiento, la semilla mediana presento la mayor longitud de plúmula con 11.77 cm y el menor valor se encontró a los 9 días con 8.35 cm en la semilla grande.

**Cuadro 4.15 Comparación de medias de longitud de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
Grande	11.57 A	11.76 A	8.60 B	8.35 B	10.07 A
Mediana	11.36 A	11.77 A	8.36 B	8.61 B	10.02 A
X	11.47 A	11.76 A	8.48 A	8.48 B	

En la interacción Genotipo\*Tiempo\*Tamaño (Cuadro 4.16), se observa que la semilla grande del genotipo SW-H2 a los tres días de almacenamiento registro el valor mas alto de longitud de plúmula con 12.6 cm, mientras que el menor valor que se presento fue a los nueve días en la semilla grande del genotipo SW-H1 con 7 cm de longitud, siendo estas estadísticamente diferentes, observándose una disminución del vigor muy drástica. En cambio, la semilla mediana disminuyo su longitud de una

manera no tan marcada a medida que aumentaron el tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 4.16 Comparación de medias de longitud de plúmula en la interacción de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

Genotipo	Tiempo (Días)	Grande	Mediana
SW-H2	0	12.165 A	10.875 A-D
	3	12.6 A	11.640 A-C
	6	9.475 C-E	8.475 EF
	9	9.70 B-E	7.962 EF
SW-H1	0	10.980 A-D	11.86 AB
	3	10.920 A-E	11.9 AB
	6	7.732 EF	8.263 EF
	9	7.0 F	9.257 DE

#### **Peso seco de plúmula (PSP)**

En el Cuadro 4.17 en el peso seco de plúmula se encontró que el genotipo SW-H2 tuvo el mayor peso con 983.46 mg/plúmula a los cero días, mientras que el híbrido SW-H1 fue el que presentó el valor más bajo con 400.4 mg/plúmula a los nueve días, siendo estas estadísticamente diferentes, en cuanto a las medias se refiere se reportó que a los tres días de almacenamiento se presentó el mayor valor con 884.8 mg/plúmula y el menor valor se tuvo a los 9 días con 423.8 mg/plúmula, y en relación a los genotipos no presentaron diferencia estadística, sin embargo, el híbrido SW-H2 tuvo el mayor valor con 689.8 mg/plúmula.

**Cuadro 4.17 Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
SW-H2	983.46 A	925.5 A	490.7 B	447.1 B	689.8 A
SW-H1	870.55 A	842.1 A	480.8 B	400.4 B	648.4 A
X	882.1 A	884.8 A	485.8 B	423.8 C	

Se observa en el Cuadro 4.18 la interacción Genotipo\*Tiempo, donde se puede apreciar que la semilla grande del híbrido SW-H1 tuvo el valor mas alto de peso seco con 870.5 mg/plúmula y el genotipo SW-H2 de la semilla mediana fue inferior con 577.1 mg/plúmula, siendo estadísticamente diferentes.

**Cuadro 4.18 Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	Grande	Mediana
SW-H2	802.46 A	577.1 C
SW-H1	870.5 A	665.5 B

En el Cuadro 4.19 se presenta la comparación de medias de los tamaños de la semilla sometida a un almacenamiento por 9 días a 42°C y 100% HR, observándose que el valor mas alto de peso seco se presentó a los tres días en la semilla grande con 961.175 mg/plúmula, por el contrario el valor mas bajo se registro a los 9 días en la semilla mediana con 411.4mg/plúmula, así mismo se puede apreciar las medias de vigor donde el mayor peso que se tuvo fue a los 3 días con 884.8 mg/plúmula y el valor inferior fue de 423.8 mg/plúmula a los 9 días, y el tamaño que mostró ser mas vigoroso fue el grande con 716.9 mg/plúmula.

**Cuadro 4.19 Comparación de medias de peso seco de plúmula de dos genotipos de maíz con dos tamaños de semilla almacenada a 42°C y 100% HR durante 3, 6 y 9 días.**

	0 (Días)	3 (Días)	6 (Días)	9 (Días)	X
Grande	934.6 A	961.175 A	535.73 C	436.2 D	716.9 A
Mediano	829.7 B	808.45 B	435.88 D	411.4 D	621.4 B
X	882.1 A	884.8 A	485.8 B	423.8 C	

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que las características físicas que posee cada semilla influyen fuertemente en su calidad fisiológica, esto se reflejo en la forma y el tamaño de la variedad de maíz evaluada, ya que la semilla plana grande fue la que presento mayor vigor, este resultado es similar al trabajo realizado por Martínez (1989), donde encontró que las semillas planas, grandes y pesadas de maíz son de más calidad, ya que presentaron mayor porcentaje de germinación y peso seco en plúmula.

Sin embargo, se debe considerar que las características que poseen las semillas se ven involucrados factores genéticos y ambientales (Wood *et al* 1997), por lo que el vigor de la semilla dependerá de las características intrínsecas de esta, así mismo se debe tomar en cuenta que en ocasiones la calidad de la semilla también va a depender del manejo del lote y de la siembra que se realice, ya que la semilla de forma plana es más susceptible al daño mecánico que la semilla redonda, por lo que está mas expuesta al daño de la cubierta y a la penetración de hongos, perdiendo así su viabilidad.

Por el contrario, la semilla chica presenta menor daño mecánico, y por su tamaño alcanza más rápido su imbibición y emerge más rápido, pero la

plántula que genera es de menor vigor al presentar un área foliar menor, en comparación de una semilla grande que origina una plántula mas vigorosa independientemente del tamaño, y esto es lo que se obtuvo en las pruebas de peso seco, donde las semillas de tamaño grande fueron las que presentaron mayor vigor en comparación de las de tamaño pequeño.

Dentro de los genotipos evaluados se encontró que la semilla plana y grande del híbrido SW-H2 fue la que presento mayor vigor en comparación con el genotipo SW-M1-H1 que se vio más afectado por la disminución del vigor, sin embargo se debe tomar en cuenta que la calidad de la semilla va a depender de las características genéticas y fisiológicas de cada variedad (Moreno y Vázquez 1998).

## CONCLUSIONES

En base a los resultados y la discusión obtenidos en la presente investigación se establecen las siguientes conclusiones:

- ❖ Se encontró que si existe una variación muy marcada entre las diferentes formas y tamaño de la semillas en su calidad fisiológica.
- ❖ La semilla plana grande fue la que presento mayor vigor en las diferentes pruebas realizadas (GS, LMP, PSP), la cual influye significativamente en el calidad de la semilla.
- ❖ La semilla de tamaño chico de ambas formas fue la que se vio mas afectada en la perdida de vigor al incrementar los días de almacenamiento debido al deterioro de la semilla.
- ❖ En cuanto al efecto del tamaño de la semilla en las dos variedades evaluadas, se encontró que el mejor genotipo es el SW-H2, ya que presento mayor vigor.
- ❖ El tamaño grande de la semilla de ambos híbridos fue el que sobresalió en todas la pruebas realizadas, corroborando que sí influye el tamaño de la semilla en la calidad de esta.

## LITERATURA CITADA

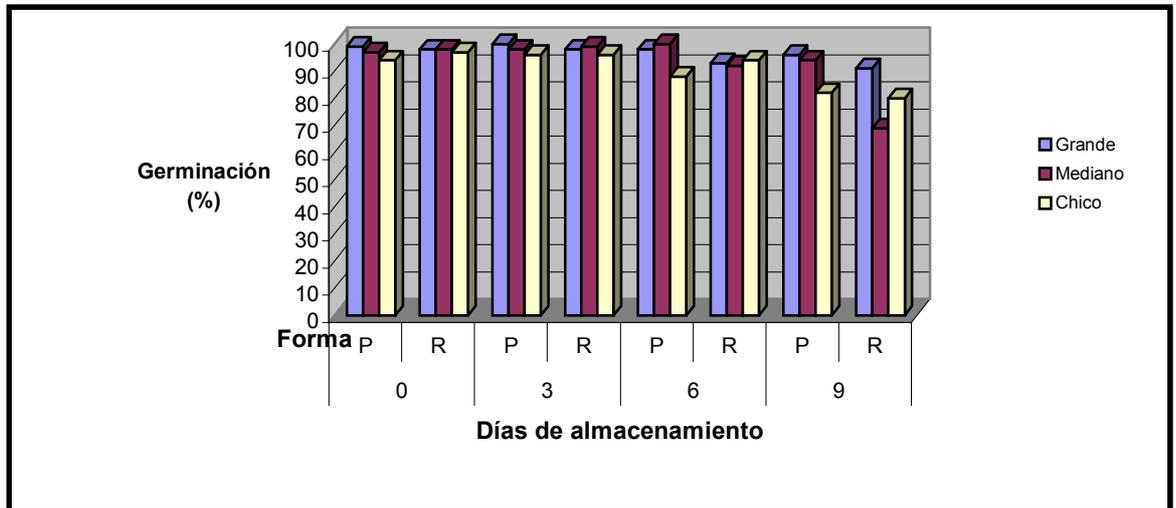
- Antuna, G.O. 2001. Calidad fisiológica de semillas y comportamiento agronómico de seis líneas de maíz y su combinación híbrida. Tesis de Maestría en Tecnología de Semillas. UAAAN. P 58-59.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA) 1983. seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to The handbook on seed testing. USA. 88 p.
- Besnier, R.F. 1989. Semillas, biología y tecnología. Madrid España. Mundi-prensa.
- Boyd, W.J.R., Gordon, A. G. and Lacroix, J.L. (1971). Seed size, germination resistance and seedling vigor in barley. *Canadian Journal of Botany*, 51, 93-99.
- Carballo, C., A.B. 2001. Reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica de semillas en cultivos básicos. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo Coahuila, México, P-117.
- Ching, L.T. 1973. Occurrence of seeds in virgin forest top soil with particular reference to secondary species in Sabah. *Malaysian For.* 36: 185-193.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and Technology. 2da ed. Burgess Publishing Company. USA.
- Delouche, J.C. 1982. Physiological seed quality. Proceedings. Short Course for seedmen. Seed Technology Laboratory Mississippi. State University. USA. 27:51-59.
- Faiguenbaum, M. and Romero, A.L. (1991). Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento de un híbrido de maíz (*Zea mays*). *Ciencia e Investigación Agraria*. 18(3), 111-117.
- Garay, A. E. 1989. La calidad de la semilla curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores, CIAT, Cali, Colombia. Pp 2-11.
- García, R., J. J. 1995. Efecto del número de riegos en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) H-135 y su relación a la fuente de polen. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. P 20-24.

- Hampton J.G. 2001. New Zealand Seed Technology Institute. Lincoln University Canterbury-New Zealand.
- Hernández, M.N. 2003. Análisis comparativo-descriptivo de características físicas y fisiológicas de semillas en coníferas de la sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Licenciatura. Ign. Forestal. UAAAN. Saltillo Coahuila. P-13.
- Heydecker, W. Higgins, J. and Turner, Y.J. 1975. invigoration of seed. *Sci and Technol* 4:1-177. The Netherlands.
- Hicks, D.R., R.H. Peterson, W.E. Lueschen and J.H. Ford. 1976. Seed grade effect on corn performance. *USA. Agron.j.* 68:819. 820.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1996. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. and Technol.* 13 (2): 299-355. The Netherlands.
- Jann R., C. and Ralph D. Amen, 1977. What is germination? In: Khan A.A. (De) *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination.* Elsevier / North-Holland Biomedical. Press Netherlands. 447 pp.
- Kneebone. W.R. and C.L. Cremer (1955). The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. *Agronomy Journal.* 47. 472-477.
- Martínez, M.V.M, 1989. Efecto de características físicas sobre calidad de semillas de maíz (*Zea mays* L). Tesis Ing. Agónomo Fitotecnista, UAAAN. P 4-6, 34.
- McDonald M.B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. *Proc. of offic. Seed analysts.* 65: 117-122. USA.
- Moreno, M.E. 1996, Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición. Instituto de Biología UNAM México. D.F. 393 P.
- Moreno, M.E., Vázquez, B.,M.E. Rivera, A. Navarrete R. and Esquivel, V.F. 1998. Effect of Shape and size on germination of corn (*Zea mays* L) stored under adverse conditions seed. *Science and Technology.* 26:439-448. England.
- Muchena, C. S., Y C.O. Grogan. 1977. Effects of seed size on germination of corn (*Zea mays* L) under simulated water stress conditions. *Can. J. Plant. Sci* 57:921-923 Canada.
- Peña, O.G y Martínez, S.J. 1994. Efecto del tamaño y forma de semilla sobre su calidad y rendimiento. *Memorias. Congreso de Fitopatología.* Universidad Autónoma de Chapingo. P.449.

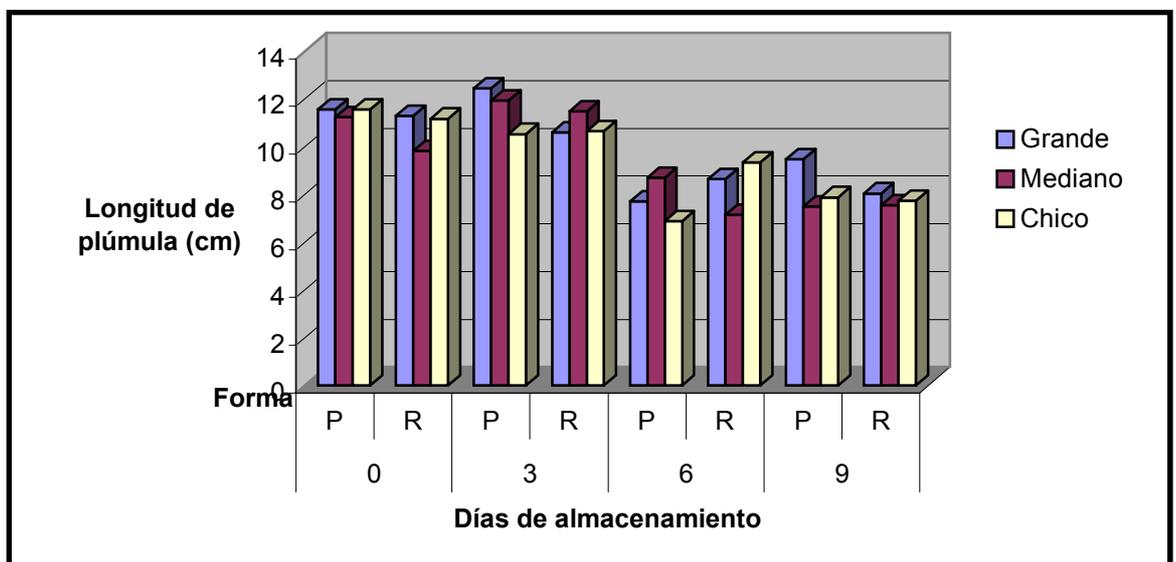
- Popiningis, F. 1985. fisiología da sementes. 2<sup>da</sup> De Brasil. P.207-209.
- Quintana, C.M. 1992. Tamaño y forma de la semilla de maíz (*Zea mays* L) y la relación con la calidad física y fisiológica de la semilla. Tesis Ing. Agrónomo. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila. P-76.
- Serrato C., V.M. 1995. Manual de Procedimiento de control de calidad, en el campo en la producción de semilla de Maíz. UAAAN. Vol. 4
- Serrato, C.,V.M. 1994. Programa de investigación en Tecnología de semillas, Salvador, MAG.
- Shieh, W.J. and. M.B. McDonald. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality seed. Sci. and Technol. 10(2):307-313 The Netherlands.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed Tecnology. Thomson Litho Lts. East Kilbride, Scotland, great Britain. P. 1-15.
- Toole, B.H and Toole, V.K. 1946. relation of temperature and seed moisture to the viability of stored seed. 48 p.
- Villaseñor M., H.E. 1989. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx., 85 pp.
- Wood, D.,P.C. Longden And R.K. Scolt. 1977. Seed size variation, its extent, source significance in field crops, seed sci, and Technol. S(3): 337-352. The Netherlands.

# **APENDICE**

**2) Efecto de la forma y tamaño de semilla de maíz dentro de la variedad SW-H2 almacenada durante 9 días a 42°C y 100% HR.**



**Figura 1. Comportamiento del efecto de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada durante 3, 6 y 9 días, en el porcentaje de germinación estándar.**



**Figura 2. Comportamiento del efecto de la forma y tamaño de la semilla de maíz almacenada durante 3, 6 y 9 días, en Longitud media de plúmula.**

2) Efecto del tamaño de la semilla de maíz entre las variedades SW-H2 y SW-M1-H1 almacenadas durante 9 días a 42°C y 100%HR.

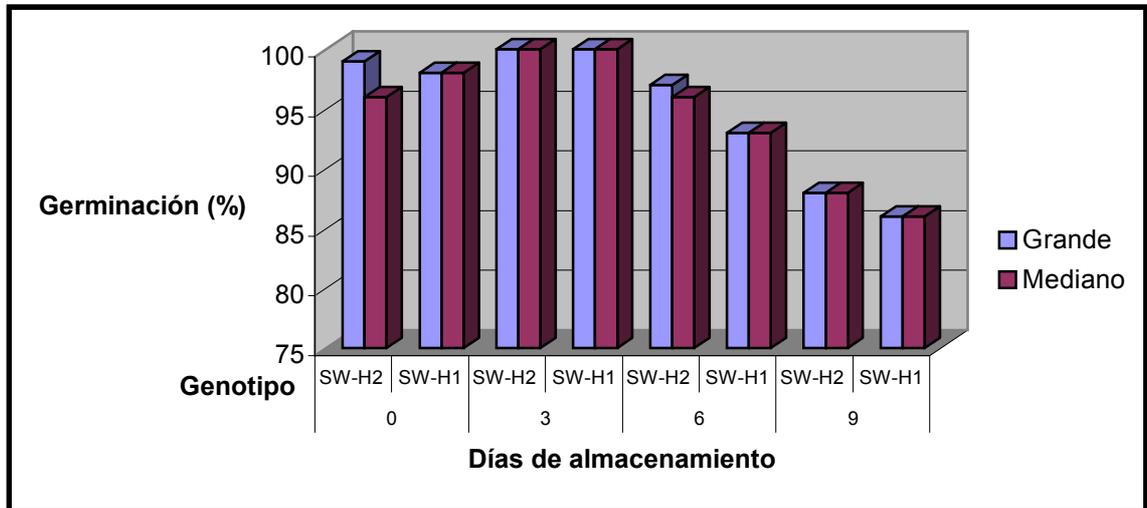


Figura 3. Comportamiento del efecto del tamaños de la semilla de maíz de dos genotipos almacenada durante 3, 6 y 9 días, en el porcentaje de germinación estándar.

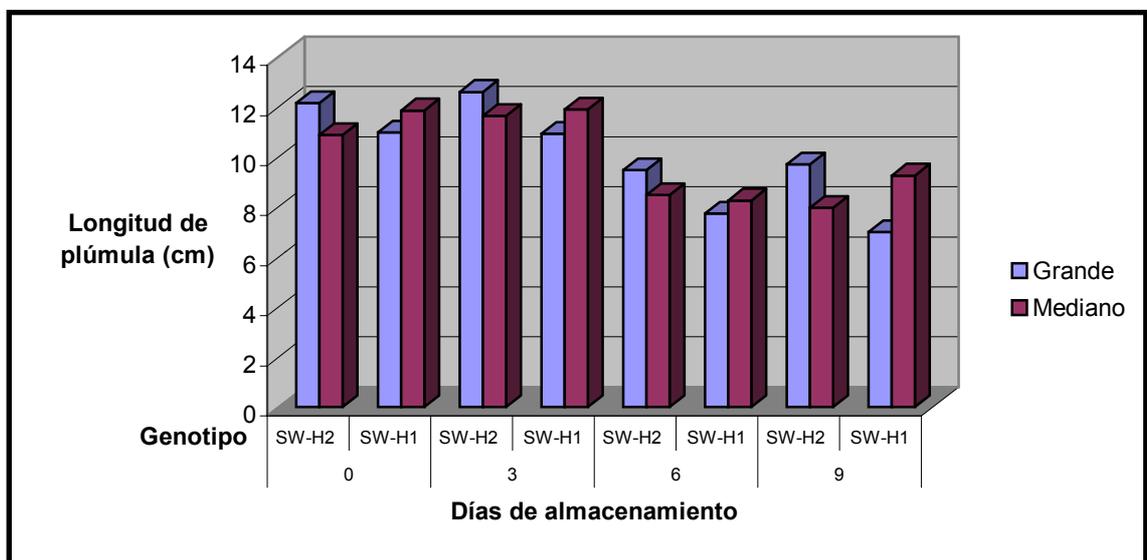


Figura 4. Comportamiento del efecto del tamaño de la semilla de maíz de dos genotipos almacenada durante 3, 6 y 9 días, en Longitud media de plúmula.