

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto del Deterioro en Semilla de Maíz (*Zea mays*) Sobre la Germinación y el Vigor, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

**ADOLFO HERNÁNDEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto del Deterioro en Semilla de Maíz (*Zea mays*) sobre la Germinación y el  
Vigor, Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

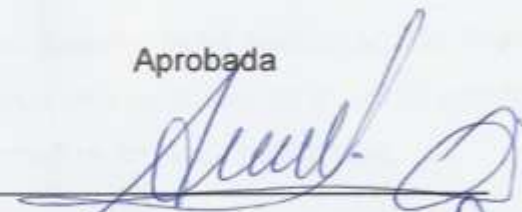
**ADOLFO HERNÁNDEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada

  
M.C. Antonio Valdez Oyervides

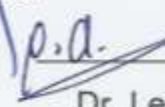
Asesor Principal

  
M.C. Leopoldo Arce González


Coasesor

  
M.C. José Angel Daniel González

Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2015

## DEDICATORIAS

*A mis padres **Aurelia y Lucio**, por haber estado siempre pendiente de mis luchas diarias, y por todo el apoyo, y comprensión que me han brindado.*

*A mi abuelita **Manuela**, aunque ya no está con nosotros, pero sigue en mis pensamientos. Sus enseñanzas y consejos ha sido un gran impulso para mí.*

*A mis hermanos: **Ana Laura, Juan Javier, María Yolanda, Luis Alberto y José Heriberto**. Por la amistad y por la confianza que me brindan en todo momento.*

*Con mucho amor a mi novia **Graciela** Por su apoyo constante y amistad, ya sea en buenos y malos momentos, siempre ha estado conmigo.*

## AGRADECIMIENTOS

*A DIOS Por haberme permitido cumplir con uno de mis objetivos, brindándome salud, sabiduría y fuerzas para seguir adelante en este camino.*

*A mi ALMA TERRA MATER Por haberme brindado y transmitido tantos conocimientos y sobre todo por formarme profesionalmente, para una tarea que no es nada sencilla “la agricultura”.*

*Al MC. Antonio Valdez Oyervides Por su valiosa asesoría y apoyo para la realización de este trabajo.*

*A mis Coasesores, Dr. Mario E. Vázquez Badillo, MC. José A. Daniel Gonzáles, M.C. Leopoldo Arce Gonzales. Por la disponibilidad y asesoría para la revisión del presente trabajo.*

*A la M.C. María del Socorro Bahena García y A la Dra. Patricia García, por el apoyo y tiempo que me brindaron para la realización de este trabajo.*

*A mis Buenos y Mejores Amigos de la carrera. Andrés, Antonio Ramírez, Armando, Arredondo, Arturo, Cadenas, Constantino, Dulce, Eduardo Alonso, Eduardo Pineda, Eleuterio, Elver, Emir, Gerardo, Gris, Heriberto, Irma Leticia, Ismael, Jaime, Javi, Jesús, Juan Manuel, Luis Miguel, Mary, Miguel Ángel, Oscar, Riquelme, Rodolfo, Rodolfo Abarca, Sara, Solano, Teodoro, Treviño, Isela, Vela, Vero y Víctor. Por su amistad, gracias.*

*A toda mi familia: Tíos y Primos, por su amistad y sabios consejos y por los buenos y malos momentos que compartimos.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Origen del Maíz.....	6
2.2 Importancia del Maíz.....	7
2.3 Importancia de la Semilla de Maíz.....	9
2.4 Concepto Semilla.....	10
2.5 Definición Vigor de Semilla.....	12
2.6 Evaluación del Vigor.....	14
2.7 Factores que Afectan el Vigor.....	18
2.8 Importancia de la Evaluación del Vigor.....	19
2.9 Consecuencias de la Pérdida de Vigor.....	21
2.10 Envejecimiento Acerado.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Ubicación del Experimento.....	26
3.2 Material Genético Utilizado.....	26
3.3 Tratamientos.....	27
3.4 Variables Estudiadas.....	29
3.5 Análisis Estadístico.....	29
3.6 Modelo matemático.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5. CONCLUSIONES.....	44
6. LITERATURA CITADA.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b> Cuadros medios del análisis de varianza del trabajo de investigación de análisis de deterioro en semilla de maíz.....	
.....	31
<b>Cuadro 2.</b> Comparación de medias del trabajo de investigación de análisis de deterioro en semilla de maíz.....	
.....	32
Figura 1. Medias de longitud de plúmula y radícula en cm.....	
.....	43
Figura 2. Medias de Porcentaje de Semilla Germinada (SG), Semilla Normal (SN), Semilla Anormal (SA), y Semilla sin Germinar (SSG).....	
.....	43

## RESUMEN

El maíz es considerado uno de los principales cultivos a nivel nacional y mundial, por la importancia que este cereal tiene en la dieta alimenticia de humanos y animales, por las grandes extensiones de tierra cultivada.

La semilla se puede considerar como un insumo estratégico, pues sus características genéticas influye en el aumento en los rendimientos con relación a los demás insumos involucrados en el sistema de producción y mucho más cuando este insumo es de alta calidad y reúne los atributos de los componentes: genético, físico, fisiológico y sanitario.

La prueba de germinación es el procedimiento más ampliamente usado y aceptado como indicador de la calidad de un lote de semillas. Sin embargo, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica la prueba de germinación ha mostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semilla en relación con la rapidez y uniformidad de germinación

Dentro de las pruebas que permiten calificar el vigor de las semillas, está la prueba de envejecimiento acelerado, recomendado para predecir el potencial de almacenamiento y emergencia en campo, es una prueba sencilla que requiere un mínimo de trabajo extra, equipo y es fácil realizarlo en laboratorios, además es confiable.

Dada la importancia de las semillas, y sobre todo Considerando la importancia de la evaluación y estimación del vigor, se llevó el presente trabajo para que nos proporcione información, a fin de conocer el vigor de estas semillas de maíz mediante el deterioro por envejecimiento acelerado, con el objetivo de establecer la relación del grado de deterioro con la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas en condiciones de laboratorio

La investigación se realizó en el laboratorio de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México durante el año 2014. Para este trabajo de investigación se utilizó una variedad de polinización libre llamada **Cafime**.

Se emplearon siete tratamientos, los cuales a continuación se mencionan:  
1.-Prueba de Envejecimiento Acelerado con Solución Salina a 4 Días (EASS 4D),  
2.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 4 Días (EA 4D),  
3.-Prueba de Envejecimiento Acelerado con Solución Salina a 8 Días (EASS 8)  
4.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 8 Días (EA 8D),  
5.-Prueba de Envejecimiento

Acelerado a 12 Días con Solución Salina (EASS 12D). 6.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 12 Días (EA 12D), 7.- Prueba de Germinación (PG).

Las variables evaluadas fueron Longitud media de la plúmula (LMP), Longitud media de la radícula (LMR), semilla germinada (SG), plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG).

Para analizar los resultados obtenidos en este trabajo se utilizó un diseño experimental completamente al azar, Para analizar los datos obtenidos se empleó el software estadístico SAS 9.0. Se obtuvieron resultados altamente significativas al 0.01 de probabilidad, por lo que se procedió a realizar las comparaciones de medias de cada tratamiento, se empleó la pruebas de TUKEY, con un nivel de confianza del 95%.

En base en los resultados obtenidos en la presente investigación, Los niveles de deterioro observados son mayores mientras sea mayor el número de días sometidos a envejecimiento acelerado, esto se demuestra en los parámetros de vigor evaluados y capacidad de germinación. Así también en los tratamientos en donde se empleó solución salina, se obtuvieron medias de plúmula y radícula menores. Otro punto que se observó fue que el cloruro de sodio inhibe el desarrollo de los hongos, debido a que en los tratamientos en donde se empleó, no fueron infestados por estos, aunque provoca efectos negativos en el vigor y capacidad de germinación.

**Palabras clave:** Maíz (*Zea mays*), Deterioro, Vigor, Envejecimiento Acelerado.



## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es considerado uno de los principales cultivos a nivel nacional y mundial, por la importancia que este cereal tiene en la dieta alimenticia de humanos y animales, por las grandes extensiones de tierra cultivada, así como por la gran cantidad de empleos directos e indirectos que genera en toda la cadena de producción, de procesamiento industrial y comercialización, que abarcan desde la siembra hasta que es consumido (Cruz y Jeglay, 2006)

Es el segundo cultivo en importancia en el mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. El maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas con una producción anual de más de 580 millones de toneladas (FAO, 2011).

Es el cereal más cultivado, en los países desarrollados ocupa el segundo lugar pero en los países en desarrollo el maíz se ubica en el primero, como en América Latina y África, mientras que en Asia ocupa el tercer lugar, después del

arroz y del trigo. Su amplia distribución indica su gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes (Vázquez, 2006).

En la industria de las semillas el porcentaje de germinación, es el parámetro más importante para evaluar los lotes de producción de semilla, ya que este valor es utilizado para la certificación y comercialización del producto como punto de referencia de la calidad del lote en cuestión.

En las últimas décadas, el mercado de las semillas ha experimentado importantes cambios como la globalización de su comercio y el incremento de su valor, consecuentemente, las exigencias de calidad por parte de los consumidores han aumentado, y las empresas productoras buscan responder a estas exigencias.

Con la adopción de técnicas modernas de la agricultura, los programas de producción de semillas han tenido un desarrollo notable y la contribución con la agricultura ha sido de vital importancia. La semilla se puede considerar como un insumo estratégico, pues sus características genéticas influye en el aumento en los rendimientos con relación a los de más insumos involucrados en el sistema de producción y mucho más cuando este insumo es de alta calidad y reúne los atributos de los componentes: genético, físico, fisiológico y sanitario.

Con relación a estos atributos, la capacidad de la germinación ha sido el criterio del componente fisiológico más utilizado, y así la prueba de germinación estándar se considera como el índice directo de mayor confiabilidad y aplicación en la determinación del potencial y capacidad de una semilla.

La prueba de germinación es el procedimiento más ampliamente usado y aceptado como indicador de la calidad de un lote de semillas. Sin embargo, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica la prueba de germinación ha mostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas y, además, resulta deficiente para discriminar lotes de semilla en relación con la rapidez y uniformidad de germinación (McDonald 1980; Copeland y McDonald, 2001).

El ensayo de germinación tiende a expresar la máxima capacidad genética de la semilla evaluada, ya que al realizarse en las condiciones artificiales y óptimas no presenta ningún tipo de limitación para la especie. Sin embargo, las semillas encuentran condiciones variables, y muchas veces desfavorables, cuando la germinación ocurre “a campo”.

Dentro de las pruebas que permiten calificar el vigor de las semillas, está la prueba de envejecimiento acelerado, recomendado para predecir el potencial de almacenamiento y emergencia en campo es una prueba sencilla que requiere

un mínimo de trabajo extra, equipo y es fácil realizarlo en laboratorios y además confiable.

El vigor es un concepto muy apreciado por los investigadores y se demanda su inclusión como criterio más de la calidad en el comercio de semillas, dada su importancia han sugerido una serie de pruebas de carácter físico, fisiológico y bioquímico, que permita evaluar el vigor de la semilla.

De esta manera surge el concepto de vigor de semillas, definido por (AOSA 1983) como “aquellas propiedades de las semillas que determinan su potencial para una emergencia rápida y uniforme, y para el desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo.

Dada la importancia de las semillas, y sobre todo considerando la importancia de la evaluación y estimación del vigor, se plantea este trabajo para que nos proporcione información, a fin de conocer el vigor de estas semillas de maíz mediante el deterioro por envejecimiento acelerado.

**Objetivos:**

Establecer la relación del grado de deterioro con la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas en condiciones de laboratorio.

**Hipótesis:**

Existe una relación del grado de deterioro en la semilla de maíz respecto al número de días sometidos a envejecimiento acelerado y el crecimiento de las plantas en condiciones de laboratorio.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen del Maíz.

El maíz fue domesticado hace aproximadamente 3,500 años, en paralelo con otros alimentos, como el frijol, el chile y la calabaza. Con la domesticación de estos alimentos, se sentaron las bases de la actividad agrícola y con ello las grandes culturas de Mesoamérica (FAO, 1973).

México es considerado el centro de origen del maíz (*Zea mays L.*). Se ha documentado la presencia de alrededor de 60 razas adaptadas a diferentes condiciones climáticas, que van de 0 a 2700 msnm (Sánchez, 2003).

El maíz es el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, político y social. Este grano se siembra en dos ciclos productivos: primavera-verano y otoño-invierno, bajo las más diversas condiciones agroclimáticas de humedad (temporal y riego).

En México, en el año 2013 se produjeron 22, 663,953.35 de toneladas con una superficie sembrada de 7, 487,399.02 hectáreas. Aproximadamente el 85 % del total se cultiva en superficie de temporal, mientras que el 15% se cultiva con riego. El rendimiento promedio a nivel nacional de este año fue de 3.19 ton ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2013).

## **2.2 Importancia del Maíz.**

El maíz, como producto de utilización humana, ha evolucionado positivamente a lo largo de su historia. Con el correr del tiempo, las industrias vinculadas a la cadena del maíz se han ido desarrollando en forma progresiva, transformando un grano cuyo único destino era la alimentación humana en una materia prima esencial para el desarrollo de múltiples procesos industriales (Morris y Pereira, 2000).

De todos los cereales existentes, el maíz es uno de los más importante a nivel mundial, debido a que actualmente existen una tendencia creciente por la diversificación en el uso de esta gramínea, ya que se puede utilizar como ingrediente principal en alimentos balanceados para animales pecuarios, también en la industria se utiliza para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, ceras, fructosa, aceites, botanas, etanol, etc. así como para la elaboración de algunas bebidas alcohólicas y otros productos utilizados como materia prima en las

industrias mineras, textil, electrónicas, farmacéuticas, cosmética, alimentaria, etc. (Kato *et al.*, 2009 Paliwal *et al.*, 2001).

En este contexto de utilización, es previsible que la demanda de maíz como insumo industrial y elemento básico en la alimentación humana y de especies pecuarias crezca en las próximas décadas, ya sea por el uso industrial como materia prima en países en vías de desarrollo a una tasa mayor que la relativa al trigo o del arroz.

Desde el punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo más importante de México, ya que ocupa alrededor de 40 % de la superficie dedicada a la agricultura, lo que en términos generales representa ocho millones de hectáreas. Observando datos oficiales sobre el tema puede decirse que el promedio de superficie sembrada de maíz en el último decenio en México es de 7.8 millones de ha (FIRA, 2012; SAGARPA, 2012).

Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente) en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual del crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0% (SIAP, SAGARPA, 2010).



La importancia del maíz en México corresponde a diferentes formas de utilización y porque es el centro de origen de este importante cultivo. También, el constante crecimiento desmesurado de la población mundial, lo ubican como entre los más consumidos del mundo, ya que se puede utilizar en diferentes formas como alimento humano, alimento animal o en la industria. Siendo de gran demanda en muchos países del mundo.

### **2.3 Importancia de la Semilla de Maíz.**

La semilla es el producto final de los programas de Fitomejoramiento, los cuales serán exitosos solamente cuando ese producto final pueda llegar y sea efectivamente utilizado por los agricultores. Lamentablemente, este concepto no es comprendido por muchos programas de fitomejoramiento, como queda en evidencia por el hecho de solo un pequeño porcentaje del área sembrada con maíz está cubierta con variedades mejoradas o híbridos.

La importancia de las semillas es algo que nadie discute. Son reconocidas como el insumo básico y más importante para todos los cultivos. Además, son el insumo más económico, ya que todos los otros insumos agrícolas, ya sea agua, fertilizantes, pesticidas y herbicidas, maquinaria, mano de obra pueden ser mucho más costosos.

Las semillas de buena calidad han jugado un papel importante en la revolución verde y han mostrado significativos incrementos de la producción donde estos han ocurrido. En la década de 1960, la India demostró que la lucha contra la escasez crónica de alimentos podía ser ganada con la importación/ayuda de semillas en lugar de la importación/ayuda de alimentos.

La importación en gran escala de semillas de variedades de alto rendimiento de trigos enanos desde México comenzó la revolución verde en la India. Lamentablemente aun en los ambientes agrícolas desarrollados haya agricultores que no comprendan la importancia de las buenas semillas. La razón ineludible para la no aceptación y el no uso de semillas mejoradas de maíz por parte de los agricultores, es que las *semillas mejoradas* no son consideradas como tales para satisfacer sus necesidades y por lo tanto, no son aceptables y/o que además que el sistema de producción y abastecimiento de semillas no tiene la posibilidad de entregar semillas mejoradas a los agricultores (<http://www.fao.org>).

#### **2.4 Concepto Semilla.**

La semilla es el óvulo fertilizado y maduro, conformado por las siguientes partes: una cubierta o testa que protege las partes internas, el endospermo o tejido de reserva del alimento, que en muchas semillas rodea a los cotiledones y al embrión. En algunas semillas como en las leguminosas el endospermo está

mal representado y la reserva de energía en forma de alimento es almacenada en los cotiledones, y que funciona como lugar de almacenamiento de reservas alimenticias (Villarreal, 1993).

En términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo (Moreno, 1996).

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.

## **2.5 Definición Vigor de Semilla.**

El vigor según la International Seed Testing Association (ISTA) es la suma total de las características de la semilla que determinan el nivel de la actividad y del funcionamiento de la semilla o la porción de la semilla durante la germinación y la aparición de la planta (ISTA, 2009).

Moreno (1996) menciona que el vigor es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividades y comportamientos de la semilla durante su germinación.

Las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación, pueden no tener vigor para establecer una planta en condiciones de campo. El vigor por lo tanto, es indicador de la calidad de la semillas, denota la completa habilidad de la semillas para funcionar bien bajo condiciones de campo (Bustamante, 1995).

El vigor es un concepto relativamente nuevo comparado con el de la germinación y surgió de la observación de las diferencias del establecimiento de plántulas entre los lotes de semillas, trayendo como resultados una prueba adicional de calidad capaz de predecir la emergencia de plántulas bajo condiciones, ambas adversas y favorables de campo (Sayers, 1982).

En cualquier lote de semillas, la pérdida de vigor está relacionada con la disminución en la capacidad de las mismas para llevar a cabo todas las funciones fisiológicas que les permiten germinar y progresar. Este proceso denominado envejecimiento fisiológico (deterioro), comienza antes de la cosecha y continúa durante la cosecha, el acondicionamiento y el almacenamiento.

Progresivamente, el mismo va reduciendo las capacidades de desarrollo debido, por ejemplo, a los cambios en la integridad de las membranas celulares, en la actividad enzimática y en la síntesis de proteínas. Estos cambios bioquímicos pueden ocurrir muy rápidamente (en unos pocos días) o más lentamente (en años), dependiendo de causas genéticas, climáticas o de producción que aún no han sido comprendidas del todo.

Al final, este deterioro conduce a la muerte de la semilla (es decir, la pérdida completa de la germinación). Sin embargo, las semillas pierden el vigor antes de perder su capacidad para germinar. Por esta razón, los lotes de semillas con altos y similares valores de germinación pueden diferir en su edad fisiológica (el grado de deterioro) y así tener diferencias de vigor y, por consiguiente, de capacidad para tener un buen desarrollo. Estas disparidades de vigor existen en lotes de semillas de especies agrícolas, hortícolas y forestales (Revista análisis de semillas, 2007).

Delouche (1976) por su parte, menciona que vigor de semillas y el deterioro están fisiológicamente ligados, porque son aspectos recíprocos de la calidad de las semillas.

En consecuencia, los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. No obstante, no está claro si la pérdida de vigor a causa del deterioro se manifiesta solamente en el establecimiento del cultivo o si alcanzan otras etapas del crecimiento, e incluso la calidad de la semilla producida. Por tal razón, se llevara a cabo el presente estudio, cuyos objetivos serán: (a) establecer la relación del grado de deterioro con la germinación de las semillas de maíz y el crecimiento de las plantas en condiciones de laboratorio y campo, y (b) determinar si el deterioro de la semilla afecta el potencial de producción en condiciones de campo.

## **2.6 Evaluación del Vigor**

En la actualidad muchas pruebas para evaluar vigor de semillas han sido propuestas, sin embargo, el uso comercial de estas pruebas en análisis de semillas todavía permanece bajo fuerte discusión.

Cualquier test de vigor de semillas debe ser capaz de proveer un índice más sensible de calidad de semillas que el test de germinación. Debe también

ser objetivo, rápido, simple y económicamente práctico, reproducible e interpretable. Internacionalmente muchos test de vigor han sido propuestos.

Algunos han ganado amplia aceptación (por ejemplo: la prueba en frío para maíz y la de conductividad para chícharo, mientras que otros han tenido valor sólo en un contexto local (dentro de un país). Desafortunadamente muchas pruebas tienen problemas de interpretación y no llegan a cumplir los requisitos de una prueba de vigor.

Luego de muchos años de comparar pruebas de vigor, la ISTA ha concluido que pueden ser pruebas estandarizadas. Simples, basados en algún aspecto del comportamiento de la germinación (envejecimiento acelerado) junto con la de conductividad muestran ser el más promisorio para este propósito.

El objetivo primario de estas pruebas es: indicar al comprador de semillas o al que maneja el almacenamiento, si se debe esperar algún problema de un lote que tenga un alto porcentaje de germinación, cuando sea sometido a un estrés ambiental en el campo, el almacenamiento o el transporte.

Esto no debe llevar a la errónea interpretación de que el test de germinación no es útil, sino solamente advertirnos que es un test “patrón” y que

se realiza en las mejores condiciones, las que difícilmente la especie encontrará en condiciones naturales.

Por otro lado, los períodos en los que se establece el % de germinación y la forma de conteo de dicho ensayo no permiten detectar el envejecimiento o deterioro de las semillas.

En general los períodos para determinar el valor del % de germinación son tan largos que aseguran que las semillas que no germinaron en dicho tiempo difícilmente lo harán. En cuanto a la forma de conteo, se considera germinada aquella semilla cuya radícula ha atravesado la cubierta seminal. Sin embargo, se sabe que a medida que las semillas envejecen aumenta el % de plántulas anormales, que tendrán muy pocas oportunidades de sobrevivir en ambientes adversos.

Se genera entonces la necesidad de practicar ensayos o análisis que permitan detectar diferencias en la calidad fisiológica de lotes de semillas. En esto se basa el desarrollo actual de la tecnología de semillas, es decir el desarrollo de métodos que permitan evaluar el potencial fisiológico de las semillas, conocido actualmente como VIGOR.



La detección del deterioro de las semillas a través de las pruebas de vigor puede ser entendida como un componente importante en la evaluación de elementos de la calidad, y contribuye a la solución de problemas de la industria semillera, como el almacenamiento. Al respecto, Alizaga *et al.*, (1992) aseveran que el principal desafío de las investigaciones sobre pruebas de vigor es la identificación de indicadores relacionados con el deterioro, que preceden a la pérdida de la capacidad germinativa.

Sin embargo, la selección de una prueba que evalúe el vigor de la semilla en forma eficiente es difícil, por lo que es necesario combinar dos o más de ellas, en primer lugar porque ha de cumplir con las condiciones que exige una prueba de esta naturaleza y seguidamente porque las pruebas existentes evalúan diferentes caracteres de la semilla, vinculados con su vigor fisiológico.

Las más antiguas son la prueba fría y la de envejecimiento acelerado, considerándose esta última, como la que es más aplicable a un gran número de especies, que reúne muchos de los requerimientos de una prueba de vigor. Y que la ejecución de un programa de control requiere métodos rápidos, que generen resultados confiables y de buena correlación con emergencia en campo (Steiner *et al.*, 1990) razón por la cual se considera el envejecimiento acelerado como una de las pruebas más promisorias para evaluar el estado fisiológico de la semilla y estimar su desempeño en campo (Grabe, 1976).

## **2.7 Factores que Afectan el Vigor.**

Normalmente el agrónomo y el analista no conocen todo el historial de los lotes de semillas bajo análisis, desconociendo así las posibles razones que causan las diferencias en vigor (Perry, 1976).

Varias de las causas que afectan el vigor se han establecido y agrupado en dos grupos.

1. Variaciones intrínsecas debidas al genotipo.
2. Variaciones inducidas por las condiciones externas del medio ambiente que interactúan sobre el genotipo.

Perry (1981) las agrupa en: constitución genética, medio ambiente, nutrición de la planta madre, estado de maduración a la cosecha, tamaño, peso, gravedad específica, integridad, deterioro y patógenos. Copeland y McDonald (1985) sintetizan en: vigor híbrido, dureza de la semilla, y medio ambiente a la cosecha y finalmente almacenamiento. Se advierte entonces, que el vigor es parte fundamental como índice de calidad y que particularmente podría verse afectado en cualquier etapa de la obtención de la semilla.

En consecuencia y de acuerdo a lo expresado por Perry (1981) el vigor de la semilla es, más que una propiedad específica de la semilla o lote de semilla, es un concepto y solo puede medirse si se considera un atributo específico de la semilla como puede ser la tasa germinativa o el porcentaje de emergencia en campo. Hay diversos factores como ya se menciona, que en forma individual o en conjunto, pueden afectar el nivel de vigor y como es un concepto, no puede presentar causas y efectos que se extienden hacia atrás en la historia del desarrollo de la semilla y hacia adelante en el proceso de germinación, emergencia y crecimiento del cultivo.

Investigadores han establecido que el vigor se encuentra relacionado con el deterioro de la semilla en forma inversamente, lo cual lleva a pensar que con solo el hecho de medir el grado de deterioro de la semilla antes de que pierda su germinación, se estará en capacidad de establecer el vigor de la misma.

## **2.8 Importancia de la Evaluación del Vigor**

Gran parte de la producción de los cultivos depende de la calidad de la semilla. Por lo tanto, la calidad de la semilla de maíz es de gran importancia, tanto para los agricultores como para la industria semillera. Para el agricultor, porque de ello depende el establecimiento de plantas y por lo tanto, uniformidad en la población por hectárea, es decir, prefiere aquellas que muestran alto vigor; y en

la industria, la calidad de la semilla está determinada por la variación en tipo de grano, que exhiben las variedades e híbridos de maíz (Pérez *et al.*, 2007).

Con el desarrollo de las técnicas modernas de cultivo como siembra directa o siembra de precisión, el uso de semilla confiable es esencial. Además a medida que el costo de este insumo aumenta, generalmente hay una tendencia a reducir la densidad de siembra, y si la semilla no es de óptima calidad, la repercusión en el cultivo puede resultar muy severa.

Por su parte Filgueiras (1981) cita que la evaluación del vigor de semillas es especialmente importante, debido a que proporciona información cierta seguridad anticipada de la uniformidad de plantación, competencia completa, de manera que se controle el tamaño del producto, uniformidad en la maduración y en la cosecha, recalcando Perry (1980) el empleo eficiente y eficaz de operaciones mecánicas como cosecha mecánicas simultánea.

Por lo tanto, las pruebas de vigor que causan deterioro artificial de semillas pueden ser una alternativa para pronosticar su emergencia.

## 2.9 Consecuencias de la Pérdida de Vigor.

Popinigis (1977), manifiesta que las transformaciones degenerativas en la semilla son de origen bioquímico, fisiológico y físico, y ocurren en la siguiente secuencia:

- Degeneración de las membranas celulares y posterior pérdida del control de la permeabilidad celular.
- Daños en los mecanismos de producción energética y de biosíntesis.
- Reducción de la actividad respiratoria y de biosíntesis.
  - Germinación más lenta.
  - Reducción del potencial de almacenamiento.
  - Crecimiento y desarrollo de la planta más lentos.
- Menor uniformidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Mayor susceptibilidad a factores ambientales adversos.
- Reducción del potencial para el establecimiento de una población de plantas.
  - Mayor porcentaje de plántulas anormales.
  - Pérdida del poder germinativo

Delouche (1973) menciona que vigor de semillas y el deterioro están fisiológicamente ligados porque son aspectos recíprocos de la calidad de las

semillas. El deterioro tiene una connotación negativa, en tanto que el vigor tiene una muy positiva; de este modo, el vigor disminuye a medida que el deterioro aumenta. El deterioro es el proceso de envejecimiento y muerte y el vigor es el principal componente de calidad afectado por el proceso de deterioro.

En consecuencia, los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. No obstante, no está claro si la pérdida de vigor a causa del deterioro se manifiesta solamente en el establecimiento del cultivo o si alcanzan otras etapas del crecimiento, e incluso la calidad de la semilla producida.

## **2.10 Envejecimiento Acerado**

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 fue 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.

Ellis y Roberts (1980 ) 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, será 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, frío, 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 es 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.



El envejecimiento acelerado permite predecir el potencial de almacenamiento de algunas semillas y la emergencia en el campo y a su vez supera los problemas de sensibilidad de la prueba de germinación y de muestreo (Ellis y Roberts, 1980).

Dentro de las pruebas de vigor, se encuentra ubicada en segundo lugar, después de la prueba fría y como una de las de mayor aceptación de acuerdo a Tekrony (1982) que en estudio realizado en los laboratorios de AOSA y la Sociedad Comercial de Tecnólogos de semillas en los Estados Unidos (SCST) encontró que el 61 por ciento de 102 laboratorios, efectuaban pruebas de vigor de semillas, conduciéndose la prueba de envejecimiento acelerado en un 66 por ciento de los mismos. Además en forma general produce información consistente y de manera uniforme.

Su aceptación en parte se debe a los resultados de tres principales aspectos: (McDonald, 1977)

1. La prueba es simple y de bajo costo. Su conducción no requiere equipo adicional a la cámara de envejecimiento acelerado y la interpretación de resultados se basa sobre la ya familiar prueba de germinación, por lo cual no demanda entrenamiento especial.

2. La prueba es rápida, requiere adicionalmente sólo pocos días, comparada con la rutina de la prueba de germinación estándar.

3. La prueba es aplicable a la mayoría de cultivos de semilla, capaz de evaluar semillas individuales susceptibles de envejecimiento, dependiendo de la sensibilidad al mismo, por la semilla a evaluar.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del Experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Control de Calidad de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrolla de Tecnología de Semillas, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo. Coahuila, México durante 2014. La cual se localizan entre las coordenadas geográficas 25° 22´ de latitud norte y 101°01´48 de longitud Oeste a una altitud de 1,743 msnm.

#### 3.2 Material Genético Utilizado.

Para este trabajo de investigación se utilizó la variedad de polinización libre llamada **cafime** , la cual fue obtenida en el año de 1958 en el campo experimental Francisco I. Madero, del cual se generó su nombre, cuyas características agrónómicos son: es un material recomendado para siembras de temporal, posee una altura de 1.50 a 1.75 m de altura, florea a los 50 o 60 días aproximadamente, y es recomendada para los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Oaxaca, Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Zacatecas y Coahuila,

La semilla empleada se obtuvo de un lote cosechado en el mes de octubre de 2013 en la región de Navidad, Nuevo León.

### **3.3 Tratamientos.**

Las semillas seleccionadas por uniformidad de tamaño y por apariencia física, se colocaron sobre una malla metálica para formar una capa instalada en el interior de un desecador de cristal con 1 L de agua; excepto el testigo. La Prueba de envejecimiento acelerado con solución saturada de sal se le agregó 75 g de NaCl.

Después de haberlas sometido la semilla a las pruebas de envejecimiento acelerado, se realizaron evaluaciones a los cuatro y siete días, considerando como germinadas sólo plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

**1.-Prueba de Envejecimiento Acelerado con Solución Salina a 4 Días (EASS 4D).**  
Las semillas fueron sometidas a 4 días a la cámara de envejecimiento acelerado.

**2.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 4 Días (EA 4D).**Las semillas fueron envejecidas durante 4 días.

**3.-Prueba de Envejecimiento Acelerado con Solución Salina a 8 Días (EASS 8D).** Las semillas fueron sometidas a 8 días a la cámara de envejecimiento acelerado.

**4.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 8 Días (EA 8D).** Las semillas fueron envejecidas durante 8 días.

.

**5.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 12 Días con Solución Salina (EASS 12D).** Las semillas fueron sometidas a 4 días a la cámara de envejecimiento acelerado.

**6.-Prueba de Envejecimiento Acelerado a 12 Días (EA 12D).** Las semillas fueron envejecidas durante 12 días.

**7.- Prueba de Germinación (PG).** Se trabajó con 100 semillas, fueron divididos en 4 tratamientos de 25 semillas cada una y cada tratamiento se colocó en papel Anchor, previamente humedecido con 45 ml de agua destilada, puestos dentro de bandejas plásticas tapadas. Cada bandeja, una por lote, se colocó dentro de una cámara de germinación a 20 °C con ciclos alternados de luz (16 h) y oscuridad (8 h).

### **3.4 Variables Estudiadas.**

- 1.-Longitud media de la plúmula (LMP).
- 2.-Longitud media de la radícula (LMR).
- 3.- Germinación Estándar (GE).
- 4.-Plántulas normales.
- 5.-Plántulas anormales.
- 6.-Semilla sin germinar.

### **3.5 Análisis Estadístico.**

Para analizar los resultados obtenidos en este trabajo se utilizó un diseño experimental completamente al azar, cuyo modelo matemático se presenta a continuación. Se realizó una comparación de medias cuando existan diferencias significativas entre lotes ( $p < 0,05$ ). Para analizar los datos obtenidos se empleó el software estadístico SAS 9.0.

### 3.6 Modelo matemático.

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

**Donde**

**$Y_{ij}$** = Valor observado

**$\mu$** =Efecto de la media general

**$T_i$** =Efecto del tratamiento

**$\epsilon_{ij}$** = Error experimental

**$i$** = 1, 2...n tratamientos

**$j$** = 1, 2...n repeticiones

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De acuerdo con la información obtenida y el análisis estadístico aplicado en el presente trabajo de investigación, se presentan los resultados y la interpretación de cada parámetro evaluado.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza del trabajo de investigación de análisis de deterioro en semilla de maíz.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>LMP</b>	<b>LMR</b>	<b>GERM.</b>	<b>PN</b>	<b>PA</b>	<b>SSG</b>
<b>TRAT</b>	6	142.03**	147.73**	185.08**	181.00**	52.83**	285.08**
<b>ERROR</b>	21	1.85	10.50	3.36	7.67	5.9	3.36
<b>CV (%)</b>		10.3	25.65	11.29	28.42	37.38	20.98

\*\* = significativo (P<0.01)

NS= No significativo

**CV**= Coeficiente de Variación, **EASS 4D**= Envejecimiento Acelerado 4 Días con Solución Salina, **EA 4D**= Envejecimiento Acelerado 4 días, **EASS 8D**= Envejecimiento Acelerado 8 Días con Solución Salina, **EA 8D**= Envejecimiento Acelerado 8 días, **EASS 12D**= Envejecimiento Acelerado 12 Días con Solución Salina, **EA 12D**= Envejecimiento Acelerado 12 Días.

**Cuadro 2. Comparación de medias del trabajo de investigación de análisis de deterioro en semilla de maíz**

TRAT	PRUEBAS DE VIGOR				%							
	LMP (cm)		LMR (cm)		GERM.		PN		PA		SSG	
1	14.19	B	14.11	A	86	BA	56	BA	30	BA	14	DC
2	16.07	BA	18.51	A	79	BA	44	B	35	BA	21	DC
3	14.28	B	11.63	A	82	BA	37	B	45	A	18	DC
4	17.48	A	13.21	A	38	C	10	C	28	BA	62	B
5	14.29	BA	13.58	A	76	B	47	B	29	BA	24	C
6	0	C	0	B	0	D	0	C	0	C	100	A
7	16.19	BA	17.43	A	94	A	79	A	15	BC	6	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey (P<0.05).

**LMP**= Longitud Media de la Plúmula, **LMR**= Longitud Media de la Radícula, **GERM**= Semilla Germinada (%), **PN**= Plantas Normales, **PA**= Plantas Anormales, **SSG**= Semilla sin Germinar.

### Longitud media de la plúmula (LMP)

Al realizar el análisis de varianza para esta variable, se encontró diferencias altamente significativas al 0.01 de probabilidad, con un coeficiente de variación (CV) del 10.30%, debido a que hubo diferencias significativas se procedió a hacer la prueba de medias empleando la prueba de Tukey presentadas en el Cuadro 1.

Como se puede observar, el tratamiento 4 (EA 8 días) fue el que obtuvo mayor longitud de la radícula, superando al testigo. Pero tendría más sentido que los tratamientos sometidos a cuatro días (EASS 4 días, EA 4 días) fueran los menos deteriorados, aunque numéricamente no existe mucha diferencia entre



estos tratamientos. Existe una similitud de resultado según Perl (1979) menciona que en las primeras etapas del envejecimiento activan el inicio de las actividades bioquímicas, las cuales dan como resultado la producción de precursores esenciales en las vías secuenciales del proceso de germinación, por lo mencionado se puede decir que se tuvo efectos positivos para la germinación, pero si se aumenta el número de días será lo contrario, ya que el nivel de deterioro será mayor. En cuanto al tratamiento sometido al mismo número de días pero empleando NaCl (EASS 8 días) se obtuvo longitudes de la plúmula menores que en donde no se empleó (EA 8 días), en base a los resultados en los distintos tratamientos por lo tanto podemos observar los efectos negativos de la salinidad en la germinación.

El tratamiento 6 resulto ser el más deteriorado, la cual se sometió a EA durante 12 días sin solución salina, pues en este tratamiento no germinó ninguna semilla, además se desarrollaron hongo, en el tratamiento que se le aplico solución salina con 12 días de envejecimiento, hubo semilla germinada, pues en este último lote según Moreno (1988) La alta presión osmótica de los medios con alto contenido de sal inhibe el desarrollo de ciertos hongos (*rhizopus* y *Mucor*) y limita el de otros, facilitando el desarrollo de los hongos de los grupos (*A. glaucus*) que son las más comunes en granos almacenados.

## **Longitud Media De Radícula (LMR)**

En cuanto a esta variable, se encontró diferencias altamente significativas al 0.01 de probabilidad (Cuadro 1), se procedió a hacer la comparación de medias empleando el método de Tukey (Cuadro 2); se formaron dos grupos solamente, en el primer grupo (A) quedan dentro los tratamientos 1 (EASS 4D), 2 (EA 4D), 3 (EASS 8D), 4 (EA 8D), 5 (EASS 12D) y 7 (TES), todos estos tratamientos estadísticamente son iguales, pero al igual que en la variable anterior (LMP) esta se comportó de igual manera ya que se observa fácilmente en la (figura 1) que en los tratamientos en donde se empleó solución salina tuvieron medias de radícula inferiores a comparación en donde no se empleó. Así también observamos que a mayor número de días sometido a las pruebas de deterioro disminuye considerablemente la longitud de la radícula. En cuanto con la longitud de la radícula del testigo es superior que los de más tratamientos, excepto el tratamiento 2 (EA 4 días). En el segundo grupo (B), el tratamiento 6 (EA 12 D), presentó una muerte fisiológica, este tratamiento fue el que se sometió a 12 días a la cámara de envejecimiento acelerado sin emplear solución salina, y todas las semillas fueron invadidas por hongos, la cual se observó a simple vista, ya que apareció el micelio de estas.

En base a los resultados obtenidos (cuadro 1 y cuadro 2), para la variable longitud media de plúmula y longitud media de radícula, podemos ver que la solución salina afecta considerablemente el desarrollo de la plúmula y la radícula, Estos resultados son similares a los obtenidos por Almasoum (2000), quien menciona

que el efecto de las sales en las de las plantas siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta.

Datos similares fueron encontrados por Jaradat *et al.* (2004), al realizar un experimento con genotipos de cebada, sometieron a la semilla a 0 y 20 dS/m con NaCl durante 10 d, encontraron que el porcentaje de germinación final tuvo una correlación negativamente significativa y en promedio de peso seco de plántula y el número de raíces por plántula se redujo drásticamente en respuesta al estrés salino.

Así mismo con estos resultado obtenidos en los tratamientos en donde se empleó solución salina podemos simular condiciones de salinidad en el suelo y la cual reduce la velocidad de imbibición de la semilla y por eso se presenta una disminución en la velocidad de la germinación, debido a efectos osmóticos, también afecta Los procesos de división y alargamiento, así como la movilización de las reservas indispensables para que ocurra el proceso germinativo. (Gonzales 1996).

## **Germinación Estándar (GE)**

Según el análisis de varianza para esta variable, existen diferencias altamente significativas al 0.01 de probabilidad (Cuadro 1) por lo que llegamos a la conclusión que todos los tratamientos son diferentes, es decir el número de horas sometidos dichos tratamientos a deterioro a distintos niveles. En el Cuadro 2 se presenta la prueba de medias (Tukey), la cual agrupo los datos analizados en 4 grupos, obviamente el testigo (0 días de envejecimiento acelerado) resulto con mayor número de semillas germinadas, aunque estadísticamente los tratamientos 1(EASS 4D), 2(EA 4D), 3 (EASS 8D) y 5 (EASS) no presentan diferencias estadísticas entre ellas.

Comparando estos tratamientos con el testigo, se observa que al someter la semilla a deterioro artificial disminuye considerablemente el porcentaje de germinación, pues el testigo presenta un 94% de semilla germinada mientras que los de más tratamientos fueron disminuyendo.

Anteriormente se mencionó que la solución salina afectó el desarrollo de plúmula y radícula, caso contrario respecto a este tratamiento, pues en esta variable (SG) se obtuvo mayor porcentaje a comparación con los tratamientos en donde no se aplicó, lo cual más adelante se dará la explicación.

El tratamiento 4, tuvo en alto grado de deterioro, pues tuvo una tasa de germinación menor del 50%, en este tratamiento se desarrolló hongos, la cual fue uno de los principales causas de la baja germinación. El tratamiento 6 tuvo una germinación del 0% debido a que fue colonizado por hongos totalmente, las cuales se pudieron observar a simple vista por el desarrollo de su micelio.

Tekrony (1995), ha establecido que los lotes de semillas que presenten germinación superior al 80% después del envejecimiento acelerado, podrían ser clasificados como de alto vigor, entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60% como de bajo vigor.

En base a lo anterior, y con los resultados de germinación (cuadro 2) se concluye que el testigo presenta alto vigor pues tiene una media de germinación del 94% al igual los tratamientos de 4 y 8 días presentan vigor alto pues tuvieron una tasa de germinación del 86% y 82% a pesar de que se haya sometido a las pruebas de envejecimiento acelerado pero esto se debe a que el efecto de la solución salina sobre las semillas es que hace que la semilla obtenga menor contenido de agua durante el envejecimiento por lo tanto, presenta niveles de deterioro menor que en donde no se empleó la solución salina, así mismo fue una de las razones por la cual no se desarrollaron hongos en esos tratamientos al no tener altos contenidos de humedad que favorezcan el desarrollo de estas.

## **Plántulas Normales (PN)**

Se encontró variables altamente significativas, al 0.01 (Cuadro 1) de probabilidad, se procedió a hacer la comparación de medias empleando el método de Tukey, se formaron 3 grupos (Cuadro 2) en el primer grupo (A) es el testigo, que fue el menos deteriorado, el tratamiento 1 (EASS 4D) estadísticamente es igual con el testigo e igual con los tratamientos 2 (EA 4D), 3 (EASS 8D) y 5 (EASS 12D).

El testigo obtuvo un 79 % de plántulas normales, mientras que en los de más tratamientos sometidos a pruebas de envejecimiento acelerado, ya sea en la modalidad de envejecimiento acelerado tradicional (EA), como en la modalidad donde se empleó solución salina (EASS), tuvieron una disminución de plántulas normales, a mayor número de días bajo condiciones de deterioro, disminuye el porcentaje de plántulas normales.

Nuevamente podemos observar que los tratamientos con solución salina resultaron superiores que los demás, si comparamos las medias del tratamiento 1(EASS 4D) con el 2 (EA 4D) (con mismo número de horas en envejecimiento acelerado), nos damos cuenta que el tratamiento 1(EASS 4 días) se obtuvo un 12% de germinación mayor, El tratamiento 3 (EASS 8 días) y el 4 (EA 8 días) , podemos observar una diferencia muy significativa a pesar de que se haya sometido al mismo número de días, el tratamiento en donde se empleó solución

salina se obtuvo mayor porcentaje de plántulas normales del 27%, en las pruebas a 12 días se tiene que en donde no se empleó solución salina no hubo germinación y en donde se empleó se obtuvo un 47 % de semillas normales.

Esta reducción en la capacidad de las plantas para producir plántulas normales podría deberse a que los patrones respiratorios se han deteriorado pero aún están viables (por lo menos parcialmente), dado que las mitocondrias toman entre 10 y 40% más oxígeno que las semillas frescas, pero la cantidad de ATP producido por volumen de oxígeno consumido es aproximadamente la mitad con respecto a semillas vigorosas (Bewley y Black, 1994).

### **Plántulas Anormales (PA)**

Al realizar el análisis de varianza de esta variable, la cual se observa en el Cuadro 1 nos muestra que los cuadrados medios nos indica que existe significancia a un nivel de 0.01 y se procedió a realizar la comparación de medias (Tukey), la cual se presenta en el Cuadro 2, esta prueba nos agrupa los datos en 4 grupos, el tratamiento que tuvo más plántulas anormales fue el numero 3 (EASS 8D) con un 45 % de semillas anormales (grupo A), esto se debe al número de días sometido fue mayor en comparación con los tratamientos a 4 días. El tratamiento 4 (EA 8D) que fue sometido al mismo número de días, se vio afectado por el deterioro, pues este tratamiento se obtuvo un 28 % de semilla anormal. En

el segundo grupo estadístico (AB) quedaron dentro los tratamientos 1(EASS 4D), 2(EA 4D) y 4(EA 8D), estos tratamientos estadísticamente son iguales.

El tratamiento 1 y 2, se presentaron niveles de plántulas anormales del 30% y 35%, con tan solo un 5% de diferencia. En cuanto al tratamiento 2 y 3, el tratamiento 3 (EASS 4D) tuvo mayor número de plántulas anormales (45%) mientras que el tratamiento 4 (28%), a pesar de haberlos sometido al mismo número de días de deterioro. Pues presentan diferencias de un 17 %, algo que es muy significativo.

En cuanto al testigo, este fue el que menos plantas anormales tuvieron (15%), aunque en la tabla de medias indica que fue el 6, esto es porque después del envejecimiento acelerado se obtuvieron el 100% de semillas muertas y ya no se tuvo datos para contabilizar esta variable.

En pocas palabras los valores de plántulas anormales debidos a los tratamientos siguieron una tendencia inversa con respecto al número de plántulas normales.



## **Semillas Sin Germinar (SSG)**

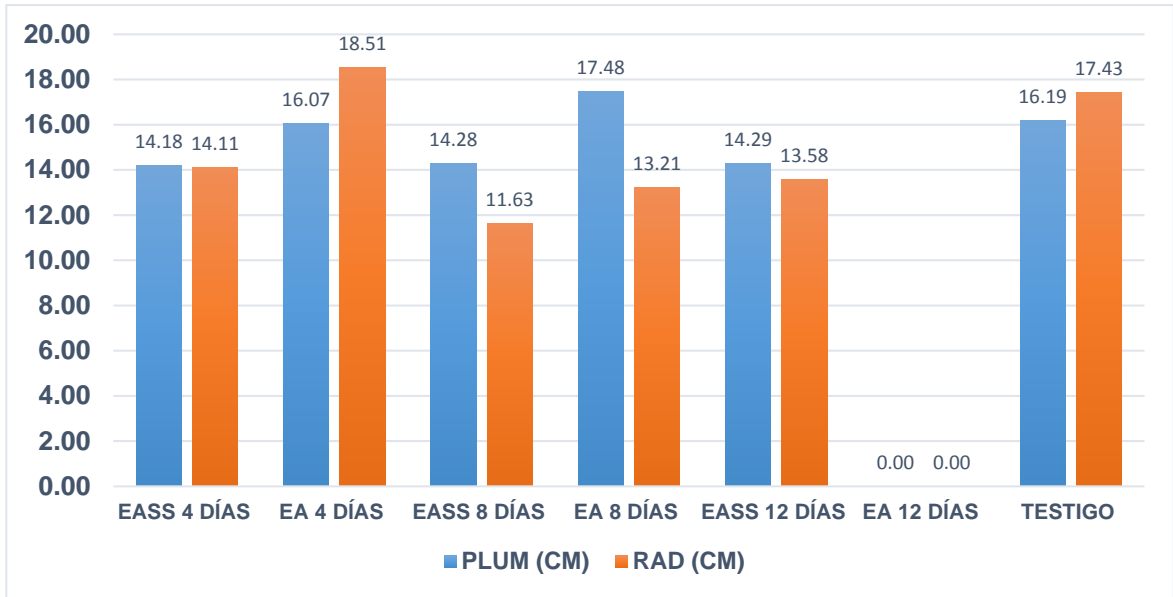
El análisis de varianza que se efectuó nos indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos estudiados al 0.01 % de probabilidad, se obtuvo un C.V. del 20.98, lo cual nos indica que los datos analizados representa a la población donde se tomaron los datos (Cuadro 1).

Con respecto a la prueba de medias (Cuadro 2 ), el testigo (TRAT 7) fue el que menos semillas muertas tuvo, este resultado es lo obvio, ya que no fue sometido al envejecimiento acelerado y el material empleado expuso todo su potencial de germinación, en cuanto a los tratamientos que fueron sometidos podemos observar claramente que el tratamiento 6 (EA 12D) presentó el 100% de semillas muertas, esto se debe principalmente al número de días sometido al deterioro, en cuanto al tratamiento 5 (EASS 12D) que fue sometido al mismo número de días que el tratamiento 6 (EA 12D) también fue fuertemente deteriorado pero en menor nivel. El Tratamiento 1 y 2 quedaron en el mismo grupo estadístico, por lo que no existe diferencia tratar 4 días con o sin NaCl con respecto a esta variable, además se observó que el nivel de semillas muertas fue el más bajo respecto a los demás tratamientos, mientras que la semilla tratada a 8 días (EASS 8D Y EA 8D) presentó una diferencia grande entre la que se le aplicó solución salina y la que no se le aplicó, pues tuvo una tasa de semillas muertas tres veces más que la que se le aplicó NaCl.

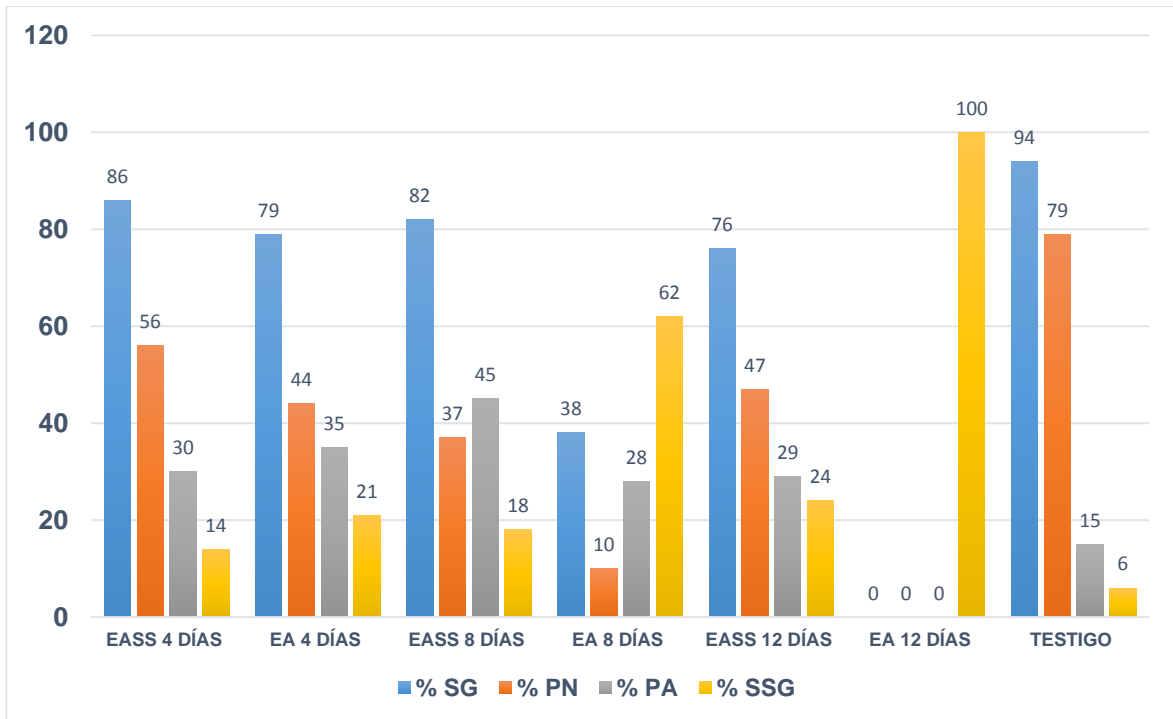
Recalcando los resultados presentados en las tablas 1 y 2, para las variables, plántulas normales, plántulas anormales, y semilla sin germinar, se observa que la semilla sometida a envejecimiento acelerado tanto en las modalidades de 4, 8 y 12 días, tuvieron un nivel de deterioro mayor a comparación con los tratamientos en donde se empleó solución salina, esto se debe a que las pruebas de envejecimiento acelerado con solución saturada, promueve efectos menos severos sobre las semillas debido a la menor contenido de agua alcanzado de la semilla durante el envejecimiento.

Estos resultados concuerda con el trabajo de Jianhua y McDonald (1996) indica que al emplear solución salina durante el envejecimiento acelerado se presenta una disminución de la tasa de absorción de agua de las semillas de trigo durante el período de envejecimiento presentando niveles de deterioro menor a comparación en donde no se empleó la solución salina.

En la Figura 1 podemos observar con mayor facilidad las diferencias que hubo para longitud de radícula y longitud de plúmula. Y en la en la Figura 2 se presenta las medias de las variables: semilla germinada (SG), semilla norma (SN), semilla anormal (SA) y semilla sin germinar (SSG), con la finalidad de apreciar con más detalles y facilidad de las diferencias entre los tratamientos.



**Figura 1.** Medias de longitud de Plúmula y Radícula en cm.



**Figura 2.** Medias de Porcentaje de Semilla Germinada (SG), Semilla Normal (SN), Semilla Anormal (SA) y Semilla Sin Germinar (SSG).

## 5. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

1. Los niveles de deterioro observados son mayores mientras sea mayor el número de días sometidos a envejecimiento acelerado, esto se demuestra en los parámetros de vigor evaluados y capacidad de germinación.
2. Realizar pruebas de envejecimiento acelerado a 12 días, no es necesario, ya que como se observó, la semilla sometida a 4 y 8 días, presentaron un nivel de deterioro significativo, por lo que podemos obtener suficiente información de la calidad de semillas en menos número de días.
3. En los tratamientos en donde se emplearon soluciones salinas, se obtuvieron medias de plúmula y radícula menores, en comparación con los tratamientos en donde no se empleó.

4. El cloruro de sodio inhibe el desarrollo de los hongos, debido a que en los tratamientos en donde se empleó, no fueron infestados por estos, aunque provoca efectos negativos en la germinación y vigor.
5. Para experimentos posteriores, sería recomendable hacer pruebas de contenido de humedad antes de someter la semilla a pruebas de envejecimiento acelerado, pues influye en el proceso de deterioro.
6. En base a los resultados obtenidos podemos concluir que el material genético empleado, es de buena calidad, ya que tiene el 94% de germinación, y cuando es sometida a 4 días de envejecimiento acelerado presenta niveles de deterioro de tan solo el 8%.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alizaga, R.; Sterling, F. & Herrera, J. Evaluación del vigor en semillas de maíz y su relación con el comportamiento en el campo. *Agronomía Costarricense*. 16 (2):203. 1992.
- Almasoum, A. A. 2000. Effect of planting depth on growth and productivity of tomatoes using drip irrigation with semi saline water. *Acta Hort.* (537): 773-778.
- Bewley, J.D.; Black, M. 1994. *Scdds: Physiology of development and germination*. 2 ed., Plcnum Press, New York. 445 p.
- Bustamante, G. L. A. 1995. Pruebas de germinación y vigor en semillas y sus aplicaciones. Curso de actualización sobre tecnología de semillas Memoria Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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.
- Coperland, L. O. and McDonlad 1985. *Principles of seed Science and Technology*. 2ed. Burgess Publishing Company. 121- 141. U.S.A.
- Cruz H. y Jeglay, Y. 2006. Relación suelo-planta- hombre en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Facultad de Agronomía. Postgrado en ciencia del suelo. Maracay. Universidad Central de Venezuela.
- Daniele Cardoso Pedroso. El envejecimiento acelerado de semillas de trigo, Departamento de Ciencias Vegetales, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

- 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. & Caldwell, P. W (1960). Seed vigor and vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, 50 (1): 136-140.
- Delouche, J. C. (1976). Germinación, Deterioro y Vigor de semillas. Seed News, Mississippi State Universtity.
- Ellis R.H. and E.H. Roberts.1980. Pruebas de envejecimiento acelerado, tradicionales y dinámicas. En: Producción moderna de semillas. P. D. Hebblethwaite. Londres, Inglaterra.Pp.693-701.
- Ernesto Moreno Martínez. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Nacional Autónoma de México. México. p. 79.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2011) Proyecto de Reforzamiento de las Políticas de Semilla de Granos Básicos en Apoyo a la Agricultura Campesina. Desgranadoras Manuales: Una Buena Práctica en la Producción y Beneficiado en la Semilla de Maíz.
- FAO. 1973. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25.
- Filgueiras, T. O. 1981. Seed Vigor and Productivity. Pesquisa agropecuaria brasileira. 851-854. Brasil.
- Gelmond H. 1978. Physiological aspects of seed germination. Seed Sci. Technol. 6: 625 - 639.
- González, L. y R. Ramírez. 1996. Respuesta de *Terannus labilis* a diferentes niveles de salinidad durante la germinación y crecimiento. Cultivos Tropicales 17(3):17-19.

Grabe, D.F. 1976. Measurement of Seed Vigor. Journal of Seed Technology. 6-11. U.S.A.

International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. Edition 2009. The International Seed Testing Association (ISTA). Zürichstr.50 CH-8303 Bassersdorf, Switzerland.

Jaradat, A. A., M. Shahid; A. Al-Maskri. 2004. Genetic diversity in the Batini Barley Landrace from Oman: II. Response to salinity stress. Crop Sci. (44): 007-1007.

Jianhua, Z.; McDonald, MB. 1996. La sal saturada envejecimiento acelerado de pruebas para cultivos de semilla pequeña. Semillas de Ciencia y Tecnología, v.25, n.1, p.123-131.

Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. BYE. 2009. Origen y Diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. Pp. 35-70.

Kulik, M.M. and R.W. Yaklich. 1982. Evaluation of vigour test in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench, and. Pp. 180.

McDonald Jr. M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proc official Seed Analyts. Vol. 65: 117-122.

Moreno M. E. (1996), Análisis Físico y biológico de Semillas Agrícolas, 3ª edición. UNAM. México. 393 p.

Pérez C., F., A. Carballo C., A. Santacruz V., A. Hernández L., J.C. Molina M. 2007 Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. Agricultura Técnica en México. 33: 53-61.

Perry A. D. 1976. Seed vigor and seedling establishment advances in research and technology of seeds. Edith. J.R. Johnson, International Seed Testing Association, part two. 62-85. the Netherlands.



Perry A. D. 1981. Handbook of vigor test methods. The international seed Testing Association. p 5.

Popinigis, F., 1977. Fisiología da semente. Brasilia D. F. 2º Edição .Pp. 289.

Roberts.E.H. 1981. Physiology of ageing and its application to drying and storage. Seed Sci. Tech. 2:350-372.

Sánchez, V.L. 2003. Maíces, Teosintles, (*Zea diploperennis*) y los indígenas Mexicanos. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana.

Sayers, R. 1982. Pruebas de germinación y vigor. En: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN, México .Pp. 129-136.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, 2010. [Http: //www.sagarpa. Gob. .mx/ agronegocios/Documents/ Estudios\\_promercado/GRANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf) 10 de enero del 2012.

Steiner, j. j.; trawatha, S.E. and K. J. Bradford 1990. Laboratorio vigor test to predict pepper seedling field emergence performance. 713-717. U.S.A.

Tekrony, D. M. (1995). Accelerated ageing. In: Congress of the international seed testing association 24. Copenhagen

Tekrony, D. M. 1982. Seed Vigor Testing. Journal of Seed Technol. 55-60. U.S.A.

Universidad Federal de Pelotas III (UFPel), Gomes Carneiro Street, 1, 96001-970, Pelotas, Bras 2010

Vázquez, G. J. 2006. Ecofisiología del Maíz. Vol. I Agroclimatología. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Fundación Produce Chiapas, A.C. México. 277 p.

Villarreal Q., J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. 2da. Edición. Trillas. México. 151 p.

### **Páginas electrónicas consultadas**

<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s25.htm#TopOfPage>

<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>

[http://www.analisisdesemillas.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=134&Itemid=119](http://www.analisisdesemillas.org/index.php?option=com_content&task=view&id=134&Itemid=119)