

**TRATAMIENTO QUÍMICO PARA LA PRESERVACIÓN
DE SEMILLA DE MAÍZ ALMACENADA BAJO
CONDICIONES DE DETERIORO**

HUMBERTO BENITO BLANDÓN HERRERA

TESIS

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**TRATAMIENTO QUÍMICO PARA LA PRESERVACIÓN DE
SEMILLA DE MAÍZ ALMACENADA BAJO CONDICIONES DE
DETERIORO**

TESIS

POR

HUMBERTO BENITO BLANDÓN HERRERA

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:**

**MAESTRO
EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

MC. Federico Facio Parra

Asesor:

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor:

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2004

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Gobierno de Nicaragua que a través del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) me brindo la oportunidad de continuar con mi formación profesional, para dar un mejor servicio a la población agrícola de nuestro país.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología en Semillas (CCDTS) y a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por permitirme estudiar en tan prestigiosa Alma Mater.

A la Unidad de Investigación de Granos y Semillas (UNIGRAS) por permitirme instalaciones y equipo necesario para la realización de mi trabajo de investigación. Quiero agradecer de manera especial al Dr. Ernesto Moreno Martínez por su apoyo brindado y su ayuda para que este trabajo se efectuara, Doctor mi profundo agradecimiento y Que Dios lo bendiga por siempre.

Mis mas sinceros agradecimientos al MC. Federico Facio Parra por sus consejos, atención y amistad brindada tanto como estudiante como en la asesoría de la tesis.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo por sus enseñanzas transmitidas, paciencia, amistad y el apoyo incondicional brindado tanto en mi formación profesional como en la elaboración de la tesis.

Al Dr. Víctor M. Zamora Villa por su amistad incondicional que me brindo, por las enseñanzas transmitidas y la utilización de su valioso tiempo para la elaboración de la tesis.

A la MC. Alejandra Torres Tapia por su amistad y apoyo brindado en el laboratorio de semillas del CCDTS.

A Graciela González Ramírez por su amistad y constante apoyo en la realización de mi trabajo de investigación, gracias, muchas gracias.

A la TLQ Sandra López Betancourt por su amistad y apoyo brindado en el laboratorio de semillas.

A Gustavo Hernández, asistente de laboratorio de UNIGRAS por su apoyo y ayuda incondicional para la realización del trabajo de investigación, gracias, muy agradecido.

A todo el personal del área de patología de UNIGRAS por la amistad y apoyo que me brindaron, en especial a Josefina Moreno Lara, gracias, muchas gracias.

Deseo a todos que Dios les de salud, fortaleza y sabiduría para que sigan adelante y cumplan con sus objetivos y metas.

DEDICATORIA

A Dios el cual siempre ha estado a mi lado dándome salud, fortaleza y sabiduría para llegar hasta el final.

A mi esposa, Ivania la cual me apoyo en todo momento y compartió la tristeza de la lejanía, te amo eres la mejor esposa del mundo.

A mis hijos Ivan y Maria Natalia que son la luz que me guía a seguir adelante para enfrentar nuevos retos.

A mi madre que siempre me tiene presente en sus oraciones y ha sido parte esencial en mi formación como persona y como profesionista.

A mis hermanos, Oscar, Marvin, Martha, Aura y Amada Rosa, a mis sobrinos, Javier, Ernesto, Guillermo, Jimmy, Ruth y Janet por el apoyo brindado tanto a mi como a mi esposa e hijos en mi ausencia.

A mis hermanos Mexicanos MC Lorenzo Olivares y MC Margarito Manjares Salgado con los cuales compartí alegrías y tristezas en mi estancia en México.

A mis compañeros de generación Rodolfo Ramírez M., Adriana Antonio B. y Candelario Díaz con los cuales compartí momentos agradables.

Hay hombres que luchan un día y son buenos, hay hombres que luchan un año y son mas buenos, hay hombres que luchan muchos años y son mejores, pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles. *Bertold Brech.*

COMPENDIO

**TRATAMIENTO QUÍMICO PARA LA PRESERVACIÓN DE SEMILLA DE
MAÍZ ALMACENADA BAJO CONDICIONES DE DETERIORO**

POR

HUMBERTO BENITO BLANDÓN HERRERA

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA
DE GRANOS Y SEMILLAS**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2004

Mc. FEDERICO FACIO PARRA. –ASESOR–

Palabras claves: Maíz, Tratamientos Químicos, Almacenamiento, Hongos de Almacén, Deterioro, Germinación.

Se trató químicamente la semilla de maíz con características normales (H-520) y con alto contenido en proteínas (H-553), con productos

captan, carboxin y vitavax en dosis comerciales para ver el efecto protector de los mismos. La semilla fue almacenada por 180 días bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura. Se realizaron muestreos en la semilla cada 30 días para evaluar las variables de calidad fisiológica: germinación estándar, plántulas anormales, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula; además de la sanidad de las semillas. Se utilizó un análisis de parcelas divididas con 288 unidades experimentales considerando como parcela grande a los muestreos, la parcela media a los genotipos y la parcela chica a los tratamientos químicos. Se encontró que los tres funguicidas utilizados realizaron mejor efecto protector en la semilla de maíz normal que en la de maíz QPM en todas las variables de calidad fisiológica evaluadas, tanto en el ambiente de 75 como el de 85 por ciento de humedad relativa, sin embargo en el ambiente de 75 por ciento los productos químicos que mantuvieron el porcentaje de germinación con valores de 85 por ciento o mas por mas tiempo, fue el captan en el QPM, con 120 días aproximadamente y en el maíz normal los tres funguicidas mantuvieron la germinación por 150 días. En el ambiente de 85 por ciento de humedad relativa los productos químicos que mantuvieron el porcentaje de germinación con valores de 85 por ciento o mas, por mas tiempo fue el captan en el maíz QPM con 90 días y en el maíz normal el vitavax hasta los 120 días. En las pruebas de sanidad los patógenos que contribuyeron a disminución de la germinación en ambos ambientes fueron el grupo *Aspergillus glaucus* y el genero *Penicillium*, siendo mas marcado el daño en el ambiente de 85 por ciento en ambos

genotipos. Los periodos de almacenamiento bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, fueron la causa del incremento del deterioro de la calidad fisiológica de la semilla en ambos genotipos, como lo demostraron los resultados obtenidos en el análisis de correlación donde se presentó correlación negativa con germinación, longitud de plúmula y peso seco de plúmula en ambos ambientes de almacén y en ambos genotipos.

ABSTRACT

**CHEMICAL TREATMENT FOR MAIZE SEED PRESERVATION STORED
UNDER DETERIORATING CONDITIONS**

BY

HUMBERTO BENITO BLANDÓN HERRERA

MASTER IN TECHNOLOGY

SEEDS AND GRAINS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DECEMBER 2004

Mc. FEDERICO FACIO PARRA. –ADVISOR–

**Keywords: Maize, Chemical treatment, Storage, Stored Fungi,
Deterioration, Viability,**

The maize seed with normal and Quality Protein Maize (QPM) characteristics were treated with chemical products such as: captain, carboxin and vitavax, at commercial dosages to know their protector effect on them. The maize seeds were stored for 180 days under conditions of 75 and 85 percent of relative humidity and 25 °C, the seeds were sampled every 30

day to evaluate the physiological quality parameters, standard germination, abnormal plants, plumule average length and dry weight of plumule, in addition to seed health. The experimental design were split plot whit 288 experimental units. The samples were considered as main plot, genotypes as medium plot and chemical treatments were considered as a small plot. In both storage conditions (75 and 85 percent of r.h.), the three fungicides provided better protection for all the parameter evaluated in maize normal than the QPM, however, under conditions of 75 percent of relative humidity, the seed treatment whit captan kept the germination rate over 85 percent for 120 days in QPM maize and the normal maize, all seed treatments kept the germination rate over 85 percent for 150 days. Under conditions of 85 percent of relative humidity, the seed treatment whit captan kept the germination rate in 85 percent for 90 days in QPM maize and the seed treatment whit vitavax kept the germination rate in 85 percent for 120 days in normal maize. In health of seeds, members of the *Aspergillus glaucus* group and *Penicillium* were the predominant mycoflora under these storage condition. The seed of both genotypes stored under conditions of 85 percent of relative humidity was heavily invaded by these stored fungi affecting the germination rate. The seed germination lost found, it was caused by the storage periods under conditions of 75 and 85 percent of relative humidity and 25 °C. It was made evident in the correlation analysis where the QPM and normal maize under the same store conditions presented negative correlation in the parameters, germination, plumule average length and dry weight of plumule.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.	7
Almacenamiento.	7
Humedad Relativa.....	13
Temperatura.....	14
Hongos de Almacén.....	16
Tratamientos Químicos a la Semilla.....	18
Calidad de las Semillas.....	22
Germinación.....	23
Longitud de Plúmula.....	24
Peso Seco de Plúmula.....	25
Descripción de los Funguicidas Utilizados.....	26
Captan.....	26
Carboxin.....	27
Vitavax.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Localización del Área Experimental.....	29
Material Genético.....	29
Tratamientos Químicos.....	30

Tiempo y condiciones de Almacenamiento.....	30
Contenido de Humedad de las Semillas.....	31
Variables Evaluadas.....	32
Germinación.....	32
Longitud Media de Plúmula.....	33
Peso Seco de Plúmula.....	34
Sanidad.....	34
Diseño Experimental.....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Almacenamiento de Semilla 75 % de Humedad Relativa.....	40
Germinación.....	40
Plántulas anormales.....	43
Longitud Media de Plúmula.....	45
Peso Seco de Plúmula.....	47
Sanidad.....	50
Almacenamiento de Semilla 75 % de Humedad Relativa.....	55
Correlación y Regresión.....	55
Almacenamiento de Semilla 85 % de Humedad Relativa.....	58
Germinación.....	58
Plántulas anormales.....	61
Longitud Media de Plúmula.....	64
Peso Seco de Plúmula.....	66
Sanidad.....	69
Almacenamiento de Semilla 85 % de Humedad Relativa.....	78
Correlación y Regresión.....	78
CONCLUSIONES.....	82
RESUMEN.....	84
LITERATURA CITADA.....	86
APÉNDICE.....	91

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Dosis de los fungicidas utilizados en el tratamiento químico a la semilla de maíz QPM y normal.....	30
3.2	Contenido de humedad inicial y germinación de la semilla de los híbridos de maíz.....	32
4.1	Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en calidad fisiológica de semilla de maíz, almacenada por 180 días a 75 y 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura.....	39
4.2	Germinación, contenido de humedad de las semillas (C.H.S) y micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 75 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 30 a 90 días.....	51
4.3	Germinación, contenido de humedad de las semillas (C.H.S) y micoflora de dos genotipos de maíz ,almacenados a 75 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 120 a 180 días.....	53
4.4	Germinación, contenido de humedad de las semillas (C.H.S) y micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 30 a 90 días.....	70
4.5	Germinación, Contenido de humedad de las semillas (C.H.S) y micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 120 a180 días.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No		Página
4.1	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la germinación de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de H. R.....	41
4.2	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en plántulas anormales de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de H. R.....	44
4.3	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la longitud media de plúmula (cm) de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de H. R.....	46
4.4	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en peso seco de plúmula (mg/planta), de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de H. R.....	48
4.5	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la germinación de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de H. R.....	60
4.6	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en plántulas anormales de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de H. R.....	63
4.7	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la longitud media de plúmula (cm) de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de H. R.....	65
4.8	Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en peso seco de plúmula (mg/planta), de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de H. R.....	67

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la superficie sembrada de maíz se estima alrededor de 138 millones de hectáreas; de estas, el 60 por ciento corresponde a los países en desarrollo; y más del 50 por ciento de la superficie total sembrada se concentra en Brasil, China, India y México.

La importancia que tiene el maíz en México se le atribuye a que es el cultivo que mayor superficie ocupa al sembrarse alrededor de 8.5 millones de hectáreas anualmente (SNICS, 1998), mientras que en Nicaragua, el maíz representa el cultivo de mayor relevancia en la agricultura, tanto por la superficie cultivada, sembrándose alrededor de 324,000 hectáreas (MAGFOR, 2003), ocupando el primer lugar con respecto a los cultivos básicos, siendo el alimento fundamental de la población en las dos naciones.

El sector agropecuario en Nicaragua presenta un cuadro complejo con limitaciones serias que dificultan su reactivación, donde se encuentra una insuficiente producción agrícola que pueda contribuir satisfactoriamente al abastecimiento de alimentos, materias primas y divisas a la economía nacional; los rendimientos por unidad de área son los mas bajos a nivel centroamericano (1.5 ton/ha), presentándose una brecha tecnológica con tendencia a ensancharse (INTA, 1996), sin embargo el gobierno actualmente

ha hecho esfuerzos por mejorar esta situación, introduciendo tecnologías a los agricultores para incrementar los rendimientos de grano.

Se ha demostrado a través de la investigación que las variedades mejoradas superan entre un 30 y 50 por ciento a las variedades criollas tradicionales de los agricultores, sin embargo, más del 80 por ciento de ellos continúan usando sus variedades locales, rechazando las variedades mejoradas, por el costo que representa la semilla (García *et al.*, 1991). Fornos (2003) fundamenta lo anterior diciendo que el agricultor que utiliza semilla de calidad garantiza en parte el éxito de su producción.

Para lograr un poco la adopción de materiales mejorados e introducir nuevas tecnologías, el Programa de Maíz del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en colaboración con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) han desarrollado y continúan generando variedades de polinización libre e híbridos, tanto normales como de alta calidad protéica (QPM) además de que actualmente el gobierno de Nicaragua esta financiando proyectos a los pequeños agricultores para incrementar la siembra de estos maíces y disminuir un poco el problema nutricional que se presenta mayormente en el área rural.

Según la Dirección de Estadísticas del Ministerio de Agricultura y Forestal de Nicaragua (MAG-FOR, 2003), la producción de semilla de maíz en el ciclo agrícola 2001/2002 fue de 786 toneladas métricas. Esta fue almacenada en bodegas climatizadas por periodos aproximados de seis

meses y a un costo de US \$ 12.00 dólares por tonelada por mes, esto con la finalidad de garantizar la calidad fisiológica de la misma, ya que las condiciones del clima propias de este país tropical, son de alta humedad relativa y temperatura, situación que acelera el proceso de deterioro de la semilla, ya sea por la proliferación de hongos y plagas de almacén, o debido a los acelerados procesos de respiración a la cual se somete la semilla si se almacena bajo condiciones ambientales naturales.

El costo por almacenamiento bajo condiciones controladas es muy elevado, el cual corresponde al 15 por ciento del valor total que representan producir 45.45 kilogramos de semilla, comparado con el maíz comercial, pero además hay que agregar, los riesgos que se corren en su transportación, al ser trasladadas del área de producción a lugares lejanos, donde brindan el servicio de almacenamiento en cuartos climatizados.

Es importante mencionar que en Nicaragua la semilla producida se almacena sin tratamiento químico residual, ya que si no se vende como tal, se procede a su comercialización como grano para uso humano y/o animal. El tratamiento químico aplicado a la semilla de maíces normales, ha sido una buena práctica contra los daños causados por microorganismos patógenos e insectos, ya que la protege en el almacenamiento, para preservar la germinación y para el establecimiento de las plántulas en el campo, incluso el uso de mezclas de plaguicidas ha sido una buena práctica para combatir varias plagas como son los insecticidas con fungicidas (Neergard, 1979; Gregg, 1981; Copeland y McDonal, 1985 y Zamora, 2003). El uso del

tratamiento químico podría ser una alternativa para el almacenamiento de maíces tanto normales como QPM.

Con lo anterior, se puede decir que en el país no se cuenta con información relacionada sobre la forma y condiciones ambientales precisas para llevar a cabo un buen sistema de almacenamiento y conservación de semillas de diferentes tipos de maíces, sin que ellas reduzcan su calidad fisiológica.

Por lo antes expuesto se considera de mucha importancia determinar el tiempo que pueden permanecer almacenados cada uno de los tipos de semilla, (normal y con alta calidad en proteína, QPM), con y sin tratamiento químico, bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura y su efecto en la calidad fisiológica y sanitaria que son condiciones promedio similares a las que existen en Nicaragua.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el tiempo que pueden permanecer almacenadas las semillas de los diferentes tipos de maíz normal y con alta calidad proteica, con y sin tratamiento químico, de tal forma que se mantenga en niveles aceptables de calidad bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar dos tipos de semilla de maíz normal y de alto contenido en proteínas (QPM), en condiciones extremas de humedad relativa y temperatura y su efecto en la longevidad.
- Evaluar el efecto protector de tres funguicidas en la prevención del deterioro de la semilla bajo las condiciones de alta humedad relativa y temperatura.
- Determinar la diferencia en maíces de diferentes características normal y de alto contenido en proteínas, bajo condiciones extremas de almacén.

HIPÓTESIS

- Las condiciones de alta humedad relativa y temperatura afectan la longevidad de la semilla independientemente de los tipos de maíz normal y QPM.
- Al menos un funguicida controlará el desarrollo de hongos de almacén que favorecen la pérdida de germinación en semillas almacenadas bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura.

- No hay diferencias de longevidad entre los tipos de maíces normal y QPM almacenados con y sin tratamiento químico en condiciones de alta humedad relativa y temperatura.

REVISIÓN DE LITERATURA

La semilla después de haber alcanzado el máximo nivel de calidad en madurez fisiológica, inicia un proceso de cambios degenerativos e irreversibles, que ocasionan pérdidas en la germinación y el vigor; a esos cambios se les denomina deterioro. (Anderson, 1973).

Hampton (2001), define la calidad como un grado o padrón de excelencia; la calidad de las semillas puede ser vista como un padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión “calidad de semillas” es utilizada libremente para reflejar el valor de ella para propósitos específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del consumidor.

Almacenamiento

Dentro de los preceptos de almacenamiento (Harrington, 1973) se refleja que la baja calidad de las semillas no se mejoran en el almacén, esto sólo se mantendrá durante cierto periodo de tiempo en el almacenamiento.

Las condiciones ambientales en las regiones tropicales son generalmente mas pobres para el almacenamiento de semillas, que esas de las regiones templadas, por eso el almacenamiento de semilla es un gran problema en el trópico (Ellis, 1991). Sin embargo en el trópico hay zonas específicas que presentan condiciones para un almacenamiento adecuado de semilla de diferentes especies.

Rincón (1989) investigando el deterioro de la semilla de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento, encontró que la pérdida de la calidad de la semilla aumenta a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento.

Asi mismo, Viera *et al.*, (1998) realizaron estudios de germinación en seis especies de frijol las cuales fueron almacenadas en costales de tela al 12 por ciento de contenido de humedad de las semillas bajo condiciones de laboratorio de la Universidad de Vicosa en Brasil (temperaturas de 12 a 29 °C y humedades relativas de 75 a 83 por ciento). Las evaluaciones las efectuaron a los 30, 162, 298, 443, 610, 960, 1099, 1250, 1401, 1567 y 1749 días de almacenada la semilla. En ellas encontraron que los rangos de germinación de 80 por ciento, estuvieron entre los 590 y 1470 días después de cosechados. Esto significa que esta región presenta condiciones óptimas para almacenar este tipo de semilla por mas de un año.

Bajo las condiciones de Nicaragua, Vallecillo y Nicaragua (2002) realizaron un estudio con nueve agricultores ubicados en diferentes zonas

del país en donde se almacenó semilla de maíz normal bajo las condiciones del agricultor (ambiente natural) y en condiciones controladas (cuarto climatizado), para determinar la calidad fisiológica inicial de la semilla (por ciento de germinación), se encontró que el mejor sistema fue aquel en donde la semilla fue almacenada en silos metálicos, bolsas plásticas y sacos de polipropileno trenzado y durante 270 días y donde el contenido de humedad de la semilla estuvo en un rango de 10.8 y 15.5 por ciento, (el 77.8 por ciento tenía valores menores al 13 por ciento). Al realizar el muestreo, a los 180 y 270 días encontraron que, en ambiente natural y en los diferentes tipos de envase, tres productores en zonas diferentes, alcanzaron valores superiores al 80 por ciento. Es importante mencionar que en el análisis de sanidad inicial practicado a la semilla, hubo presencia de *Aspergillus* sp. en un rango de 0 a 10 por ciento.

El almacenamiento hermético es una práctica que se esta investigando para darle solución a los problemas de insectos y patógenos de almacén, Moreno *et al.*, (2000) infestaron el híbrido AN 447 con *Sitophilus zeamais* y *Aspergillus chevalieri*, los tratamientos fueron almacenados por 30 días a 26 °C de temperatura y 15 por ciento de contenido de humedad de las semillas bajo condiciones de almacenamiento hermético y no hermético para monitorear la concentración de oxígeno en la mortalidad del insecto, descendencia del insecto, germinación de la semilla y el crecimiento del hongo, los autores encontraron que al reducir el oxígeno a cero por ciento después de los seis y nueve días, los insectos murieron después de los seis días en los tratamientos de granos con insectos y hongos y después de los

12 días en el tratamiento de granos con solo insectos, en condiciones no herméticas ocurrió una tasa muy baja de mortandad, en ambos tratamientos en condiciones herméticas hubo una baja descendencia de gorgojos, bajo estas mismas condiciones con semilla tratada y no tratada con funguicida hubo baja incidencia de *Aspergillus chevalieri*. Este tipo de práctica sería una alternativa para el almacenamiento de semilla siempre y cuando no se incurra en costos elevados para la elaboración de silos herméticos.

También se ha elaborado modelos de predicción de la germinación bajo condiciones de almacenamiento normal de semillas ortodoxas, Ellis y Roberts (1980) desarrollaron este modelo para predecir la germinación de la semilla, después que es depositada en el almacén asumiendo condiciones idénticas y realizando pruebas de envejecimiento rápido para determinar la calidad inicial de ellas.

Los investigadores han obtenido respuestas diferencial evaluando diferentes especies, Fabrizio *et al.*, (1999) evaluaron la viabilidad de éste modelo para predecir la germinación de la semilla en varios lotes de soya previamente almacenada, encontraron de acuerdo a los resultados en los lotes analizados por mas de un año que, cuando la germinación de estos baja a niveles menores del 80 por ciento, después de dos años de almacenado el modelo no predice con seguridad la germinación de los lotes, es decir el modelo requiere de una mayor evaluación, lo cual sería de mucha importancia para la industria de la soya.

Sin embargo Tang *et al.*, (2000) evaluaron este modelo pero en lotes de semilla de maíz (*Zea mays* L.), encontraron que el modelo suministra una efectiva información para predecir la longevidad de la semilla en el almacén. El periodo de almacenamiento puede ser relativamente corto, quizás sólo de algunas semanas, pero también puede suceder que una partida de semillas tenga que ser almacenada durante varios años. El periodo de almacenamiento debería venir definido por el tiempo total comprendido entre su maduración y el final de las operaciones de siembra, aunque un lote de semilla sufra varias operaciones como las de limpieza y envasado o el periodo de espera en que es conservado por el vendedor o el agricultor antes de venderlo o sembrarlo, pero es importante que el periodo total desde la madurez hasta la siembra sea considerado como periodo de almacenamiento porque durante éste, la semilla está sujeta a la influencia del medio que pueden producirse en el almacén.

Loucher y Bucheli (1998) evaluaron el efecto de los azúcares solubles en la degradación de la semilla de soya (*Glycine max* L.) almacenada durante nueve meses, simulando condiciones tropicales de almacenamiento (30 °C de temperatura y 82 por ciento de humedad relativa) y bajo condiciones controladas (4 °C de temperatura y 45 por ciento de humedad relativa), encontraron que la germinación bajo las condiciones controladas se mantuvo constante durante los 9 meses de almacenamiento; bajo condiciones tropicales simuladas la germinación disminuyó a partir del primer mes con valores menores del 80 por ciento a partir de los 6 meses,

esto fue asociado a la degradación de azúcares solubles, a una mayor degradación de la germinación.

La conservación eficaz del maíz, al igual que la de otros cereales y leguminosas alimenticias, se basa esencialmente en las condiciones reinantes durante el almacenamiento, en los componentes físicas, químicas y biológicas del grano, en la duración del almacenamiento y por último, en el tipo y características funcionales del local de almacenamiento.

Los maíces con alto contenido en proteínas que se derivaron del gen mutante opaco o2o2, expresado en condición homocigótica recesiva que determina mayor cantidad de lisina y triptofano (Mertz *et al.*, 1964), los cuales contienen hasta 100 por ciento más de esos aminoácidos esenciales que los maíces normales, les confiere un alto valor nutritivo que estaba ligado con características indeseables de la semilla como son: textura suave, bajo peso y poca resistencia a enfermedades y plagas de almacén limitando el uso de los mismos, sin embargo los investigadores Surinder K. Vasal y Evangelina Villegas, mediante técnicas de mejoramiento tradicionales, incorporaron genes modificadores de la textura del grano del maíz opaco 2, por lo que en la década de los ochenta se obtuvo lo que se llama ahora maíz con alta calidad en proteína QPM (Vasal, 1994). Actualmente el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT) ha desarrollado líneas con alto contenido en proteínas que rinden igual o mejor que los maíces normales además se comportan muy similar a estos bajo condiciones no adecuadas de almacén (CIMMYT, 2004).

Humedad Relativa

Dentro de los principios básicos de conservación que Harrington (1973) condensa en diez preceptos y que pueden ser la base para un programa de conservación de semilla, menciona que la humedad relativa es más importante que la temperatura, para ello realizó pruebas de germinación en Trébol carmesí y en sorgo, haciendo diferentes combinaciones de humedad relativa y temperatura, observo que al almacenar semilla de los diferentes cultivos con humedades relativas y temperaturas bajas, la germinación de la semilla se mantuvo a niveles altos que cuando hubo diferencia de 20 por ciento o mas de humedad relativa pues la germinación se ve afectada en forma drástica a través del tiempo.

Al someter la semilla de trigo y cebada a 30 °C de temperatura y 75 por ciento de humedad relativa por un periodo de 20 semanas, Filipenco (1985), encontró que la germinación y la tasa de germinación, declinaron marcadamente con mayor velocidad a partir de la onceava semana y la actividad de la peroxidasa disminuyó en trigo y aumentó en cebada.

Moreno *et al* (1994a) evaluando la viabilidad de quince variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) almacenadas en dos ambientes 75 y 85 por ciento de humedad relativa y contenidos de humedad de las semillas en un rango de 8.5 a 9.7 por ciento, encontró que, en el ambiente del 75 por ciento, a los 60 días no hubo diferencias en la germinación de las semillas, además hubo baja incidencia de *Aspergillus glaucus*, a los 120 días ya hubo

diferencia en viabilidad entre variedades y se incremento la presencia del patógeno, a los 180 días solamente siete variedades presentaron germinación de 85 por ciento y el rango de invasión del patógeno fue de 44 a un 100 por ciento. En el ambiente de 85 por ciento, evaluando a los 30, 60 y 90 días, encontraron que a los 60 días solamente dos variedades tenían germinación aceptable y una alta incidencia del hongo, a los 90 días todas las variedades tenían bajo poder germinativo, menor del 58 por ciento e incidencias del patógeno de 75 a un 100 por ciento. En ambos ambientes, la presencia del patógeno y la baja germinación estuvo asociado al incremento del contenido de humedad de las semillas, es decir a medida que se eleva la humedad relativa se incrementa el contenido de humedad de las semillas, se presentan los patógenos de almacén y por ende el deterioro de la semilla se acelera.

Temperatura

Relacionando el contenido de humedad de la semilla y la temperatura de almacenamiento con la longevidad, Harrington (1973), sugirió dos reglas básicas, por cada uno por ciento que se disminuya, el contenido de humedad de las semillas se duplica su longevidad (en un rango de 5 a 14 por ciento de contenido de humedad de las semillas) y por cada 5.5 °C que se disminuya la temperatura de almacenamiento se duplica la longevidad de las semillas. Por lo tanto, la temperatura es otro de los principales factores del medio que deben ser tomados en cuenta en el almacenamiento de las semillas. La disminución de la viabilidad de las semillas se retarda con bajas

temperaturas que con temperaturas altas y aunque este principio se aplica generalmente, incluso cuando la temperatura del medio de almacenamiento este por debajo de cero grados, dichas temperaturas (refrigeración) son utilizadas solamente en el caso de almacenamiento especial de lotes de semillas de alto valor como el germoplasma. Durante la preservación de la semilla se le ha dado poca importancia a la temperatura de almacenamiento por si sola, normalmente su efecto nocivo se asocia con los altos contenidos de humedad de las semillas (Moreno, *et al.*, 2000).

En estudios específicos evaluando este factor, estos mismos autores encontraron que al almacenar semilla de maíz con contenidos de humedad de 11.2, 13.2 y 13.9 por ciento, cada una con tres temperaturas de almacén: 4 , 25 y 35 °C por un periodo de 210 días. La semilla almacenada a 4°C no presentó problemas de germinación a los 180 días independiente del contenido de humedad; la semilla almacenada a 25°C y con un contenido de humedad del 11.2 por ciento fue similar a la de 4°C, pero cuando la humedad fue de 13.9 por ciento la germinación disminuyó al 8 por ciento a los 210 días. La temperatura de 35°C tuvo un efecto desecante sobre las semillas, pues la semilla que se almacenó a 11.2 por ciento de contenido de humedad a los 180 días disminuyó a 9.7 por ciento con una germinación de 87 por ciento, la germinación disminuyó a 37 por ciento a los 210 días, esto nos muestra el efecto negativo de las temperaturas de almacenamiento de 25°C y 35°C, sobre la viabilidad, aun cuando los contenidos de humedad de las semillas eran relativamente bajos.

El control de las temperaturas durante el almacenamiento a corto plazo y de los excedentes de las partidas de las semillas, se consigue por medio de ventilación conjuntamente con la refrigeración, dependiendo de la temperatura exterior.

Hongos de Almacén

Estos hongos son los que crecen bajo las condiciones en que normalmente se almacena granos y las materias primas que se utilizan en la elaboración de alimentos para el hombre y los animales domésticos, las principales especies son de *Aspergillus* y *Penicillium*, los más frecuentes son los del primer género, los pertenecientes a los grupos, *Aspergillus restrictus*, *A. glaucus*, *A. flavus*, *A. candidus*, *A. versicolor* y *A. ochraceus*, son en total 18 grupos con 132 especies. Los hongos de almacén requieren humedades relativas de 65 por ciento a 90 por ciento, dando un contenido de humedad de la semilla de los cereales de entre 13 y 20 por ciento (con base al peso húmedo). Estos hongos causan diversos daños a los granos y semillas almacenados, siendo los más sobresaliente; la reducción del poder germinativo de las semillas, el ennegrecimiento de los embriones y la producción de micotoxinas (Christensen y Kaufmann, 1969 y Moreno, 1988).

Christensen (1955) midió algunos cambios ocurridos en el maíz almacenado durante dos años con contenidos de humedad de 14,5 y 15,2 por ciento y a temperaturas de 12, 20 y 25°C. Los cambios se evaluaron en lo referente a la invasión de hongos, el porcentaje de germinación y el valor final de acidez lipídica. Las muestras almacenadas a 25°C se deterioraron

rápidamente en ambos niveles de contenido de humedad. Las características de las muestras con un contenido de humedad del 15,2 por ciento se vieron alteradas ligeramente al cabo de seis meses a 12°C, pero fueron considerablemente alteradas una vez transcurridos dos años. El maíz almacenado con un contenido de humedad del 14,5 por ciento mantuvo su condición originaria al ser guardado a 12°C. durante el período de dos años y sólo cambió levemente al cabo de año y medio a 20°C. Se observó una gran variabilidad de la interacción insectos-hongos.

Trabajando con grano de trigo (*Triticum aestivum*) almacenado durante ocho meses en ollas de barro, Singh *et al.*, (1986) encontraron un alto porcentaje de invasión por hongos de almacén, presentándose en mayor proporción *Aspergillus flavus*, a ello se le atribuyó la disminución de lípidos y el aumento de ácidos grasos libres; ambos son conocidos como indicadores bioquímicos del deterioro del grano.

Shama *et al.*, (1988) reportaron que *Aspergillus flavus* y *Penicillium* sp. Causaron una reducción en la germinación y el vigor de la semilla de garbanzo (*Vigna unguiculata* L. Walp) , esta reducción se debió a la presencia de daño en la radícula, retardo en el desarrollo del sistema radicular, pudrición de la semilla, doblez de la primera hoja; todo esto causado por *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp. además de lo anterior causo daño en la plúmula y el hipocotilo así como un marchitamiento rápido en los cotiledones.

Tratamiento Químico a la Semilla

De acuerdo al tipo de control, los fungicidas fueron clasificados como, desinfestantes, desinfectantes y protectores por Leukel (1953); como erradicantes, protectores y sistémicos por Wain y Carter (1977). Los desinfestantes son aquellos que eliminan a los organismos que son transportados en la superficie de la semilla. Los desinfectantes o erradicantes, limitan la penetración y por lo tanto son efectivos contra las infecciones establecidas. los protectores evitan la infestación de la semilla por los organismos que se encuentran en los restos de las plantas y en el suelo (Jeffs, 1986).

Para proteger la semilla de los hongos de almacén se han realizados varios trabajos en México en diferentes cultivos y específicamente en maíz. Moreno y Ramírez (1982), observaron que los fungicidas en semilla de maíz H-412, tratada con benomil, captan, clorotalonil, carbendazim-m, captafol y tiabendazol, almacenada en una humedad relativa de 85 por ciento y a 25 °C, reportaron buena protección de la viabilidad durante 80 días, sin embargo a los 120 días, sólo la semilla tratada con captan, presentó una germinación mayor del 80por ciento, en semilla inicialmente invadida por hongos de almacén, mientras que en semilla inicialmente libre de hongos de almacén, a los 120 días de almacenamiento, las semillas tratadas con los fungicidas captan, clorotalonil, carbendazim-m y captafol presentaron porcentajes de germinación mayores del 80 por ciento. No

crecieron hongos de almacén en semillas tratadas con los diferentes fungicidas.

Moreno y Ramírez (1983), en semillas de maíz del híbrido H-412, almacenada 150 días a 85 por ciento de humedad relativa y 26°C, observaron buena protección contra hongos de almacén y por lo tanto de la viabilidad, en la semilla tratada con, benomil, captafol, captan, chlorotalonil y carbendazim-m en dosis de 375 y 750 ppm, así como en mezclas de ellos, en dosis de 375 ppm de cada uno de los componentes, sin embargo el benomil aplicado a la semilla en dosis de 375 ppm no ejerció protección. Estos mismos autores (1985) usando los mismos productos mas tiabendazol, pero, además agregando una variedad sintética (VS-524), encontraron respuesta diferencial en cuanto a captan, captafol y chlorotalonil y la misma respuesta para benomil y carbendazin-m. Para tiabendazol presentó una germinación baja (23 por ciento) a los cien días de almacenada.

Moreno *et al.*, (1987), trabajando en semilla de maíz del híbrido H-412, almacenada en condiciones favorables para el desarrollo de los hongos de almacén, encontraron buena protección contra tales hongos, por parte de los fungicidas , captan, clorotalonil, benomil y tiabendazol, sin embargo la semillas tratadas con los dos últimos, mostraron una viabilidad baja.

En trabajos realizados en semilla de trigo, Rivera (1991), encontró que los tratamientos químicos que protegieron a la semilla durante los 120 días de almacenamiento, a una humedad relativa de 85 por ciento y a 25 °C de

temperatura fueron los de clorotalonil, captan y Carboxin mas captan, esto fue debido a que impidieron el desarrollo de hongos de almacén, los cuales fueron los causantes de la baja germinación de la semilla.

Asi mismo Moreno *et al.*, (1994) evaluaron el efecto del Carbendazim-m sobre los hongos para mantener la viabilidad de la semilla de dos líneas de maíz una tolerante y una susceptible a las condiciones desfavorables de almacenamiento (80 por ciento de humedad relativa) y por un periodo de 150 días, encontraron que ambos tipos de semilla tratada con el fungicida no hubo presencia de hongos de almacén, sin embargo en la semilla no tratada si hubo presencia de hongos del grupo *Aspergillus glaucus* desde los 50 días de almacenamiento, en la línea susceptible se presento en un 100 por ciento y en la tolerante en un rango de 69 a 98 por ciento. La germinación en la línea susceptible en la semilla tratada y no tratada fue baja, ya a los 50 días tenían 52 y 29 por ciento respectivamente. Se concluyó, que la línea susceptibles pierden la viabilidad debido al proceso de deterioro propio de la semilla, por la humedad de la semilla, la temperatura y además por la actividad de los hongos de almacén.

En el mismo trabajo de investigación estos autores evaluaron seis líneas de maíz almacenadas a 75 y 80 por ciento de humedad relativa y por un periodo de 210 días, además realizaron una prueba comparativa de almacenamiento entre una variedad de maíz y una de cebada ambas tratadas con Carbendazim-m y almacenadas a 80 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura y almacenada por 45 días, encontraron que

en el ambiente del 75 por ciento a los 140 días de almacenada tuvieron un rango de germinación de 86 a 91 por ciento, excepto una línea que tuvo germinaciones de 9 por ciento desde los 70 días de almacenada.

Los niveles de invasión de hongos estuvieron en un rango de 4 (línea de baja germinación) y 33 por ciento, esta misma línea que presentó germinación baja en el ambiente del 75 por ciento se presentó igual en el de 80 por ciento (12 por ciento de germinación), pero a los 30 días de almacenada, además en este mismo periodo se presentaron invasiones de *Aspergillus glaucus* de 63 a 84 por ciento. Al comparar la semilla tratada y no tratada de maíz y cebada encontraron que la cebada mantuvo la germinación en la semilla tratada y no tratada en 94 y 91 por ciento de germinación respectivamente, durante los 45 días de almacenamiento, no así la semilla de maíz que solamente en la que se trató con Carbendazin-m mantuvo la germinación en 93 por ciento. Los niveles de invasión de *Aspergillus glaucus* solamente se presentaron en la semilla no tratada en ambas especies (maíz en un 91 por ciento y cebada en un 84 por ciento), esto demuestra el efecto protector del fungicida.

Otro grupo de fungicidas tales como captan, chlorotalonil, pentachloronitrobenzene, thiran y una mezcla comercial de captan más carboxin fue probado por Moreno *et al* (1998) para ver el efecto protector en semilla almacenada de trigo con baja y alto contenido de humedad, por un periodo de 120 días y con 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura en el ambiente de almacén, encontraron que bajo esas

condiciones hubo efecto protector de los fungicidas, el efecto del chlorotalonil duro hasta los 75 días con 82 por ciento de germinación, captan a los 60 días y carboxin mas captan hasta los 45 días (81 por ciento de germinación). Estos mismos fungicidas realizaron efecto protector con semilla almacenada con alto contenido de humedad (18.2 a 18.7 por ciento), los niveles de *Aspergillus glaucus* y *ochraceus* durante los 120 días tuvieron en 0 por ciento y *Penicillium* sp en captan en 7 por ciento. Con bajo contenido de humedad todos los fungicidas realizaron acción protectante.

Las investigaciones realizadas, demuestran que algunos de los diferentes tratamientos químicos utilizados para la protección de la semilla de maíces del tipo normal, almacenada bajo condiciones extremas de humedad relativa y temperatura, han realizado efectos protectante contra patógenos de almacén en periodos cortos de 30 a 60 días o incluso mayores de 180 días, manteniendo la calidad fisiológica de la semilla, esto es una alternativa eficaz que se podría experimentar bajo las condiciones de Nicaragua con maíces con otras características como los de alto contenido en proteínas.

Calidad de las Semillas

En un programa de producción de semilla, la calidad de la semilla es el objetivo más importante, ella se obtiene como resultado de la interacción entre diversos factores en las etapas de investigación, multiplicación, producción, acondicionamiento y almacenamiento. Dentro de cada etapa ha

permanecido un esfuerzo por parte de investigadores a nivel mundial con la finalidad de alcanzar una máxima expresión en sus cuatro componentes, calidad genética, fisiológica, sanitaria y física (Rivera, 1991).

La calidad de las semillas puede expresarse, como un nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por ellas mismas, solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable, de ahí que la semilla pueda ser superior, buena, mediana o pobre en calidad (Bustamante ,1998).

Germinación

La germinación de la semilla en una prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es capaz o no de desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (ISTA, 1996).

Lo que se hace con la prueba de germinación es evaluar el por ciento de semilla viable, en términos de habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables; la capacidad de germinación es el índice de calidad mas usado (Bustamante, 1993).

El objetivo de una evaluación es, obtener información con respecto al valor de la semilla con propósitos agrícolas, así mismo la capacidad germinativa raramente será capaz de predecir el desempeño de la semilla en

el campo, donde las condiciones pueden variar de optimas a extremadamente adversas (McDonald, 1975).

La calidad fisiológica de la semilla lleva atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y emerger rápidamente, para producir plántulas vigorosas y uniformes, bajo condiciones de campo. Esta calidad esta determinada por factores, genéticos, fisiológicos, patológicas y ambientales, siendo como la mayoría de los sistemas de vida, un proceso inexorable, irreversible y progresivo (Delouche, 1986).

Longitud de Plúmula

La longitud de una plúmula después de un periodo específico, es el producto del tiempo que toma en germinar, es decir, el crecimiento inicial y la subsecuente tasa de crecimiento, y es medida mas adecuadamente que una tasa o velocidad, la cual requiere de observaciones frecuentes para establecer una selección y no es fácilmente expresado para una población de semillas.

Cuando las plántulas en un ensayo de germinación muestran todas sus estructuras esenciales y un desarrollo balanceado, son consideradas plántulas normales, las cuales son reportadas como la capacidad de germinación. En ello no es tomado en cuenta, la tasa de germinación o crecimiento, ni la fuerza o la velocidad de la plántula. Diferencias en estos criterios entre lotes de semilla, son considerados indicadores de vigor, por lo

que examinando la tasa de germinación y el crecimiento de plántula bajo condiciones de la prueba de germinación estándar, pueden ser usados para evaluar el vigor de las semillas.(ISTA, 1987).

Gill (1969), trabajando con semilla de maíz encontró que la medición del crecimiento de las plántulas fue muy sensible y consistente para reflejar el deterioro de la semilla, así mismo Abdulkaki y Anderson (1972), realizando pruebas de medición de la raíz y su relación con el deterioro, encontraron que el crecimiento de la parte radicular y de la parte aérea (plúmula) o ambas, se pueden usar como una medida del deterioro en semillas, que junto a la prueba de germinación, proporcionan una mejor cuantificación de la calidad de un lote de semillas.

Huber y McDonal (1982), evaluando pruebas de germinación y vigor en semilla de cebada, observaron que, semillas de alto vigor, se reflejaba una alta longitud de plúmula, comparándolas con semilla de medio y bajo vigor.

La longitud media de plúmula obtenida al final de un periodo y comparada con un valor testigo de alto vigor, permite calificar el vigor de diferentes lotes. En el ensayo que es prácticamente una prueba de germinación, la medida del crecimiento de la plúmula, es el criterio de vigor a evaluar (Ortegón y Bustamante, 1993).

Peso Seco de Plúmula

Knitte y Burris (1976) evaluando el efecto de la maduración de la semilla de maíz con respecto al vigor encontraron que el peso seco fue la característica mas confiable para predecir el vigor de las plántulas, debido posiblemente a que refleja la cantidad de reservas almacenadas en el grano.

Everson (1978), menciona que el peso seco puede usarse como una prueba de vigor de plántulas, estos resultados están muy relacionados con los encontrados por Huber y McDonal (1982), evaluando pruebas de germinación y vigor en semilla de cebada, ya que las semillas de alto vigor, tienden a producir mayor peso seco.

Descripción de los Fungicidas Utilizados

Captan

N-(Triclorometiltio)-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida, es un excelente fungicida de bajo costo y amplio espectro usado como protectante, erradicante de 82 cultivos, entre los que podemos mencionar maíz, sorgo y trigo. Es relativamente no toxico para las plantas, de baja toxicidad para los mamíferos, compatible con la mayoría de los fungicidas y no está sujeto a la resistencia por los patógenos. Esta registrado para su uso en maíz en los Estados Unidos por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente.

Captan es aplicado en formulaciones en un 20 a 75 por ciento como polvo, 30 a 75 por ciento mezclado con agua (W.P), 30 a 75 por ciento como concentraciones fluables y de 30 a 80 por ciento como concentraciones emulcificables. Suministra gran protección tanto a las plantas como en tratamiento a la semillas. Los granos pueden ser tratados en un equipo de tratamiento o en el saco donde se traslada la semilla para siembra. Este producto es usado como protector de semilla de cereales, además se usa para el control de manchas foliares, tizones, pudriciones de la raíz, fruto etc. Dentro de los fungicidas orgánicos no mercuriales, se encuentra el grupo de compuestos heterocíclicos y dentro de este encontramos al captan (Jeffs, 1986). Nombre comercial: Captan, Intercaptan, Biocaptan, Fluctan, Funcaptan, etc.

Carboxin

5,6-dihidro-2-metil-1,4-oxatin-carboxanilidad, esta preparado en un 25 por ciento como polvo humectable o en un 34 por ciento listo para usarse como solución, es compatible generalmente con los fungicidas usados para el tratamiento de semilla, especialmente thiram y captan . Es frecuentemente aplicado en el saco donde se traslada la semilla para siembra, es considerado no toxico para las plantas, esta aprobado por la EPA para su uso en el tratamiento de semilla de maíz en Estados Unidos.

Carboxin es aplicado para controlar o prevenir pudrición de semillas, de tallos (damping off), especialmente si es causada por *Rhizoctonia solani*.

Incluso es aprovechado su tratamiento en granos de maíz infestados con el carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*) aunque esto no ha sido efectivo en todos los lugares donde se ha aplicado (Jefferies, 1986). Nombre comercial: Carboxin.

Se encuentra en el grupo de las oxatinas que esta dentro de los fungicidas sistémicos, Schmeling y Kulka (1966), demostraron que las oxatinas actuaban en forma sistémica, este descubrimiento fue el más importante de la década de los sesentas, en relación al combate de ciertas enfermedades, tales como los carbonos voladores del trigo y la cebada. Estos compuestos son particularmente efectivos contra los Basidiomicetes, entre ellos los causantes de las royas y los carbonos voladores.

Vitavax

Es una mezcla de captan mas carboxin para ampliar su espectro de control, pertenece al grupo de las oxatinas, también es un producto sistémico para tratamiento de semilla de maíz, es efectivo para el control de Damping off y algunas especies de *Fusarium* (Jefferies, 1986). Nombre comercial: Vitavax, Furavax, Terravax etc.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Área Experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en la Unidad de Investigación de Granos y Semillas (UNIGRAS), de la Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán Izcallí, Estado de México, que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Material Genético

Para el presente trabajo se utilizaran dos híbridos de maíz de cosecha reciente y de diferente textura de grano uno es el H-520 (normal) usado comercialmente y el otro es el H-553 con alto contenido en proteínas, caracterizado como QPM, liberado recientemente para uso comercial (Sierra *et al.*, 2004). Estos genotipos se clasificaron por tamaños y formas, tomando como referencia para la evaluación el plano medio (22/64") y el plano chico (20/64") .

Tratamientos Químicos

A los dos híbridos de maíz se le aplicaron las dosis de fungicidas recomendadas comercialmente, para ver el efecto protector de los mismos sobre la semilla (Cuadro 3.1). La semilla fue tratada en frascos de vidrio por separado, con el producto químico y 25 mililitros de agua por kilogramo de semilla. La aplicación de los fungicidas se hizo independiente para cada unidad experimental de 250 semillas.

Cuadro 3.1. Dosis de los fungicidas utilizados en el tratamiento químico a la semilla de maíz QPM y Normal.

Producto	Dosis (g de i.a.t⁻¹)
Captan	1250
carboxin	800
Vitavax	750
Testigo	Sin tratamiento

Tiempo y Condiciones de Almacenamiento

La semilla de los dos genotipos, se almacenó por un periodo de 180 días bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura. Para el almacenamiento del 75 por ciento de humedad relativa, se utilizó una solución sobresaturada de cloruro de sodio (NaCl) y para la humedad relativa del 85 por ciento, una solución sobresaturada de sal a base de cloruro de potasio (KCl) (Winston y Bates, 1960). Las 288 unidades

experimentales de los dos ambientes, de 250 semillas cada una (48 por mes/ 6 meses), fueron colocadas en cestas de plástico perforadas y estas a su vez se distribuyeron al azar en las cámaras de plástico que conformaban cada uno de los ambientes del almacén, además estas se sellaron con cinta masquing tape, para que la solución sobresaturada de sales actuara correctamente. Las muestras fueron evaluadas cada 30 días con 12 repeticiones por tratamiento.

Contenido de Humedad de las Semillas

Para la determinación del contenido de humedad de las semillas, (Cuadro 3.2) se utilizó el método de secado de la estufa de una etapa (Moreno,1996) . Se pesaron las cajas de metal de 5 cm de diámetro y de 1.5 a 3 cm de altura; después se colocaron en ellas de 5 a 10 gramos de la semilla entera, se taparon las cajas e inmediatamente se pesaron. Una vez que se pesaron las cajas y la semilla, se quitaron las tapas y sobre éstas se colocaron las cajas dentro de la estufa, que fue previamente ajustada para mantenerse a 103 °C durante 72 horas. Después del periodo de secado, se procedió a tapar las cajas dentro de la estufa, se colocaron en el desecador conteniendo silica gel, para permitir su enfriamiento sin que ganara humedad, una vez frías se pesaron. La determinación del contenido de humedad se hizo con tres repeticiones y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100 = \% \text{ de humedad (con base en peso húmedo)}$$

En donde:

P1 = Peso en gramos de la caja.

P2 = Peso en gramos de la caja y la semilla húmeda.

P3 = Peso en gramos de la caja y de la semilla después del secado en la estufa.

Cuadro 3.2. Contenido de humedad inicial y germinación de la semilla de los híbridos de maíz.

Híbrido	Contenido de Humedad (%)	Germinación (%)
H- 553 (Genotipo 1)	12.70	98.00
H- 520 (Genotipo 2)	12.50	99.50

Resultados obtenidos de contenido de humedad, promedio de cuatro repeticiones

Resultados obtenidos de Germinación, promedio de cuatro repeticiones.

Variables Evaluadas

Germinación

Se realizó de acuerdo a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 1996), para lo cual se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas en toallas de papel húmedo, que se enrollaron para formar las llamadas muñecas o tacos. Posteriormente se llevo a cabo la incubación a 25°C, se realizó conteo a los siete días, se registraran plántulas normales, plántulas anormales y las semillas no germinadas (muertas).

Longitud Media de Plúmula

Este método es aplicable a las plántulas que presentan una plúmula recta como en los cereales. La siembra de la semilla debe quedar hacia el lado del papel y con la plúmula apuntando hacia arriba, en ángulos rectos con relación a las líneas horizontales trazadas en papel. Se prepararon cuatro repeticiones con 25 semillas cada una, para cada prueba. Las muñecas se preparan con dos hojas de papel, una debajo de la semilla y la otra cubriéndola. Una vez que se cubrió la semilla con la toalla húmeda, se dobla hacia arriba una franja de dos centímetros de la parte basal y luego se enrollaron las toallas en sentido perpendicular a las líneas horizontales. Las muñecas o tacos se colocaron en bolsas de plástico para mantener la humedad dentro de una incubadora a 25°C, sin luz y con alta humedad relativa.

La prueba duró siete días, realizándose un solo conteo a los siete días después de la siembra. Al finalizar la prueba se contaron las plúmulas de las plántulas normales que se encontraban en cada par de líneas paralelas las cuales tienen valores de uno, tres, cinco, siete, nueve, once y trece centímetros. El número de plúmulas que quedaron entre cada línea se multiplicó por la correspondiente distancia y se suma, dividiendo la longitud total entre el número de semillas, es decir 25 (ISTA, 1996) de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$L = (n \times 1) + (n \times 3) \dots \dots \dots (n \times 13) / 25$$

L = Longitud media de plúmula en cm.

n = Número de plúmulas entre dos paralelas.

x = Distancia del punto medio de paralela a línea central.

Las plántulas clasificadas como anormales se excluyen del conteo

Peso Seco de Plúmula

Para evaluar esta variable, las plántulas son desprendidas del mesocotilo (la plúmula), éstas se depositaron en bolsas de papel de 6 cm de ancho por 14 cm de largo aproximadamente, estas se colocaron en la estufa y se secaron a 65 °C por 24 horas, para luego pesarse en una balanza analítica de precisión (0.001 g). Se peso la bolsa con la plúmula seca y después solo la bolsa. Por diferencia se obtiene el peso seco de plúmula y se expresa el resultado en miligramos por planta.

Sanidad

Para determinar los patógenos presentes en el interior de las semillas, se utilizaron 12 semillas por repetición (cuatro repeticiones para cada tratamiento química). Estas se desinfectaron superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio al 2 por ciento por un periodo de un minuto, posteriormente se lavaron con agua estéril. Las semillas se sembraron en placas de malta-sal-agar (MSA) (Christensen y Meronuck, 1976), al 6 por ciento de cloruro de sodio. El periodo de incubación fue de siete días a 27 °C

de temperatura. Todo esto se realizó bajo condiciones de asepsia en la cámara de flujo laminar, posteriormente se identificaron y cuantificaron los tipos de patógeno. Para el caso de *Aspergillus* se determino por grupos y para el caso de *Penicillium* por genero.

Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, con doce repeticiones y con arreglo en Parcelas Subdivididas, considerando como la parcela grande a los muestreos, las parcelas medias a los genotipos y las parcelas chicas a los tratamientos químicos.

Análisis Estadístico

Para cada periodo de almacenamiento se realizó un análisis de varianza, bajo el diseño antes mencionado, el cual funciona bajo el siguiente modelo estadístico. Para analizar toda la información que se generó de los periodos de almacenamiento y diferentes humedades relativas, se utilizó el modelo de parcelas sub - sub divididas y se llevo a cabo mediante el paquete estadístico SAS. En donde consideramos lo siguiente: (A) son los periodos de almacenamiento, (B) las humedades relativas, (C) los genotipos y (D) los tratamientos.

Modelo Lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + E(a) + T_j + TH_{ij} + E(b) + Q_k + QH_{ik} + QT_{ij} + QTH_{ijk} + E_{ijkl}.$$

Donde :

Y_{ijk} = Valor observado.

μ = Efecto de la media.

H_i = Efecto de muestreos.

E(a) = Efecto del error de parcela grande.

T_j = Efecto de los genotipos.

TH_{ij} = Efecto de la interacción genotipo-muestreos.

E(b) = Efecto del error de parcela media.

Q_k = Efecto de los tratamientos.

QH_{ik} = Efecto de la interacción tratamientos-muestreos.

QT_{ij} = Efecto de la iteración tratamientos-genotipos.

QTH_{ijk} = Efecto de la interacción tratamientos-genotipos-muestreos.

E_{ijkl} = Efecto del error experimental.

Comparación de medias DMS

Para la comparación de medias de las variables evaluadas de los tratamientos se utilizo la formula siguiente:

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

S^2 = Es el cuadrado medio del error.

r = Es el número de repeticiones.

t = Es el valor tabular de (t) para los grados de libertad del error.

Adicionalmente se realizaron correlaciones entre pares de variables así como un análisis de regresión lineal simple, la cual puede ser descrita mediante el siguiente modelo:

$$\hat{y} = \alpha + \beta(x) + \epsilon$$

\hat{y} = Observación de la variable dependiente.

α = Intercepto.

$\beta(x)$ = Coeficiente de regresión (pendiente de la línea de regresión).

ϵ = Error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1, se presentan los cuadrados medios y significancia de los factores e interacciones de las variables germinación estándar, plántulas anormales, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, en la semilla almacenada por 180 días bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C. Los resultados mostraron alta significancia ($P < 0.01$) en todas las fuentes de variación; excepto para la interacción muestreo*ambiente*tratamiento en la variable longitud media de plúmula y la interacción ambiente*muestreo*genotipo*tratamiento en la variable germinación estándar, las cuales mostraron diferencia al 0.05 de probabilidad.

Con base en estos resultados, donde se observan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los ambientes de 75 y 85 por ciento de humedad relativa, así como en la magnitud de sus cuadrados medios en todas las variables evaluadas, se procedió a discutir por separado cada uno de estos ambientes, para tratar de explicar el fenómeno observado.

El efecto de altas humedades relativas en el almacenamiento está bien documentado ya que Delouche, (1978), demostrando los preceptos de

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en calidad fisiológica de semilla de maíz, Almacenada por 180 días a 75 y 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura.

Fuentes de variación	gl	Germinación Estándar	Plántulas Anormales	Longitud Media de Plúmula (cm)	Peso seco de plúmula (mg/plta)
Muestreo	5	21938.777 **	9709.676 **	697.810 **	1758.178 **
Error	66	31.099	0.556	1.226	2.102
Ambiente	1	46773.588 **	19.652 **	1566.545 **	4920.220 **
Mues*Amb	5	3043.894 **	5.347 **	191.072 **	892.747 **
Error	66	34.860	1.013	0.763	1.324
Genotipo	1	1587.008 **	49.396 **	294.463 **	422.409 **
Mues*Gen.	5	238.412 **	5.696 **	45.788 **	62.773 **
Amb*Gen.	1	1689.632 **	4.052 **	7.528 **	7.996 **
Muest*Amb*Gen	5	121.402 **	1.457 **	5.190 **	15.061 **
Error	128	29.573	0.637	0.961	2.143
Tratamientos	3	5690.960 **	1.131 **	149.466 **	327.525 **
Muest*Tra.	15	255.339 **	1.318 **	4.118 **	11.942 **
Amb*Tra.	3	3459.920 **	16.056 **	26.653 **	89.493 **
Gen*Trat.	3	563.529 **	0.462 **	3.071 *	7.094 **
Mues*Amb*Tra.	15	194.203 **	2.475 **	4.709 *	11.846 **
Amb*Gen*Tra.	3	719.191 **	3.075 **	11.707 **	25.296 **
Mues*Gen*Tra.	15	99.116 **	41.464 **	2.707 **	5.877 **
Amb*Mues*Gen*Tra	30	77.056 *	0.801 **	2.365 **	5.018 **
Error	768	36.027	15.413	0.891	1.714
C.V		7.48	34.01	11.07	1.37

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

almacenamiento de Harrington (1973), donde se menciona que la humedad relativa es mas importante que la temperatura y haciendo diferentes combinaciones de estos factores atmosféricos, de tal forma que la suma aritmética absoluta de ellos fuera mayores que 100, reportó en sorgo y en trébol carmesí que la germinación de la semilla de ambas especies se mantuvo a niveles altos (90 por ciento o mas) por 12 meses, cuando se almacenó a temperatura y humedad relativa bajas, que cuando hubo diferencias del 20 por ciento o mas en la humedad relativa, la germinación

se vio afectada a través del tiempo, en el sorgo 47 por ciento y el trébol 12 por ciento a los cuatro meses de almacenados.

Almacenamiento de Semilla 75 por ciento de Humedad Relativa

Germinación

En esta variable se observa como el porcentaje de germinación disminuyo mas rápidamente en el genotipo uno (QPM) que en el genotipo dos (normal) durante todo el período de almacenamiento (Figura 4.1) asi mismo, en la semilla sin tratamiento químico a los 90 días de almacenamiento, el maíz QPM se aproxima al 85 por ciento de germinación, mientras que los tratamientos químicos la preservaron por mas días, con una ligera ventaja presentada por el uso del captan.

En el maíz normal el efecto de los tratamientos químicos, retraso en aproximadamente un mes la obtención de un 85 por ciento de germinación cuando se compara con el testigo normal y de aproximadamente dos meses cuando este es comparado con el testigo QPM, mostrando asi la bondad en el uso de protectantes químicos tal como lo han señalado Moreno *et al.*, (1994), los cuales evaluaron seis líneas de maíz normal almacenadas a 75 y 80 por ciento de humedad relativa y a 25 °C , por un periodo de 210 días y tratada con Carbendazim-m en dosis comercial, encontraron que en el

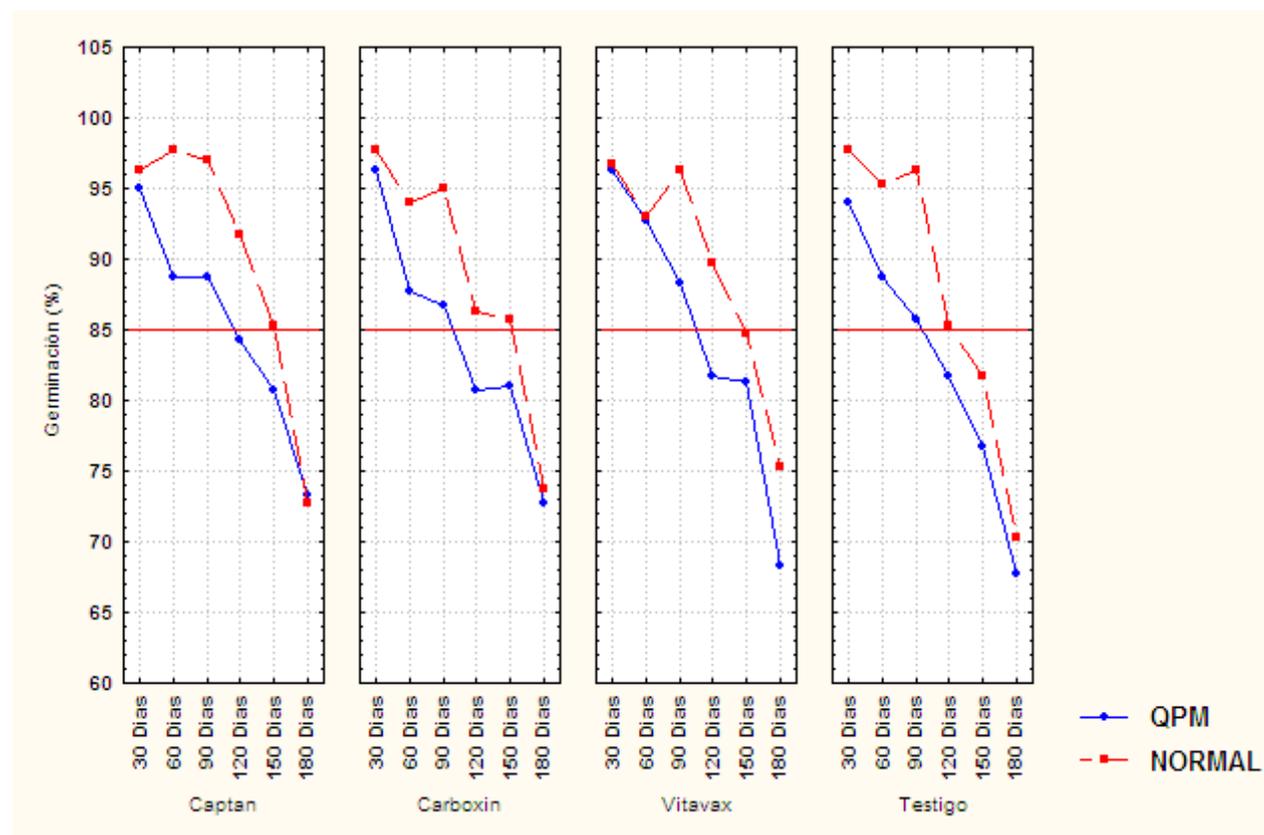


Figura 4.1. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la germinación de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de humedad relativa.

ambiente de 75 por ciento a los 140 días de almacenada la semilla tuvieron un rango de germinación de 86 a 91 por ciento, corroborando el efecto de protección del tratamiento químico, excepto una línea que tuvo germinación de 9 por ciento desde los 70 días de almacenada.

Se observó en forma general que el maíz QPM pierde mas rápidamente su poder germinativo que el maíz de endospermo normal, de tal manera que el QPM presento germinaciones menores del 85 por ciento después de los 120 días de almacenamiento, en tanto el maíz normal lo hace hasta los 150 días, siendo mas notoria la perdida de germinación al final del periodo de almacenamiento en el tratamiento químico a la semilla con vitavax para el QPM, en tanto que en el normal, lo presento el tratamiento químico con captan aunque se encuentran en un mismo grupo de significancia (Cuadro A.1).

La disminución de la germinación no es atribuible al efecto protectante o no de los funguicidas, si no que la perdida de viabilidad de la semilla es dada por los periodos de almacenamiento y las condiciones de humedad relativa y temperatura presentes en el almacén.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación concuerdan con lo reportado por Rincón (1989) y Tavera (1990), los cuales mencionan, que la semilla reduce la germinación a medida que el periodo de almacenamiento es mayor. Sin embargo, se debe considerar que la

declinación de la viabilidad ocurre de diferentes formas entre los distintos tipos de semilla de maíz, aun bajo condiciones normales de almacén y de acuerdo a las condiciones en que se conserve la semilla, las pérdidas de viabilidad pueden ser variables (Moreno *et al.*, 1978).

Plántulas Anormales

El comportamiento de las plántulas anormales (Figura 4.2) es diferente con respecto a la germinación, los valores menores se presentaron al inicio del periodo de almacenamiento. Como se observa en el maíz QPM el por ciento de plántulas anormales se va incrementando de forma más acelerada a través de todo el periodo de almacenamiento que el maíz normal, alcanzando valores del 15 por ciento de anormalidad mas rápidamente al final del periodo de almacenamiento en los tratamientos químicos aplicados a la semilla que el maíz normal.

En el testigo, el maíz normal alcanzó valores de 15 por ciento después de los 150 días de almacenada la semilla no así el testigo QPM que después de los 120 días presentó valores mayores de 15 por ciento de plántulas anormales, es decir sin tratamiento químico el maíz normal alcanza un mes mas con anormalidades menores del 15 por ciento.

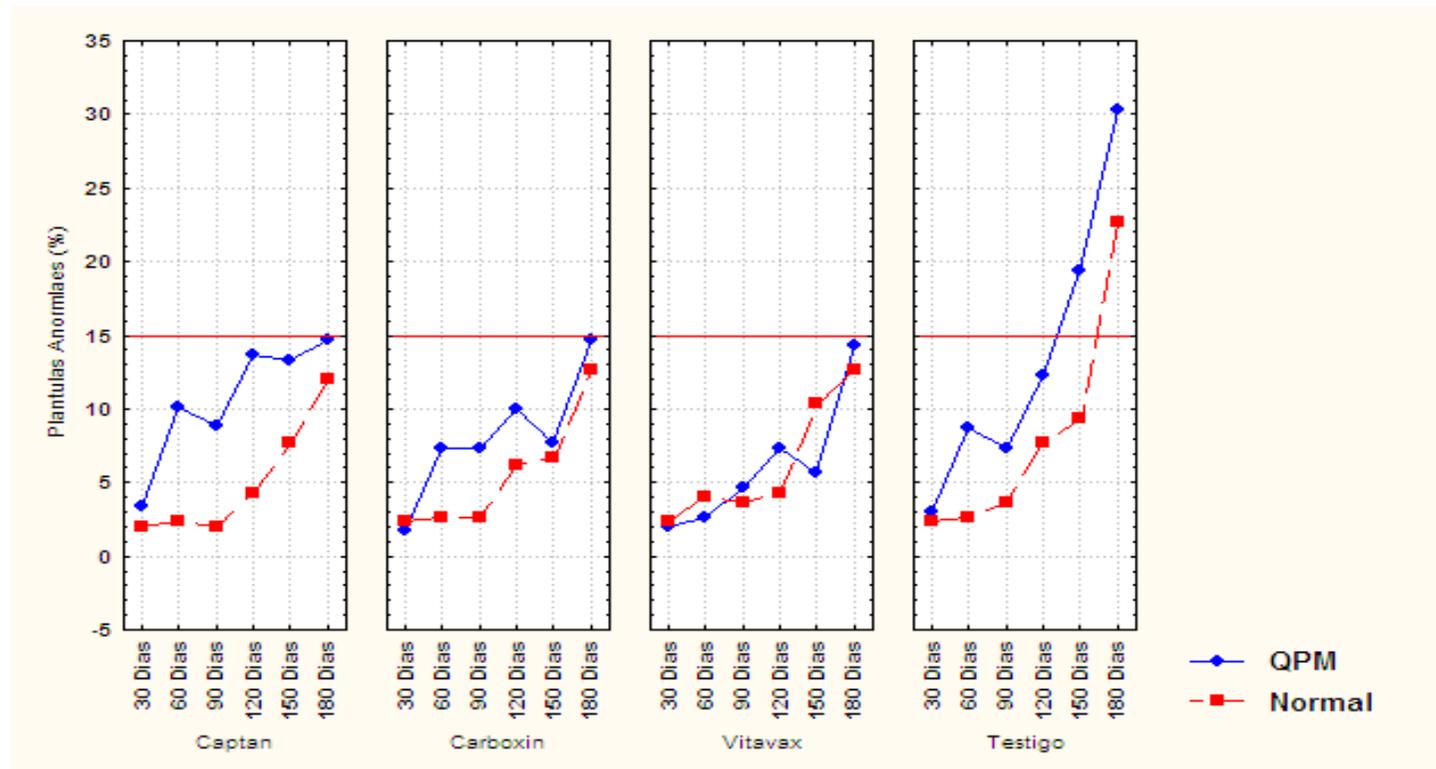


Figura 4.2. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en plántulas anormales de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de humedad relativa.

Al final del periodo de almacenamiento tanto el maíz normal como el QPM se encuentran en un mismo grupo de significancia, excepto el testigo en el maíz normal (Cuadro A.2). El tratamiento químico a la semilla que realizó un mejor efecto protectante en ambos genotipos fue el vitavax.

Longitud Media de Plúmula

En esta variable (Figura 4.3), que se evaluó en la prueba de germinación estándar, se observa una disminución bien marcada de la longitud de plúmula en el genotipo QPM con respecto al genotipo normal, tomando valores de longitud de plúmula menores de 10 cm durante todo el período de almacenamiento en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla, excepto a los 30 días, donde la longitud plúmula toma valores mayores de 10 cm. En el testigo solamente a los 30 días toma valores de longitud de plúmula de 10 cm. Es importante observar una ligera ventaja del vitavax sobre el carboxin, al tomar valores constantes próximos a 10 cm o mas de longitud de plúmula, preservando la viabilidad hasta los 120 días de almacenada la semilla. excepto a los 30 días, donde la longitud plúmula toma valores mayores de 10 cm. En el testigo solamente a los 30 días toma valores de longitud de plúmula de 10 cm. Es importante observar una ligera ventaja del vitavax sobre el carboxin, al tomar valores constantes próximos a 10 cm o mas de longitud de plúmula, preservando la viabilidad hasta los 120 días de almacenada la semilla.

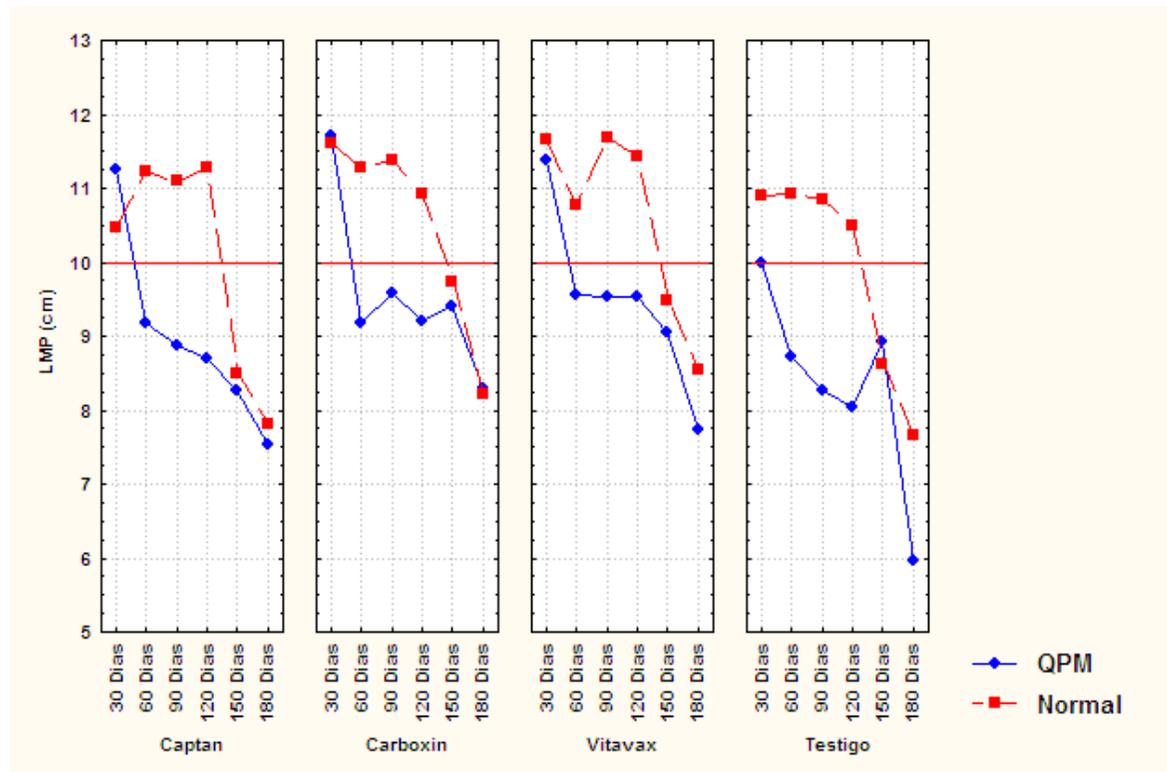


Figura 4.3. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la longitud media de plúmula (cm) de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de humedad relativa

En el maíz normal el efecto de los tratamientos químicos sobre la longitud de plúmula se prolonga tres meses mas con valores de 10 cm o mas en el captan y hasta los 150 días con la semilla tratada con carboxin y vitavax que todavía se mantuvo próximos a los 10 cm de longitud de plúmula al compararlo con el maíz QPM. Al final del periodo de almacenamiento se observa en general que el maíz QPM pierde mas rápidamente su viabilidad que el maíz normal, de tal manera que el QPM presento longitudes de plúmula menores después de los 30 días de almacenamiento en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla, en tanto, el maíz normal lo hace después de los 120 días, siendo mas notoria la disminución de la longitud media de plúmula al final del periodo de almacenamiento en el tratamiento químico a la semilla con captan en ambos genotipos, sin embargo se encuentran en un mismo grupo de significancia (Cuadro A.3).

Peso Seco de Plúmula

Esta variable como se observa (Figura 4.4), presenta correspondencia con la longitud de plúmula donde existe una disminución bien marcada del peso seco de plúmula en el genotipo QPM con respecto al genotipo normal, tomando valores de peso seco menores de 98 mg/plta durante todo el período de almacenamiento en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla, excepto a los 30 días, donde el peso seco toma valores mayores

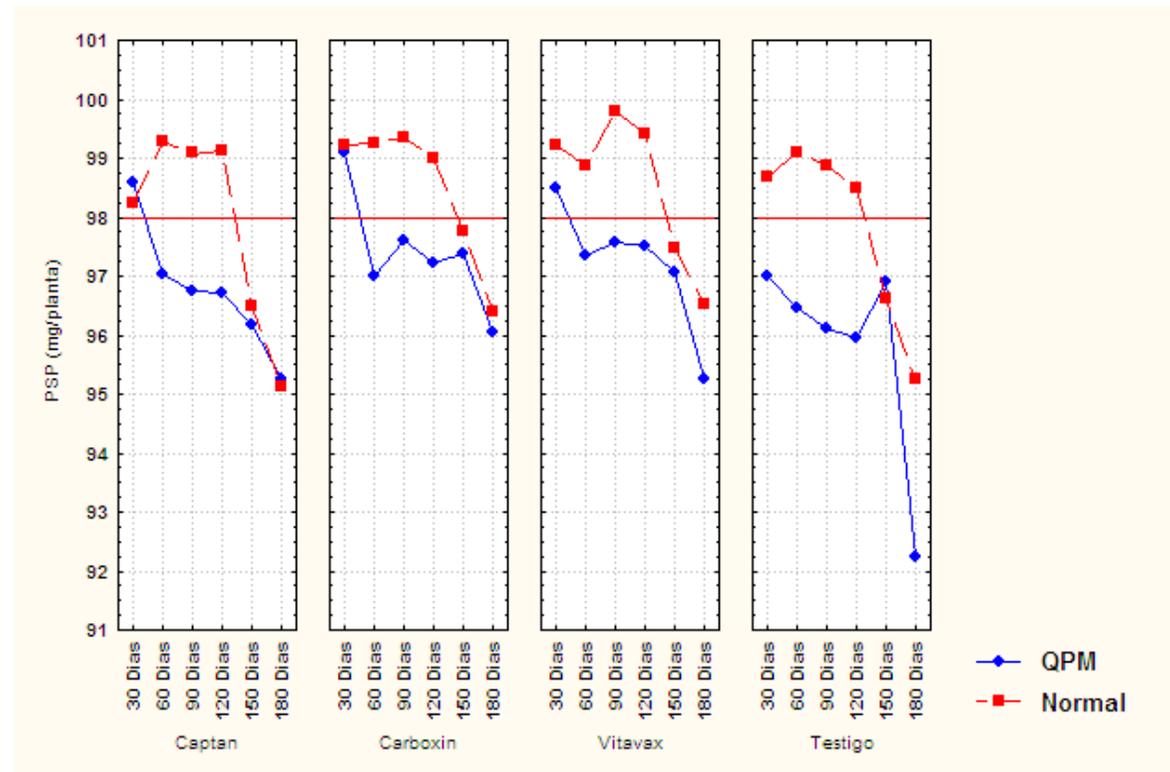


Figura 4.4. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en peso seco de plúmula (mg/planta), de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 75 % de HR.

98 mg/plúmula. En el testigo toma valores menores a 98 mg/plta durante todo el periodo de almacenamiento, además se observa una ligera ventaja del vitavax sobre el carboxin, al tomar valores próximos a 98 mg/plta mas constantes de peso seco de plúmula, preservando la viabilidad hasta los 120 días de almacenada la semilla.

En el maíz normal, el efecto de los tratamientos químicos sobre el peso seco de plúmula se prolonga tres meses y días en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla con valores mayores de 98 mg/plta o mas, incluido el testigo, incluso se pudo observar que en el tratamiento con carboxin y vitavax casi alcanza los 150 días al compararlo con el maíz QPM.

Al final del periodo de almacenamiento se observa en general que el maíz QPM, disminuye su peso seco mas rápidamente que el maíz de endospermo normal, de tal manera que el QPM presento valores de peso seco menores de 98 mg/plta, después de los 30 días de almacenamiento, en tanto el maíz normal lo hace después de los 120 días, es decir ya aproximándose a los 150 días, siendo mas notoria la disminución de la longitud media de plúmula al final del periodo de almacenamiento en el tratamiento químico a la semilla con captan en ambos genotipos, sin embargo se encuentran en un mismo grupo de significancia en el maíz QPM y con significancia estadística entre el captan y el carboxin y el vitavax en el maíz normal (Cuadro A.4).

Sanidad

La prueba para detectar hongos de almacén consistió en la observación directa de las colonias de patógenos en las unidades experimentales, en el periodo de 30 a 90 días de almacenada la semilla tratada con fungicida (Cuadro 4.2), no hubo presencia de hongos en ambos genotipos, pero si en la semilla del testigo donde se presentó el grupo *Aspergillus glaucus*. El genotipo uno (QPM) alcanzó 31.3 por ciento de semilla invadida a los 60 días y en el genotipo dos (normal) 10.4 por ciento a los 90 días. En el muestreo a los 90 días de almacenada la semilla se presentó en niveles muy bajos el género *Penicillium* con 6.3 por ciento en el QPM y 4.2 por ciento en maíz normal, ambos en la semilla sin tratamiento químico (testigo).

En el periodo de 120 a 180 días (Cuadro 4.3), básicamente continúa igual al periodo anterior, donde no hay presencia de patógenos en la semilla tratada con los fungicidas evaluados, pero si en la semilla del testigo, lo que demuestra el efecto protector de cada uno de ellos. En el genotipo uno, en el testigo a los 120 días se presentaron los hongos *Aspergillus glaucus* y *Penicillium* con valores de 19.7 y 12.5 por ciento y a los 150 días con valores de 31.3 y 10.4 por ciento respectivamente. El genotipo dos alcanzó valores de *A. glaucus* y *Penicillium* sp. de 35.4 y 14.6 por ciento a los 120

Cuadro 4.2. Germinación, Contenido de Humedad de las Semillas (C.H.S) y Micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 75 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 180 días.

		Periodos de Almacenamiento (días)											
		30				60				90			
Genotipo	Tratamientos	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Penicilliu. (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Penicilliu. (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Penicilliu. (%)
G1 QPM	1 Captan	13.05	95.0 A/C	0.0	0.0	13.60	88.67 E/I	0.0	0.0	13.81	88.67 E/I	0.0	0.0
	2 Carboxin	12.78	96.3 AB	0.0	0.0	13.42	87.67 G/I	0.0	0.0	13.70	86.67 HI	2.1	0.0
	3 Vitavax	12.93	96.3 AB	0.0	0.0	13.62	92.67 B/F	0.0	0.0	13.85	88.33 F/I	2.1	0.0
	4 Testigo	13.03	94.0 A/D	6.3	0.0	13.63	88.67 E/I	31.3	0.0	13.90	85.67 H/J	22.9	6.3
G2 Normal	1 Captan	12.60	96.3 AB	0.0	0.0	13.20	97.67 A	0.0	0.0	13.71	97.00 AB	0.0	0.0
	2 Carboxin	12.55	97.7 A	2.1	0.0	13.32	94.00 A/D	2.1	0.0	13.62	95.00 A/C	8.3	0.0
	3 Vitavax	12.59	96.7 AB	0.0	0.0	13.24	93.00 B/E	0.0	0.0	13.68	96.33 AB	0.0	0.0
	4 Testigo	12.58	97.7 A	2.1	0.0	13.12	95.33 A/C	2.1	0.0	13.59	96.33 AB	10.4	4.2

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

C.H.S = Promedio de tres muestras.

Micoflora = Promedio de cuatro muestras

días y de 20.8 por ciento y 16.7 por ciento a los 150 días respectivamente. Al final del periodo de almacenamiento, el maíz normal sin tratamiento químico mostró la presencia de *A. glaucus* y *Penicillium* sp, con valores de 22.9 y 47.9 por ciento; la germinación fue de 70.33 por ciento y se mantuvo con niveles aceptables hasta los 150 días de almacenada la semilla con 81.7 por ciento. En el maíz QPM sin tratamiento químico, la presencia de los dos patógenos estuvo en los niveles mas elevados, a 18.8 y 77.1 por ciento respectivamente, esta situación provocó una bajo en la germinación hasta 67.67 por ciento en relación a la semilla almacenada a los 120 días quien registro un 81.67 por ciento.

Los tratamientos químicos que realizaron un mejor efecto de protección en la germinación de la semilla hasta los 150 días de almacenamiento, bajo condiciones de 75 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, en niveles aceptables de acuerdo a los normas de certificación de Nicaragua (80.0 por ciento de germinación como mínimo) fueron, en el QPM vitavax con 81.33 por ciento, el carboxin con 81 por ciento. y el captan con 80.67 por ciento y en el genotipo dos todos los tratamientos químicos realizaron efecto protectante a la semilla, el carboxin con 85.67 por ciento, muy próximo el captan con 85.33 por ciento, seguido del vitavax con 84.67 por ciento humedad. La disminución de la germinación en todo el periodo de almacenamiento en los tratamientos químicos evaluados, se debió probablemente, al proceso de deterioro normal de la semilla y a las condiciones ambientales en que se almacenó (75 por ciento

Cuadro 4.3. Germinación, Contenido de Humedad de las Semillas (C.H.S) y Micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 75 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 180 días.

Periodos de Almacenamiento (días)													
		120				150				180			
Geno	Tratamiet.	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau (%)	Penicilliu (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. Glau. (%)	Penici lliu. (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp.. glau (%)	Penicilliu (%)
G1 QPM	1 Captan	14.02	84.33 I/L	2.1	0.0	14.15	80.67 L/M	0.0	0.0	14.37	73.33 NO	0.0	0.0
	2 Carboxin	13.98	80.67 LM	0.0	0.0	14.17	81.00 K/M	0.0	0.0	14.43	72.67N/P	0.0	0.0
	3 Vitavax	14.03	81.67 J/L	0.0	0.0	14.22	81.33 J/L	0.0	0.0	14.46	68.33 PQ	0.0	0.0
	4 Testigo	14.06	81.67 J/L	19.7	12.5	14.23	76.67MN	31.3	10.4	14.34	67.67 Q	18.8	77.1
G2 Norma I	1 Captan	13.93	91.67 C/G	0.0	0.0	14.08	85.33 H/K	0.0	0.0	14.28	72.67 N/P	0.0	0.0
	2 Carboxin	13.84	86.33 HI	0.0	0.0	14.04	85.67 H/J	2.1	2.1	14.22	73.67 NO	0.0	0.00
	3 Vitavax	13.95	89.67 D/H	16.7	2.1	14.08	84.67 I/L	0.0	0.0	14.24	75.33 N	0.0	0.0
	4 Testigo	13.90	85.33 H/K	35.4	14.6	14.04	81.67 J/L	20.8	16.7	14.19	70.33°Q	22.9	47.9

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

C.H.S = Promedio de tres muestras.

Miflora = Promedio de cuatro muestras

.de humedad relativa y 25 °C de temperatura), el cual incremento el contenido de humedad de la semilla de 12.70 por ciento inicial en el genotipo uno (QPM) y 12.50 por ciento en el genotipo dos (normal), a una media de 14.42 por ciento en el genotipo uno y de 14.25 por ciento, en el genotipo dos al final del periodo de almacenamiento, además esto favoreció la presencia de los hongos de almacén que afectan la viabilidad acelerando los procesos metabólicos dentro de ella, lo cual incrementa su deterioro.

Almacenamiento 75 por ciento de Humedad Relativa

Regresión Lineal y Correlación,

Cuadro 4.6. Ecuación de regresión para los genotipos evaluados a 75 % de humedad relativa para cada una de las variables.

Variable	Genotipo	Ecuación de Regresión
Germinac.	QPM	$y = 99.45 - 0.151^* X + E$
	Normal	$y = 105.06 - 0.0153^* X + E$
Plántulas Anormales	QPM	$y = 1.155 + 0.075^* X + E$
	Normal	$y = - 2.099 + 0.079^* X + E$
Long. Med. Plúmula	QPM	$y = 11.019 - 0.019^* X + E$
	Normal	$y = 12.441 - 0.021^* X + E$
Peso Seco Plúmula	QPM	$y = 98.626 - 0.018^* X + E$
	Normal	$y = 100.343 - 0.012^* X + E$
Contenido Hum. Sem.	QPM	$y = 12.89 + 0.009^* X + E$
	Normal	$y = 12.504 + 0.011^* X + E$
Aspergillus glaucus	QPM	$y = 4.125 + 0.014^* X + E$
	Normal	$y = 0.024 + 0.044^* X + E$
Penicillium	QPM	$y = - 6.145 + 0.0101^* X + E$
	Normal	$y = - 3.646 + 0.072^* X + E$

Con los resultados obtenidos en la ecuación de regresión para cada una de las variables en el almacenamiento de 75 por ciento , se corroboran los resultados ya mostrados anteriormente, en donde los valores de los interceptos nos muestran (Cuadro 4.6), que para la variable germinación, el maíz normal presento mayor porcentaje de germinación y una menor disminución de la pendiente que el maíz QPM durante todo el periodo de

almacenamiento, es decir, el porcentaje de germinación en el maíz normal fue menos afectado que en el maíz QPM.

En plántulas anormales los valores de los interceptos fueron mayores en el maíz QPM que el del maíz normal, es decir el QPM presentó mayor cantidad de anomalías que el maíz normal. En longitud media de plúmula, el maíz normal presentó mayor longitud que el maíz QPM como se observa en sus interceptos y ambos tuvieron una disminución de la pendiente similar, de la misma forma para el peso seco, el maíz normal mostró valores mayores que el QPM, además la disminución de la pendiente es menor en el maíz normal que en el QPM. En el contenido de humedad los incrementos de humedad en las semillas fue mayor en el QPM que en el normal, debido posiblemente al menor contenido inicial de humedad en la semilla en el maíz normal.

Para el caso de los patógenos presentes dentro de la semilla comparando el grupo *Aspergillus glaucus* y el género *Penicillium* se encontró que en el maíz normal hubo mayor invasión de los hongos del grupo *A. glaucus* y del género *Penicillium* como lo reflejan los valores de los interceptos y de la pendiente, En general la incidencia del género *Penicillium* fue menor que el grupo *A. glaucus* a través de todo el periodo de almacenamiento de la semilla en ambos genotipos.

El análisis de correlación mostró en el maíz normal, que a medida que se incrementaron los días de almacenamiento disminuyó la germinación, el peso seco y la longitud de plúmula. Por otra parte la presencia de *Penicillium* afectó la germinación de la semilla de forma negativa ($r = - 0.47^*$), así como la longitud de plúmula ($r = - 0.44^*$) y peso seco de plúmula ($r = - 0.46^*$); y en plántulas anormales se presentó una relación positiva ($r = 0.69^*$), lo cual significa que el patógeno afectó la germinación y vigor, además *Penicillium* se relacionó con la presencia del grupo de hongos *Aspergillus glaucus* ($r = 0.71^*$).

En el maíz QPM en análisis de correlación demostró igual que en el maíz normal, que a medida que se incrementaba los tiempos de almacenamiento de la semilla, la germinación y vigor fue afectada de forma negativa, adicionalmente el género *Penicillium* afectó de forma negativa la germinación ($r = - 0.45^*$), la longitud de plúmula ($r = - 0.57^*$) y peso seco de plúmula ($r = - 0.74^*$); en plántulas anormales se presentó una relación positiva ($r = 0.37^*$) con la presencia de *Penicillium*, quien además se asoció con la presencia del grupo de hongos *Aspergillus glaucus* ($r = 0.41^*$).

Almacenamiento de Semilla 85 por ciento de Humedad Relativa

Germinación

En esta variable se observa como el porcentaje de germinación va disminuyendo mas rápidamente en el genotipo uno (QPM) que en el genotipo dos (normal) a medida que avanza el período de almacenamiento (Figura 4.5); asi mismo, la semilla sin tratamiento químico antes de los 60 días de almacenamiento en el maíz QPM presentó valores menores de 85 % de germinación, mientras que los tratamientos químicos la preservaron por mas días, con una ligera ventaja presentada por el uso del vitavax que preserva la germinación por mas de 60 días.

En el maíz normal el efecto de los tratamientos químicos, retraso en aproximadamente dos meses, la obtención de un 85 % de germinación cuando se compara con el testigo normal y QPM, con una ligero incremento de mas de dos meses con el tratamiento químico vitavax, mostrando asi la bondad en el uso de protectantes químicos tal como lo han señalado Moreno *et al.*, (1982, 1987), Moreno y Ramírez (1983), los cuales encontraron que en semilla de maíz normal tratada con diferentes fungicidas entre ellos el captan , en dosis comerciales y probando diferentes dosis en semillas almacenada en una humedad relativa de 85 % y una temperatura de 25 °C reportaron buena protección contra hongos de almacén y de la viabilidad, durante 80 días de almacenamiento. Se observa en forma general que el

maíz QPM pierde mas rápidamente su poder germinativo que el maíz normal, de tal manera que el QPM fue quien presentó germinaciones menores del 85 % antes de los 90 días de almacenamiento, en tanto el maíz normal lo hace hasta los 120 días, siendo mas notoria la perdida de germinación al final del periodo de almacenamiento en el tratamiento químico a la semilla con carboxin para ambos genotipos QPM y normal, aunque estén en un mismo grupo de significancia (Cuadro A.5).

Los resultados obtenidos bajo estas condiciones de 85 por ciento de humedad relativa, corroboran lo encontrado bajo condiciones de 75 por ciento de humedad relativa donde se observo que la disminución de la germinación no es atribuible al efecto protectante o no de los funguicidas si no que la perdida de viabilidad de la semilla es dada por los periodos de almacenamiento y las condiciones de humedad relativa y temperatura presentes en el almacén.

El producto químico que tuvo un mejor comportamiento como protector de la germinación hasta los 90 días de almacenada la semilla de maíz QPM fue el captan con 85.3 por ciento (Cuadro A.5), seguido del carboxin con 81.7 por ciento. En el maíz normal, el mejor fungicida fue el vitavax donde el efecto como protectante duro hasta los 120 días con 84.7 por ciento de germinación, seguido del captan con 81 por ciento de germinación.

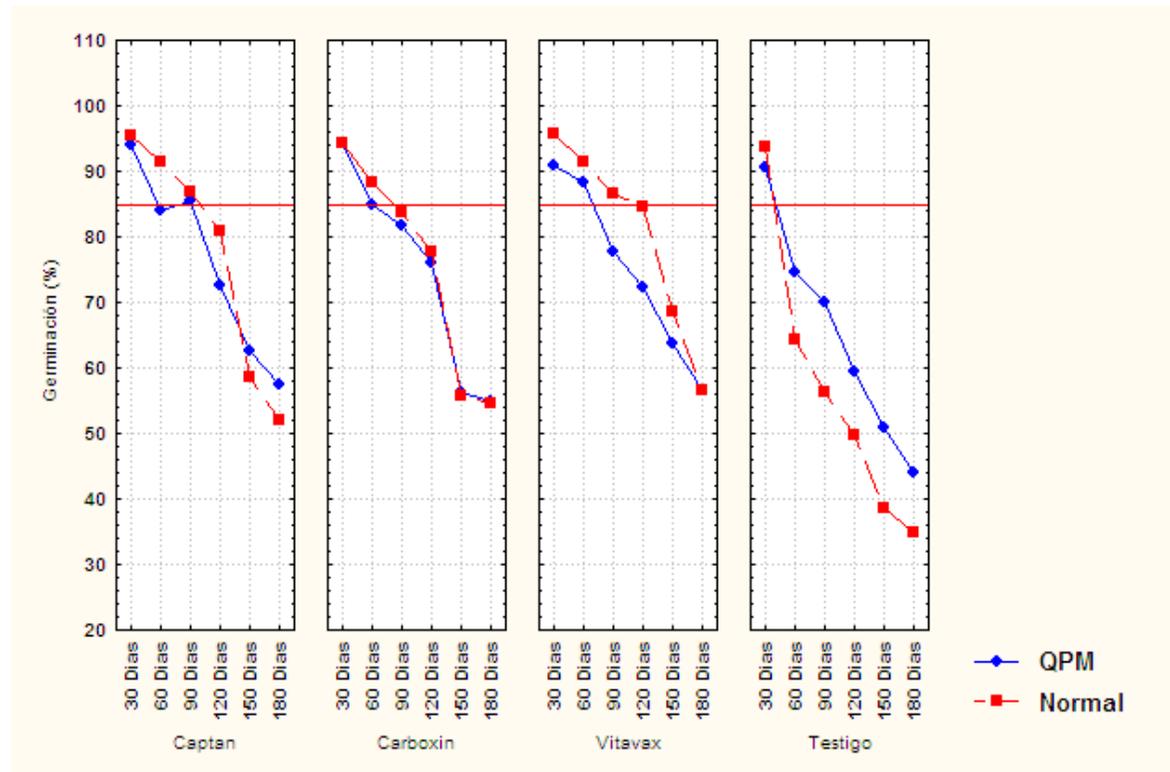


Figura 4.5. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en la germinación de la semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de humedad relativa

El testigo solamente presento germinación por encima del 80 por ciento a los 30 días de almacenada la semilla de maíz en ambos genotipos. El maíz normal fue el que duro mayor tiempo (120 días) de almacenamiento bajo condiciones de 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura.

Plántulas Anormales

El comportamiento de las plántulas anormales (Figura 4.6) como se observa, en el maíz QPM el por ciento de plántulas anormales se va incrementando mas rápidamente que en el maíz normal, tomando valores del 15 por ciento o mas de anormalidad después de los 120 días de almacenamiento en los tratamientos químicos aplicados a la semilla con captan, a los 90 días con carboxin y después de los 60 días con vitavax, sin embargo comparando los tratamientos químicos con el testigo se observó muy claramente el efecto protector de los mismos ya que este antes de los 60 días presentó anormalidades mayores del 15 por ciento.

En el maíz normal el efecto protector de los tratamientos químicos a la semilla duro poco mas los cuatro meses de almacenamiento con valores menores de 15 por ciento de plántulas anormales en el tratamiento químico con vitavax, el captan duro cuatro meses y el carboxin mas de tres meses, es decir al compararlo con el testigo el incremento de plántulas anormales por encima del 15 por ciento se presentó hasta aproximadamente tres

meses en el vitavax, dos meses y días con el captan y un poco menos de dos meses con el carboxin. En forma general se observa que el maíz QPM presenta mayor porcentaje de plántulas anormales que el maíz normal.

Al final del periodo de almacenamiento tanto el maíz normal como el QPM se encuentran en un mismo grupo de significancia, excepto con el captan en el maíz normal que tiene significancia estadística con el carboxin y el testigo (Cuadro A.6). El tratamiento químico a la semilla que realizó un mejor efecto protectante en el maíz QPM fue el captan y en el maíz normal fue el vitavax.

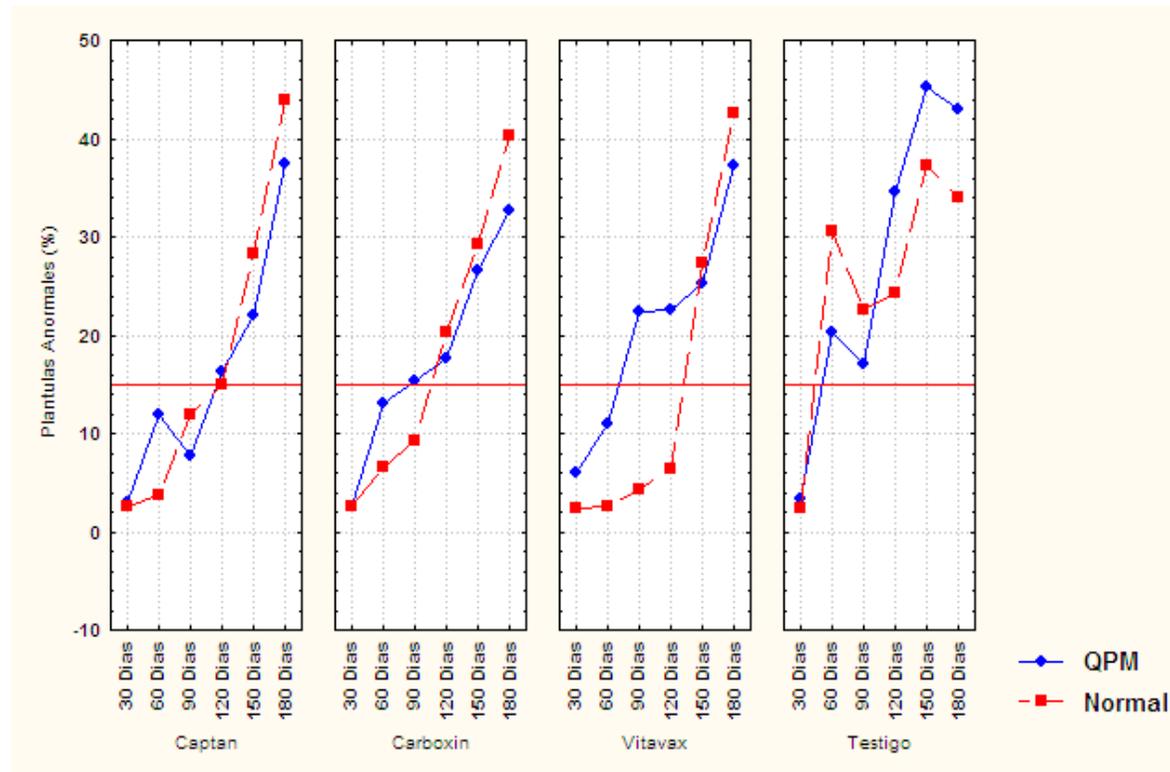


Figura 4.6. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en plántulas anormales de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de humedad relativa.

Longitud Media de Plúmula

En esta variable que se evaluó en la prueba de germinación estándar, se observa una disminución bien marcada de la longitud de plúmula en el genotipo QPM con respecto al genotipo normal (Figura 4.7), tomando valores de longitud de plúmula menores de 10 cm durante todo el período de almacenamiento en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla, excepto a los 30 días, donde la longitud de plúmula toma valores mayores de 10 cm. En el testigo antes de los 30 días toma valores de longitud de plúmula menores de 10 cm. Es importante observar una ligera ventaja del vitavax y el carboxin sobre el captan, al tomar valores más próximos a 10 cm de longitud de plúmula, preservando un poco más la viabilidad de los 30 días de almacenada la semilla.

En el maíz normal, el efecto de los tratamientos químicos sobre la longitud de plúmula se prolonga aproximadamente tres meses con valores de 10 cm o más en el tratamiento químico a la semilla con vitavax, hasta aproximadamente los 90 días con carboxin y posterior a los 60 días con captan. Después de los 120 días de almacenamiento se observa que el maíz normal pierde más radicalmente su viabilidad que el maíz QPM, en donde existe una descendencia muy brusca en las líneas de la figura en este maíz, sin embargo el QPM presenta longitudes de plúmula menores de 10 cm después de los 30 días de almacenamiento, en todos los tratamientos

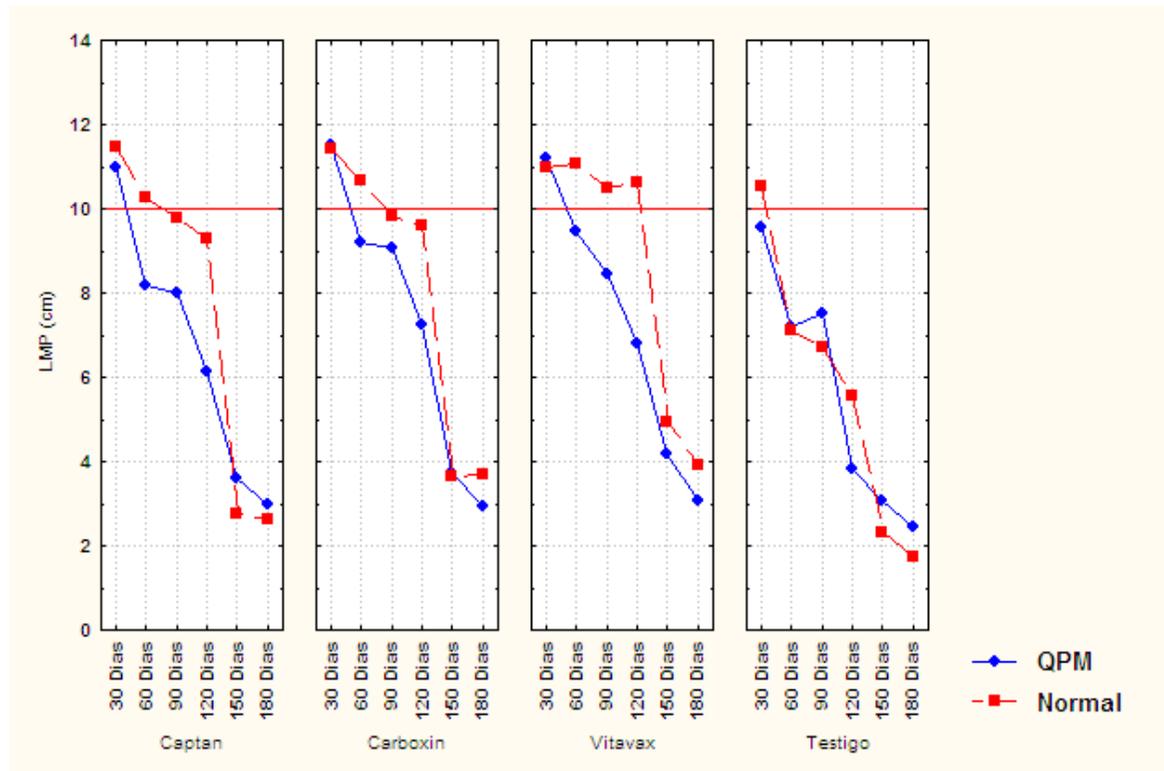


Figura. 4.7. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en longitud media de plúmula de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de humedad relativa.

químicos aplicados a la semilla , siendo mas notoria la disminución de la longitud media de plúmula al final del periodo de almacenamiento en el tratamiento a la semilla con captan en ambos genotipos, sin embargo se encuentran en un mismo grupo de significancia (Cuadro A.7). En el testigo en ambos genotipos, hubo un comportamiento similar, las líneas de la figura interactúan.

Peso Seco de Plúmula

Esta variable como se observa en la figura 4.8, hay una disminución del peso seco de plúmula en el genotipo QPM con respecto al genotipo normal, tomando valores de peso seco menores de 98 mg/plta durante todo el período de almacenamiento en todos los tratamientos químicos aplicados a la semilla, excepto a los 30 días, donde esta variable toma valores mayores.

En el testigo toma valores menores a 98 mg/plta durante todo el periodo de almacenamiento, además se observa una ligera ventaja del carboxin sobre el vitavax y el captan, al tomar valores próximos a 98 mg/plta de peso seco de plúmula, preservando la viabilidad un poco mas de 30 días de almacenada la semilla.

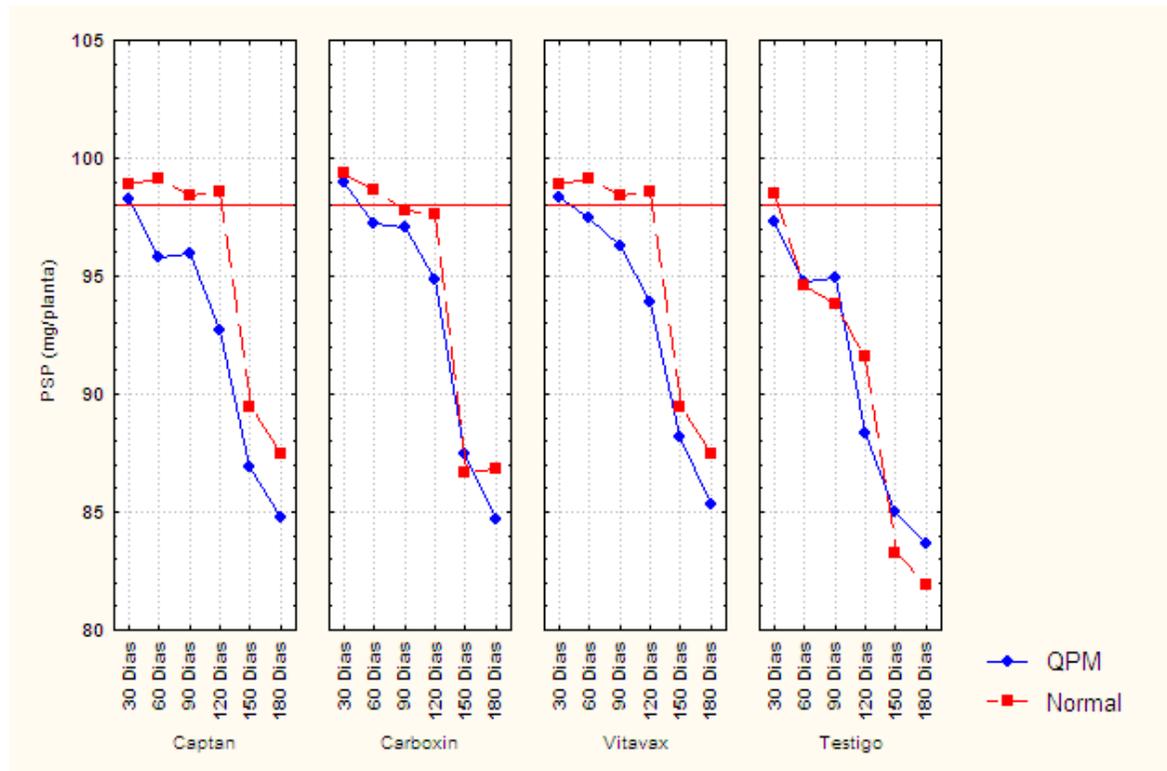


Figura 4.8. Efecto de los tratamientos químicos evaluados y el periodo de almacenamiento en peso seco de plúmula de semilla de maíz QPM y normal, bajo condiciones de 85 % de HR..

En el maíz normal el efecto de los tratamientos químicos sobre el peso seco de plúmula se prolonga tres meses y días en los tratamientos químicos con vitavax y captan con valores mayores de 98 mg/plta o mas; en la semilla tratada con carboxin dura aproximadamente dos meses al compararlo con el maíz QPM.

Al final del periodo de almacenamiento se observa en forma general que el maíz QPM, disminuye su peso seco mas rápidamente que el maíz normal, de tal manera que el QPM presentó valores de peso seco menores de 98 mg/plta, después de los 30 días de almacenamiento en todos los tratamientos químicos incluido el testigo, en tanto el maíz normal lo hace después de los 120 días, siendo mas notoria la disminución del peso seco de plúmula al final del periodo de almacenamiento en la semilla tratada con carboxin, similar al captan en maíz QPM, sin embargo se encuentran en un mismo grupo de significancia y con significancia estadística entre el captan, carboxin y el vitavax en el maíz normal (Cuadro A.8).

La pérdida de peso seco que es la tasa de crecimiento de plántulas que se relaciona con los procesos bioquímicas que intervienen en el vigor de la semilla, como se observó bajo las condiciones de 75 por ciento de humedad relativa, la calidad fisiológica de la semilla fue afectada por los periodos de almacenamiento

Sanidad

En el periodo de 30 a 90 días de almacenada la semilla (Cuadro 4.4), hubo presencia de hongos en ambos genotipos en el tratamiento con vitavax en el maíz QPM alcanzo niveles de infestación de *Aspergillus glaucus* a los 30 y 60 con 6.3 y 10.4 por ciento, en este mismo periodo en la semilla testigo se presento el grupo *Aspergillus glaucus*, pero con niveles que afectan la viabilidad de la semilla de 39.6 y 45.8 por ciento respectivamente. A los 90 días se presento además del grupo *Aspergillus glaucus* el genero *Penicillium* en la semilla tratada con vitavax con 10.4 por ciento en ambos patógenos y en semilla tratada con carboxin con 4.2 por ciento, con ambos patógenos esta presencia se considera baja, mientras que el testigo tuvo niveles de infestación de 58.3 y 18.3 por ciento respectivamente afectando la germinación de la semilla.

En el maíz normal durante los 30 días fue similar al maíz QPM en el tratamiento a la semilla con vitavax, mientras que en el testigo hubo presencia de *A. glaucus* con niveles de 2.1 por ciento (muy bajo) y 33.3 por ciento . A los 60 días la infestación del patógeno se presento en la semilla con carboxin con 8.3 por ciento, en semilla tratada con el vitavax se incremento a 10.4 por ciento y el testigo a 54.2 por ciento. A los 90 días igual que en el QPM, se exhibieron *Aspergillus glaucus* y *Penicillium* sp; el grupo *A. glaucus* se presento en todos los tratamientos (captan 4.2 por

Cuadro 4.4. Germinación, Contenido de Humedad de las Semillas (C.H.S) y Micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 180 días.

Periodos de Almacenamiento (días)													
30						60				90			
Geno	Tratamiet	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau (%)	Penici lliu (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp.g lau (%)	Peni- cillu. (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Penici- llium. (%)
G1 QPM	1 Captan	15.02	94.00 AB	0.0	0.0	15.59	84.00 DE	0.0	0.00	15.82	85.33 DE	0.0	0.0
	2 Carboxi	15.10	94.33 AB	0.0	0.0	15.59	85.00 DE	0.0	2.1	15.82	81.67 E/F	4.2	4.2
	3 Vitavax	15.11	91.00 A/C	6.3	0.0	15.59	88.33 C/D	10.4	0.0	15.81	77.67 F/G	10.4	10.4
	4 Testigo	15.13	90.67 B/C	39.6	0.0	15.62	74.67 G/I	45.8	0.0	15.80	70.00 I/J	58.3	18.3
G2 Norma I	1 Captan	15.03	95.33 AB	0.0	0.0	15.41	91.33 A/C	0.0	0.0	15.71	87.00 CD	4.2	4.2
	2 Carboxi	15.05	94.33 AB	0.0	0.0	15.43	88.33 CD	8.3	0.0	15.72	83.67 DE	16.7	0.0
	3 Vitavax	15.02	95.67 A	2.1	0.0	15.42	91.33 A/C	10.4	0.0	15.73	86.67 CD	2.1	2.1
	4 Testigo	14.99	93.67 AB	33.3	0.0	15.42	64.33 KL	54.2	0.0	15.78	56.33 OP	56.3	35.3

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

C.H.S = Promedio de tres muestras. Micoflora = Promedio de cuatro muestras.

por ciento, carboxin 16.7 por ciento y vitavax 2.1 por ciento) en niveles bajos y el testigo tuvo 56.3 por ciento; con *Penicillium*, los niveles de infestación fueron para el captan 4.2 por ciento, vitavax 2.1 y el testigo con 35.3 por ciento. Es importante observar que de los 60 a 90 días el porcentaje de germinación de la semilla en el maíz normal sin tratamiento químico esta es afectada por los patógenos, presentando 64.33 y 56.33 por ciento, no así en el maíz QPM que presento porcentajes de germinación de 74.67 y 70.00 por ciento. Los tratamientos químicos que realizaron un efecto protectante a la semilla del genotipo uno (QPM), manteniendo la germinación hasta los 90 días bajo estas condiciones de 85 por ciento de HR y 25 °C fueron, el captan con 85.33 por ciento y el carboxin con 81.67 por ciento. En el genotipo dos (normal) fue el captan con 87 por ciento, seguido del vitavax con 86.67 por ciento y finalmente el carboxin con 83.67 por ciento.

En el periodo de almacenamiento de 120 a 180 días (Cuadro 4.5), en el genotipo uno, hay presencia mínima de los dos patógenos en la semilla tratada con los fungicidas evaluados, los niveles de infestación van en rangos máximos de 4.2 por ciento a los 120 días a 10.4 por ciento a los 180 días. En el genotipo dos, se incrementa la presencia del patógeno en los tratamientos químicos evaluados en el grupo *Aspergillus glaucus*, los rangos máximos van de 20.8 (captan) a 18.8 por ciento (vitavax) y en *Penicillium*, los rangos máximos van de 12.5 por ciento en el captan a 45 por ciento en el vitavax. Es importante destacar que a los 120 días de almacenada la semilla los fungicidas, vitavax y captan mantiene niveles de germinación por encima del 80 por ciento con valores de 84.67 y 81 por ciento. En este

Cuadro 4.5 Germinación, Contenido de Humedad de las Semillas (C.H.S) y Micoflora de dos genotipos de maíz, almacenados a 85 % de humedad relativa y 25 °C de temperatura por un periodo de 180 días.

Periodos de Almacenamiento (días)													
		120				150				180			
Geno	Trata.	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau (%)	Peni cilliu (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Peni cilliu (%)	C.H.S (%)	Germ. (%)	Asp. glau. (%)	Penicilliu (%)
G1 QPM	1 Captan	16.07	72.7 H/J	0.0	2.1	16.28	62.67 L/N	0.0	2.1	17.07	57.5 O	4.2	0.0
	2 Carboxin	16.01	76.0 G/H	2.1	2.1	16.32	56.3 OP	2.1	4.2	17.11	55.0O/Q	6.3	6.3
	3 Vitavax	16.01	72.3 H/J	4.2	0.0	16.32	63.67LM	2.1	0.0	16.97	56.5 OP	4.2	10.4
	4 Testigo	15.98	59.3M/O	50.0	19.4	16.26	51.0 QR	47.9	16.7	17.06	44.0 S	14.6	43.8
G2 Norma I	1 Captan	15.96	81.0 EF	20.8	12.5	16.16	58.67NO	16.7	16.7	16.70	52.0 P/R	10.4	45.8
	2 Carboxin	16.03	77.7 FG	16.7	8.3	16.23	55.67°Q	8.3	16.7	16.77	54.7O/Q	14.6	41.7
	3 Vitavax	16.00	84.7 DE	2.1	2.1	16.29	68.67 JK	4.2	6.3	16.85	56.5 OP	18.8	45.0
	4 Testigo	16.01	49.7 R	43.8	41.3	16.36	38.67 T	50.0	40.8	16.96	35.0 T	41.3	56.50

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

C.H.S = Promedio de tres muestras.

Micoflora = Promedio de cuatro muestras

periodo el maíz normal presentó los niveles de germinación mas bajos en el testigo con 49.67, 38.67 y 35.00 por ciento, mientras que el maíz QPM presento, 59.33, 51 y 44 por ciento respectivamente.

La disminución de la germinación en todo el periodo de almacenamiento en los tratamientos químicos, se debió al proceso de deterioro normal de la semilla y a las condiciones ambientales en que se almacenó (85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura), el cual incremento el contenido de humedad de la semilla de 12.70 por ciento inicial en el genotipo uno (QPM) y 12.50 por ciento en el genotipo dos (normal (Cuadro 3.2) a una media de 17.05 por ciento en el genotipo uno y a una media en el genotipo dos de 16.77 por ciento al final del periodo de almacenamiento (Cuadro 4.5), esto además favoreció la presencia de *Aspergillus glaucus* y *Penicillium* sp. acelerando los procesos metabólicos dentro de ella, lo cual incrementa su deterioro. Para el testigo, los valores iniciales de contenido de humedad en la semilla se incrementaron en el genotipo uno hasta 17.06 por ciento y en el genotipo dos hasta el 16.96 por ciento, condiciones que son propicias para la presencia de hongos de almacén y sobre todo del genero *Penicillium*, afectando drásticamente la viabilidad de la semilla.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación tanto en el ambiente de 75 por ciento de humedad relativa como el de 85 por ciento donde se evaluaron germinación, plántulas anormales, longitud media de

plúmula, peso seco de plúmula y sanidad de la semilla, se encontró que en el ambiente de 75 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura los tres fungicidas, captan, carboxin y vitavax (captan + carboxin) presentaron acción protectante en los dos genotipos evaluados (QPM y normal). Sin embargo para germinación y plántulas anormales fue mejor el captan y el vitavax, el efecto de estos fungicidas se prolongo hasta los 150 días en el genotipo dos (normal) y en el genotipo uno (QPM) fue hasta los 120 días. Para las variables que determinan el vigor, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula los productos que mejores resultados fueron el vitavax y el carboxin, mostrando los mayores valores de las medias y significancia estadística.

En sanidad, todos los tratamientos químicos realizaron efecto protectante hasta los 150 días de almacenada la semilla contra los hongos *Aspergillus glaucus* y *Penicillium* sp, que son causantes del deterioro de la semilla, aunque el genotipo uno fue el mas susceptible, presento los porcentajes de germinación mas bajos, el vitavax con 81.33 por ciento el carboxin con 81 por ciento y el captan con 80.67 por ciento. En el genotipo dos fue superior la germinación en el carboxin con 85.67 por ciento.

En el ambiente de 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, igual que en el ambiente de 75 por ciento de H.R, los tres fungicidas, captan, carboxin y vitavax (captan + carboxin) presentaron acción protectante en los dos genotipos evaluados. En la variable

germinación estándar, el producto químico que tuvo un mejor comportamiento como protectante hasta los 90 días de almacenada la semilla de maíz QPM fue el captan seguido del carboxin

En el maíz normal el mejor fungicida fue el vitavax, el efecto protectante duro hasta los 120 días seguido del captan. En las plántulas anormales a partir de los 90 a los 180 días en el genotipo uno se presento significancia entre el vitavax y el captan a los 90 días, entre captan y vitavax con el carboxin a los 150 días. En el genotipo dos en el periodo de 30 a 180 días no hubo diferencia estadística entre los tratamientos químicos. En longitud media de plúmula, los valores de las medias a través de todos los periodos de almacenamiento fueron similares en ambos genotipos (normal) y (QPM) y los tratamientos químicos que mantuvieron los valores mas elevados para esta variable de los 30 a los 180 días en el genotipo dos (normal) fueron el vitavax a partir de los 60 días, seguido del carboxin.

En el genotipo uno (QPM) fue muy similar el comportamiento de las medias entre el carboxin y el vitavax. En el peso seco de plúmula, la prueba de medias no presento diferencia estadística entre los tratamientos químicos a los 30 días de almacenada la semilla en el genotipo uno (QPM), a los 60 días hubo diferencias entre el vitavax y carboxin con el captan, a los 90 días no hubo diferencias entre los tratamientos químicos, a los 120 días el carboxin y vitavax con el captan y a los 150 y 180 días no hubo diferencias entre los tratamientos químicos.

Con respecto al genotipo dos a los 30 días de almacenamiento no hubo significancia entre los tratamientos, a los 60 y 90 días no se presentaron diferencias entre las medias de los tratamientos químicos, a los 120 días se presentaron diferencias estadísticas entre el vitavax con el captan, a los 150 días se presentaron diferencias entre todos los tratamientos y los 180 días el vitavax y carboxin con el captan.

En sanidad de la semilla, a los 120 días de almacenada, los fungicidas vitavax y captan tuvieron niveles de germinación por encima del 80 por ciento con valores de 84.67 y 81 por ciento. Los patógenos predominantes en los dos genotipos (QPM y normal) fueron el grupo *Aspergillus glaucus* y el genero *Penicillium* en los ambientes de 75 y 85 por ciento de humedad relativa debido a alto contenido de humedad de las semillas, en el medida que se incremento el contenido de humedad de la semillas se incremento la presencia del genero *Penicillium* y se disminuía la presencia de *Aspergillus glaucus*, parece ser que causaba un efecto inhibitorio en el desarrollo de este hongo. El genotipo dos tolero el mayor tiempo de almacenamiento en ambos ambientes, 150 días en el de 75 por ciento de humedad relativa y 120 días en el ambiente de 85 por ciento.

Estos resultados se complementan con los reportados por Moreno *et al.*, (1982, 1987), Moreno y Ramírez (1983), quines encontraron que en semilla de maíz normal tratada con diferentes fungicidas entre ellos el captan, en dosis comerciales y probando diferentes dosis en semilla

almacenada en una humedad relativa de 85 por ciento y 25 °C, reportaron buena protección contra hongos de almacén y de la viabilidad, durante 80 días de almacenamiento. El mismo autor en 1994 observó que al almacenar dos genotipos de maíz normal, un tolerante y un susceptible bajo condiciones de 75 y 80 por ciento de humedad relativa, tratadas y no tratadas con carbendazin-m y almacenadas por 60 días, el patógeno predominante fue *Aspergillus glaucus*. En las condiciones de 80 por ciento de humedad relativa la línea susceptible a los 30 días presentaba germinación de 12. por ciento y niveles de infestación del patógeno de 78 por ciento y la tolerante de 96 por ciento, a los 60 días la susceptible 2 por ciento de germinación e infestación de 90 por ciento y la tolerante 83 por ciento y niveles de infestación de 64 por ciento. el mismo autor (1998), trabajando con semilla de trigo almacenada por 120 días bajo condiciones de 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, tratada con captan, carboxin, chlorotalonil, pentachloronitrobenzeno (PCNB), Thiran y una mezcla de carboxin + captan, con las dosis recomendadas comercialmente encontró al final del periodo de almacenamiento de la semilla, que el tratamiento que mostró los niveles mas bajos de infestación de los patógenos *A. glaucus*, *A. ochraceus* y *Penicillium* y la mejor germinación fueron los tratamientos con captan y chlorotalonil. El grupo predominante fue el *A. glaucus*.

Almacenamiento 85 por ciento de Humedad Relativa

Regresión Lineal y Correlación,

Cuadro 4.7. Ecuación de regresión para los genotipos evaluados a 85 % de humedad relativa para cada una de las variables.

Variable	Genotipo	Ecuación de Regresión
Germinac.	QPM	$y = 100.511 - 0.265^* X + E$
	Normal	$y = 104.79 - 0.301^* X + E$
Plántulas Anormales	QPM	$y = - 1.764 + 0.213^* X + E$
	Normal	$y = - 6.395 + 0.240^* X + E$
Long. Med. Plúmula	QPM	$y = 12.335 - 0.054^* X + E$
	Normal	$y = 13.539 - 0.057^* X + E$
Peso Seco Plúmula	QPM	$y = 102.412 - 0.095^* X + E$
	Normal	$y = 104.158 - 0.102^* X + E$
Contenido Hum. Sem.	QPM	$y = 14.767 + 0.012^* X + E$
	Normal	$y = 14.699 + 0.011^* X + E$
Aspergillus glaucus	QPM	$y = 15.825 - 0.027^* X + E$
	Normal	$y = 11.348 - 0.065^* X + E$
Penicillium	QPM	$y = - 2.977 + 0.085^* X + E$
	Normal	$y = - 14.590 + 0.288^* X + E$

Con los resultados obtenidos en la ecuación de regresión para cada una de las variables en el almacenamiento de 85 por ciento , se corroboran los resultados ya mostrados anteriormente para este ambiente, en donde los valores de los interceptos nos muestran (Cuadro 4.7), que para la variable germinación, el maíz normal presento mayor porcentaje de germinación y

una mayor disminución de la pendiente que el maíz QPM durante todo el periodo de almacenamiento.

En plántulas anormales los valores de los interceptos fueron mayores en el maíz normal que el del maíz QPM, es decir el maíz normal presento mayor cantidad de anomalías que el maíz QPM.

En longitud media de plúmula, el maíz normal presento mayor longitud que el maíz QPM como se observa en sus interceptos y ambos tuvieron una disminución de la pendiente similar, de la misma forma para el peso seco, el maíz normal mostró valores mayores que el QPM, además la disminución de la pendiente es mayor en el maíz normal que en el QPM.

En el contenido de humedad, los incrementos de humedad en las semillas fue ligeramente mayor en el QPM que en el normal, mostrando un comportamiento similar.

Para el caso de los patógenos presentes dentro de la semilla, se encontró mayor presencia del grupo *Aspergillus glaucus* en el maíz QPM que en el maíz normal y una menor disminución de la pendiente. En el género *Penicillium* se encontró que en el maíz normal tuvo mayor invasión como lo reflejan los valores de los interceptos y una mayor disminución de la pendiente que en el QPM. En general la incidencia del género *Penicillium*

fue menor que el grupo *A. glaucus* a través de todo el periodo de almacenamiento de la semilla en ambos genotipos.

El análisis de correlación demostró en el maíz normal almacenado a 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, que a medida que se incrementaron los días de almacenamiento disminuyó la germinación, la longitud media de plúmula y el peso seco de plúmula, además la presencia de *Penicillium* afectó la germinación de la semilla de forma negativa ($r = - 0.89^*$), así mismo la longitud de plúmula ($r = - 0.84^*$) y peso seco de plúmula ($r = - 0.83^*$) y en plántulas anormales se presentó una relación positiva ($r = 0.82^*$) lo cual significa que el patógeno afectó la germinación y vigor de la semilla, además el género *Penicillium* se relacionó con la presencia del grupo de hongos *Aspergillus glaucus* positivamente ($r = 0.51^*$), ambos afectaron la calidad fisiológica de la semilla. El contenido de humedad tuvo relación positiva con la presencia del género *Penicillium* ($r = 0.82^*$).

En el maíz QPM en análisis de correlación demostró igual que en el maíz normal, que a medida que se incrementaba los tiempos de almacenamiento disminuyó la germinación, la longitud media de plúmula y el peso seco de plúmula, además la presencia de *Penicillium* afectó la germinación de la semilla de forma negativa ($r = - 0.62^*$), así mismo la longitud de plúmula ($r = - 0.48^*$) y peso seco de plúmula ($r = - 0.50^*$) y en plántulas anormales se presentó una relación positiva ($r = 0.62^*$) lo cual

significa que el patógeno afecto la germinación y vigor de la semilla, además el género *Penicillium* se relaciono con la presencia del grupo de hongos *Aspergillus glaucus* positivamente ($r = 0.41^*$), ambos afectaron la calidad fisiológica de la semilla.

Conclusiones

Referente a la hipótesis y los objetivos planteados inicialmente en esta investigación se concluyó lo siguiente:

Los tres tratamientos químicos que se utilizaron para la protección de la semilla captan, carboxin y vitavax, bajo condiciones de 75 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, realizaron efecto protectante contra los patógenos de almacén, mantuvieron la germinación de la semilla de maíz normal en 85 por ciento por un periodo de 150 días y la semilla de QPM tratada con captan puede durar hasta 120 días de almacenamiento.

En el ambiente de 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, la semilla tratada con captan, realizó efecto protectante hasta 90 días de almacenada la semilla de maíz QPM, sin embargo el efecto del vitavax duro hasta los 120 días en el maíz normal.

El genotipo que mantuvo por mayor tiempo las características fisiológicas deseables bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa fue el maíz normal, el QPM presento mas susceptibilidad al almacenamiento bajo esas condiciones.

Los periodos de almacenamiento bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, fueron determinantes en el incremento del deterioro de la calidad fisiológica de la semilla.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo para evaluar los tratamientos químicos captan, carboxin y vitavax en dosis comerciales para ver el efecto protector de los mismos sobre la semilla de dos híbridos de maíz, el H-520 del tipo normal y el H-553, con alto contenido en proteínas (QPM). La semilla fue almacenada por 180 días bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura. Se realizaron muestreos en la semilla cada 30 días para evaluar las variables de calidad fisiológica, germinación estándar, plántulas anormales, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, además de la sanidad de las semillas. Se utilizó un análisis de parcelas divididas con doce repeticiones considerando como parcela grande a la humedad relativa, la parcela media a los tipos de maíces y la parcela chica a los tratamientos químicos. Los resultados mostraron significancia ($P < 0.01$) en todas las fuentes de variación; excepto para la interacción Muestreo*Ambiente*tratamiento en la variable longitud media de plúmula y la interacción ambiente*muestreo*genotipo*tratamiento en la variable germinación estándar, las cuales mostraron diferencia al 0.05 de probabilidad. Con base en estos resultados, donde se observan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los ambientes de 75 y 85 por ciento de humedad relativa, así como en la magnitud de sus cuadrados medios en todas las variables evaluadas, se procedió a discutir por separado cada uno de estos ambientes, para tratar de explicar el fenómeno

observado. se encontró que los tres funguicidas realizaron mejor efecto protector en la semilla de maíz normal que en la de maíz QPM en todas las variables de calidad fisiológica evaluadas, tanto en el ambiente de 75 como el de 85 por ciento de humedad relativa, sin embargo, en el ambiente de 75 por ciento los productos químicos que mantuvieron la germinación con valores de 85 por ciento o mas, por mas tiempo fue el captan en el QPM, con 120 días aproximadamente y en el maíz normal los tres funguicidas mantuvieron la germinación por 150 días. En el ambiente de 85 por ciento de humedad relativa los productos químicos que mantuvieron la germinación con valores de 85 por ciento o mas, por mas tiempo fue el captan en el maíz QPM con 90 días y en el maíz normal el vitavax hasta los 120 días. En las pruebas de sanidad los patógenos que contribuyeron a disminución de la germinación, es decir invadieron en mayor porcentaje a la semilla en ambos ambientes fueron : el grupo *Aspergillus glaucus* y el genero *Penicillium*, siendo mas marcado el daño en el ambiente de 85 por ciento en ambos genotipos, el incremento del contenido de humedad de las semillas fue determinante para el desarrollo de estos patógenos. Los periodos de almacenamiento bajo condiciones de 75 y 85 por ciento de humedad relativa y 25 °C de temperatura, fueron la causa del incremento del deterioro de la calidad fisiológica de la semilla.

LITERATURA CITADA

- Abdulbaki, A. A y J. D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. *Seed Biology*. II: 283-315. New York.
- Anderson, J. D. 1973. Metabolic changes associated with senescence. *Seed Science & Technology*. 1: 401-416.
- Bustamante, L. A. De León G. R. 1993. Taller demostrativo de pruebas de viabilidad y vigor en semillas. VII curso de actualización en tecnología de semillas. Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Bustamante, L. A. 1998. Notas del curso de control de calidad. Programa de graduados. Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2004. Curso producción de semilla de alta calidad con énfasis en QPM. El Batán, Texcoco. Edo. de México.
- Copeland, L. O y M. B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. second edition. Birges Publishing. Minnesota. p 103-127.
- Christensen, C.M. 1955. Grain storage studies XXI. Viability and mouldiness of commercial wheat in relation to the incidence of germ damage. *Cereal Chemistry*. 32: 507-518.
- Christensen, C.M. y H.H, Kaufmann.1969. grain storage: the role of fungi in quality loss. University of Minnesota Press. Minneapolis Minn. United States of America. 153 p.
- Christensen, C.M. y R.A. Meronuck.1976. Manual of fungi in feeds, foods and cereal grain. University of Minnesota Press. Minneapolis Minn. United States of America.
- Delouche, J. C. 1978. Preceptos para el almacenamiento de la semilla. En : Boyd, A. H y R. Echandi. (comp.). Seminario internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. Univ. Edo. Mississippi. San José, Costa Rica. pp 218-255.

- Delouche, J. C. 1986. Physiological seed quality. Short course for seedsmen. Mississippi State University. Vol. 27. pp. 51-59. USA.
- Ellis, R. H. y E. H. Roberts, 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity . *Annals of Botany*. 45: 13-30.
- Ellis, R. H. 1991. The longevity of seeds. *HortScience*. 26 (9): 1119-1125.
- Everson, L. E. 1978. Laboratory test of seed quality . In: Burris, J. S. Proceedings of the first annual seed technology conference. Ames, Iowa. USA. 51-55.
- Fabrizius, E., D. TeKrony, D. B. Egly y M. Rucker. 1999. Evaluation of a viability model for predicting soybean seed germination during warehouse storage. *Crop Science*. 39: 194-201.
- Fornos, M. 2003. Programa de Recursos Genéticos de Nicaragua. Departamento de producción vegetal. Universidad Nacional Agraria. Managua- Nicaragua.
- García, T., N. Padilla y C. Rava. 1991. Producción artesanal de semilla mejorada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Región –I. Esteli – Nicaragua. Memoria del Congreso Nacional de Granos Básicos. pp 19-21.
- Gill, N. S. 1969. Deterioration of Corn seed (*Zea mays*) during storage. Ph. D. Thesis. Mississippi State University. State College.
- Gregg, B. 1981. Almacenamiento práctico y seguro de semillas. En conferencia técnica FAO/SIDA en mejoramiento de la producción de semilla. FAO. Roma.
- Hamptom, J. G. 2001. New Zealand Seed Technology Institute. Lincoln University. Canterbury- New Zealand.
- Harrington, J. F. 1973. Problems of seed storage. In Heydecker. W. Seed ecology. Butterworth and Co. Ltd. England. pp 251- 263.
- Huber, T. A y M. B. McDonald Jr. 1982. Gibberellic acid influence on aged and unaged barley seed germination and vigor. *Agronomy Journal*. 74: 386-389.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1996. Memoria Institucional. Gobierno de Nicaragua. Managua Nicaragua.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1987. Handbook of vigor test methods. Second edition. Ed. Fl. Fiala. Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International rules of seed testing. *Seed Science and Technology*. 24 suplement. 335 p

- Jeffs, K. A. 1986. Seed treatment. Second ed. The British Crop Protection Council. England. 332 p.
- Knittle, K. H y J. S. Burris. 1976. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigor in maize. *Crop Science*. 16: 851-855.
- Leukel, R.W. 1953. Treating seeds to prevent disease. In : United States Department of Agriculture (USDA). (Ed.). *Plant diseases. The yearbook of agriculture*.
- Locher, R y P. Bucheli. 1998. Comparison of soluble sugar degradation in soybean seed under simulated tropical storage condition. *Crop Science*. 38: 1229-1235.
- MAG-FOR. 2003. Dirección de estadísticas del Ministerio de Agricultura y Forestal. Managua- Nicaragua.
- McDonald Jr. M. B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. *Proc. Of official seed analysts U.S.A.* 65: 117-122.
- Mertz, E. T., S. Bates y O. F. Nelson (1964). Mutant gene that changes protein composition and increase lysine content of maize endosperm. *Science*. 145. p 279.
- Moreno, M., E. y J. Zamora. 1978. Efecto de los hongos sobre la conservación de granos y semillas. Guía para evitar problemas causados por hongos en semillas y granos almacenados. Merck Sharp y Dohme. México. p. 145.
- Moreno, M., E. y J. Ramírez G. 1982. Efecto de funguicidas en el control de los hongos de almacén. *Boletín de la sociedad mexicana de Micología*. 17 : 95-98.
- Moreno, M., E. y J. Ramírez G. 1983. Mezcla de funguicidas para la preservación de semilla de maíz almacenados en una humedad relativa de 85%. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. serie botánica*. México.54(1) : p. 195-198.
- Moreno, M., E. y J. Ramírez G. 1985. Protective effect of fungicides on corn seed stored with low and high moisture contents. *Seed science and Technology*. 13: 285-290.
- Moreno, M., E. y J. Ramírez G. 1986. Tratamiento químico para la preservación de semilla de maíz almacenada en una alta humedad relativa. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. serie botánica*. México. 57(1) : 143-150.
- Moreno, M., E., J. Ramírez G. y H. Plata G. 1987. Preservación de semilla de maíz tratada con fungicida almacenada con diferentes contenidos de humedad. *Turrialba*. 37(1): 93-99.

- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 39 p.
- Moreno, M., E., M. Vázquez. B., R. Navarrete M. y J. Ramírez G.1994a. Effect of fungi and chemical treatment on viability of maize and barley seed with different storage characteristics. *Seed Science & Technology*. 22 : 541-549.
- Moreno, M., E., M. Vázquez B., y R. Navarrete M. y J. Ramírez G.1994b. Seed viability of different varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) stored under low and high relative humidity. *Seed Science & Technology*. 22 : 195-202.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición. UNAM. México. 393 p.
- Moreno, M. E., A. Rivera y M. Vázquez B. 1998. Effect of fungi and fungicides on the preservation of wheat seed stored with high and low moisture content. *Journal of Stored Products Research*. 34: 231-236.
- Moreno, M., E., M. Vázquez B. y F. Facio P. 2000. La temperatura en relación con la longevidad de semilla de maíz almacenadas con baja humedad. *Colegio de Postgraduados. Agrociencia*. México. Vol. 34(2).
- Moreno, M. E., S. Jiménez y M. Vázquez B. 2000. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. *Journal of Stored Products Research*. 36: 25-36.
- Neergard, P. 1979. Seed pathology. The McMillan Press. Ltd. London. pp 595-667.
- Ortegón, P. J y A. L. Bustamante. 1993. VII curso de actualización en semillas. Taller demostrativo de pruebas de viabilidad y vigor en semillas. CCDTS. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México.
- Rincón S. F. 1989. Deterioro de semilla de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México.
- Rivera A. 1991. Estudio sobre la fitotoxicidad y combate de los hongos de almacén con fungicidas en semilla de trigo almacenada bajo condiciones de alta y baja humedad. Tesis profesional. Centro Básico. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. p 87.
- Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 1998. Anuario Estadístico. México.

- Sierra, M. M., Palafox C. A., Cano R. O y Rodríguez F. A. 2004. H-553C, híbrido de maíz de calidad proteínica para el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 27 (1). 117-119.
- Shama, S., A.N. Raghunathan y H. S. Shety. 1988. Seed mycoflora of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and their pathogenic importance. *Seed Science and Technology*. 16 :541-548.
- Singh, P. P., P. S., Bedy y D. Singh. 1986. Effect of storage microflora on the total lipid and total free fatty acid contents of wheat grains under different storage conditions. *Indian Phytopathology*. 39 : 592- 594.
- Schmeling, B. Von y M. Kulka. 1966. Systemic fungicidal activity of 1,4-oxathiin derivatives. *Science*. 152 : 659-660.
- Tang, S., D. M. TeKrony, D. B. Egly, P. L. Cornelius y M. Rucker. 2000. An alternative model to predict corn seed deterioration during storage. *Crop Science*. 40: 463- 470.
- Tavera D. E. 1990. Efecto del captan-metoxicloro y quintozeno-pirimirifos metil sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz, almacenada en condiciones naturales. Tesis de Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. México.
- Valecillo, R. A. y W. Nicaragua G. 2002. Periodo de conservación de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía. Managua- Nicaragua. pp 1-23.
- Vasal, S. K. 1994. High quality protein corn. In: *Speciality corn*. A. R. Hallauer (ed). CRC Press. Boca Ratón, Fl. p 75
- Vieira, R. F., M. N. de Faria, J. A. de O. Ramos, C. Vieira, S. M. L. Donceles y R.T. E. de Freitas. 1998. Seed germination of six grain legumes during storage at room conditions in Vicosa, Minas Gerais State, Brazil. *Seed Science & Technology*. 26 : 489-499.
- Urbina, A. R., y N. Bonilla B. 2001. Promoción y difusión de cultivares de maíz. Resultados parcelas demostrativas. Managua- Nic. pp 3-5.
- Wain, R. L y G.A. Carter. 1977. Nomenclature and definitions. In: Marsh, R. W. (Ed.). *Systemic fungicides*. 2 ed. Longman. London, England. p1-5.
- Winston, P. W y O. H. Bates. 1960. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology*. 41 (1): 232-237.
- Zamora, C. G. 2003. Efecto de la residualidad de clorpirifos metil y deltametrina en la calidad de semilla de maíz almacenada y el control de *Prostephanus truncatus* Horn. Tesis Maestría en Ciencias. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México

APENDICE

Cuadro A.1. Comparación de medias de la variable germinación estándar en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 75 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	95.00 A/C	88.67 E/I	88.67 E/I	84.33 I/L	80.67 LM	73.33 NO	85.11
	2-Carbox.	96.33 AB	87.67 G/I	86.67 HI	80.67 LM	81.00 K/M	72.67 N/P	84.17
	3-Vitavax	96.33 AB	92.67 B/F	88.33 F/I	81.67 J/L	81.33 J/L	68.33 PQ	84.78
	4-Testigo	94.00 A/D	88.67 E/I	85.67 H/J	81.67 J/L	76.67 MN	67.67 Q	82.39
G2 (Norm)	1-Captan	96.33 AB	97.67 A	97.00 AB	91.67 C/G	85.33 H/K	72.67 N/P	90.11
	2-Carbox.	97.67 A	94.00 A/D	95.00 A/C	86.33 HI	85.67 H/J	73.67 NO	88.72
	3-Vitavax	96.67 AB	93.00 B/E	96.33 AB	89.67 D/H	84.67 I/L	75.33 N	89.28
	4-Testigo	97.67 A	95.33 AB	96.33 AB	85.33 H/K	81.67 J/L	70.33 O/Q	87.78
	Media	96.24	92.21	91.75	85.17	82.13	71.75	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.2. Comparación de medias de la variable plántulas anormales en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 75 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	3.34 P/S	10.17 E/H	8.84 K/M	13.67 D/F	13.33 D/F	14.67 C/F	9.00
	2-Carbox.	1.67 ST	7.33 K/M	7.33 H/K	10.00 H/J	7.67 H/J	14.67 C/F	8.12
	3-Vitavax	2.00 R/T	2.67 S	4.67 O/Q	7.33 K/M	5.67 N/O	14.33 C/F	6.11
	4-Testigo	3.00 N/S	8.67 G/I	7.33 K/M	12.33 E/G	19.33 B/C	15.67 CD	11.06
G2 (Norm)	1-Captan	2.00 R/T	2.33 S	2.00 R/T	4.33 O/Q	7.67 H/K	12.00 E/G	5.06
	2-Carbox.	2.33 S	2.67 S	2.67 S	6.17 I/M	6.67 I/K	12.67 E/G	5.53
	3-Vitavax	2.33 S	4.00 M/S	3.67 P/S	4.33 O/Q	10.33 H/J	12.67 E/G	6.22
	4-Testigo	2.33 S	2.67 S	3.67 P/S	7.67 H/K	9.33 I/J	22.67 A	8.06
	Media	2.38	5.13	5.02	8.23	10.00	14.92	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.3. Comparación de medias de la variable longitud media de plúmula (cm) en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 75 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	11.25 A/D	9.19 E/G	8.88 I/O	8.69 K/P	8.26 N/S	7.52 S	8.97
	2-Carbox.	11.70 A	9.17 G/M	9.58 G/I	9.21 G/M	9.40 G/L	8.28 N/S	9.56
	3-Vitavax	11.37 A/C	9.55 G/I	9.52 G/J	9.52 G/J	9.06 H/N	7.74 RS	9.46
	4-Testigo	9.99 E/G	8.72 J/P	8.27 N/S	8.05 P/S	8.92 I/O	5.97 T	8.32
G2 (Norm)	1-Captan	10.47 D/F	11.24 A/D	11.09 A/D	11.28 A/D	8.50 M/R	7.80 Q/S	10.06
	2-Carbox.	11.62 AB	11.29 A/D	11.37 A/C	10.93 A/D	9.74 F/H	8.22 O/S	10.53
	3-Vitavax	11.67 AB	10.78 C/E	11.68 A	11.42 A/C	9.47 G/K	8.54 M/R	10.58
	4-Testigo	10.89 A/D	10.92 A/D	10.85 B/D	10.49 D/F	8.62 L/Q	7.65 S	9.90
	Media	11,12	10.11	10.16	9.95	9.00	7.72	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.4. Comparación de medias de la variable peso seco de plúmula (mg/planta) en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 75 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	98.60 B/D	97.04 H/N	96.75 I/O	96.70 I/O	96.18 N/P	95.27 PQ	96.76
	2-Carbox.	99.09 A/C	97.01 H/N	97.60 E/I	97.22 H/M	97.38 G/L	96.04 O/Q	97.39
	3-Vitavax	98.49 B/F	97.36 G/M	97.56 E/J	97.52 F/J	97.05 H/N	95.24 PQ	97.20
	4-Testigo	97.01 H/N	96.47 L/O	96.10 N/Q	95.96 O/Q	96.91 H/O	92.23 R	95.78
G2 (Norm)	1-Captan	98.25 C/G	99.28 AB	99.08 A/C	99.12 A/C	96.50 K/O	95.14 Q	97.90
	2-Carbox.	99.23 AB	99.27 AB	99.36 AB	99.00 A/C	97.75 D/H	96.39 M/O	98.50
	3-Vitavax	99.21 A/C	98.88 A/C	99.78 A	99.41 AB	97.47 G/K	96.54 K/O	98.55
	4-Testigo	98.69 B/D	99.09 A/C	98.86 A/C	98.50 B/E	96.62 J/O	95.24 PQ	97.83
	Media	98.57	98.05	98.14	97.93	96.98	95.26	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.5. Comparación de medias de la variable germinación estándar en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 85 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	94.00 AB	84.00 DE	85.33 DE	72.67 H/J	62.67 L/N	57.50 O	76.03
	2-Carbox.	94.33 AB	85.00 DE	81.67 E/F	76.00 G/H	56.33 OP	55.00 O/Q	74.72
	3-Vitavax	91.00 A/C	88.33 CD	77.67 F/G	72.33 H/J	63.67 LM	56.50 OP	74.92
	4-Testigo	90.67 B/C	74.67 G/I	70.00 I/J	59.33 M/O	51.00 QR	44.00 S	64.95
G2 (Norm)	1-Captan	95.33 AB	91.33 A/C	87.00 CD	81.00 EF	58.67 NO	52.00 P/R	77.56
	2-Carbox.	94.33 AB	88.33 CD	83.67 DE	77.67 FG	55.67 O/Q	54.67 O/Q	75.72
	3-Vitavax	95.67 A	91.33 A/C	86.67 CD	84.67 DE	68.67 JK	56.50 OP	80.59
	4-Testigo	93.67 AB	64.33 KL	56.33 OP	49.67 R	38.67 T	35.00 T	56.28
	Media	93.63	83.42	78.54	71.67	56.92	51.40	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.6. Comparación de medias de la variable plántulas anormales en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 85 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	3.00 V/Z	12.00 PQ	7.67 T/V	16.33 MN	22.00 H/L	37.50 C/E	16.42
	2-Carbox.	2.67 X/Z	13.00 P/S	15.33 N/O	17.67 M/O	26.67 E/G	32.67 EF	18.00
	3-Vitavax	6.00 U/W	11.00 Q/S	22.33 H/L	22.67 H/L	25.33 FG	37.33 C/E	20.78
	4-Testigo	3.33 U/X	20.33 E/G	17.00 M/O	34.67 E/G	45.33 AB	43.00 BC	27.28
G2 (Norm)	1-Captan	2.67 X/Z	3.67 V/X	12.00 PQ	15.00 I/L	28.33 E/G	44.00 AB	17.61
	2-Carbox.	2.67 X/Z	6.67 TU	9.33 O/Q	20.33J/L	29.33 D/F	40.33 CD	18.11
	3-Vitavax	2.33 X/Z	2.67X/Z	4.33 M/S	6.33 N/T	27.33 D/F	42.50 BC	14.25
	4-Testigo	2.33 X/Z	30.67 EF	22.67 F/H	24.33 A	37.33 C/E	34.00 DE	25.22
	Media	3.13	12.50	13.83	19.67	30.21	38.92	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.7. Comparación de medias de la variable longitud media de plúmula (cm) en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 85 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genot.	Tratam.	Muestreos (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	10.96 A/D	8.17 JK	8.02 JK	6.12 NO	3.61 Q/S	2.99 S/U	6.65
	2-Carbox.	11.49 A	9.22 GH	9.05 HI	7.25 LM	3.73 QR	2.92 TU	7.28
	3-Vitavax	11.18 AB	9.47 GH	8.44 IJ	6.78 MN	4.18 Q	3.06 R/T	7.19
	4-Testigo	9.54 GH	7.21 LM	7.53 KL	3.83 Q	3.08 R/T	2.43 T/V	5.60
G2 (Norm)	1-Captan	11.45 A	10.28 D/F	9.78 E/G	9.27 GH	2.77 TU	2.62 TU	7.70
	2-Carbox.	11.42 A	10.67 B/D	9.81 E/G	9.60 F/H	3.66 Q/S	3.67 Q/S	8.14
	3-Vitavax	10.96 A/D	11.05 A/C	10.47 C/E	10.64 B/D	4.93 P	3.92 Q	8.66
	4-Testigo	10.53 B/D	7.10 L/M	6.72 MN	5.54 OP	2.31 UV	1.75 V	5.66
	Media	10.94	9.15	8.73	7.38	3.53	2.92	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05).

Cuadro A.8. Comparación de medias de la variable peso seco de plúmula (mg/planta) en semilla de maíz QPM y Normal, almacenada a 85 % de humedad relativa y 25 ° C de temperatura por un periodo de 180 días.

Genotipo	Tratam.	Muestras (días)						Media
		30	60	90	120	150	180	
G1 (QPM)	1-Captan	98.25 A/F	95.83 J/L	95.93 I/Q	92.70 N	86.94 R	84.74 ST	92.40
	2-Carbox.	98.97 A	97.21 F/H	97.03 G/I	94.85 K/M	87.47 QR	84.68 ST	93.37
	3-Vitavax	98.37 A/E	97.45 D/G	96.28 H/J	93.86 M	88.20 Q	85.31 S	93.25
	4-Testigo	97.31 E/H	94.75 LM	94.90 K/M	88.34 PQ	85.01 S	83.68 TU	90.67
G2 (Norm)	1-Captan	99.37 A	98.36 A/E	97.78 B/G	97.27 E/H	84.44 ST	83.65 TU	93.48
	2-Carbox.	99.33 A	98.69 A/C	97.81 B/G	97.61 C/G	86.66 R	86.84 R	94.49
	3-Vitavax	98.91 AB	99.11 A	98.45 A/D	98.56 A/D	89.44 P	87.43 QR	95.32
	4-Testigo	98.50 A/D	94.63 M	93.81 MN	91.55 O	83.22 U	81.88 V	90.60
	Media	98.63	97.00	96.50	94.34	86.42	84.78	

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes. DMS al (0.05)