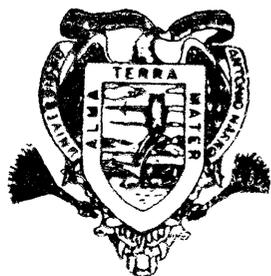


EVALUACION DE MODALIDADES PARA ESTIMAR
VIGOR EN SEMILLA DE MAIZ (*Zea mays* L.)
MEDIANTE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

ARNOLDO ROBERTO COBAQUIL GARCIA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

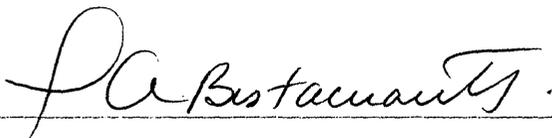
MAYO DE 1991

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



Ing. MS. Leticia A. Bustamante García

Asesor:



Ing. MC. Alejandro Moreno Nuñez

Asesor:



Dr. Jesús Ortega Pérez



Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NÚÑEZ"
UNIDAD LAGUNA



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 1991

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Servicios Agrícolas DIGESA- PROGETTAPS del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala, por proporcionarme el soporte económico y demás facilidades en la conclusión de mis estudios de postgrado.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por concederme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

A la MS. Leticia A. Bustamante García por su orientación en el programa de maestría y su desinteresado, incansable y acertado apoyo en la planeación, conducción, y revisión a la presente investigación.

Al MC. Alejandro Moreno Nuñez por su colaboración, sugerencias y revisión al escrito de este trabajo.

Al Dr. Jesús Ortegón Pérez por las observaciones en la revisión del trabajo de tesis.

Al personal académico, administrativo, de laboratorio y de campo del CCDTS como parte fundamental del funcionamiento del mismo.

A los compañeros estudiantes del Servicio Social de la UAAAN.

DEDICATORIA

A Dios:

Fuente inagotable de la existencia humana

A mis padres:

CARMEN GARCIA DE COBAQUIL (+)

VICENTE COBAQUIL SUCHI

*por los nobles y sabios principios que
me han legado*

A mi esposa:

LILIANA CLEMENCIA

*Con amor y profundo agradecimiento por
su comprensión, apoyo moral y su
dedicación a nuestros hijos durante mis
estudios de maestría.*

A mis hijos:

LILIANA DEL CARMEN y

ROBERTO JOSUE

*Quienes con su silencio infantil se
constituyeron en fuente importante de
motivación para alcanzar esta meta.*

A mis hermanos:

MIGUEL ANGEL, MARIA CELESTE Y MARINA BEATRIZ

Con afecto especial

A mis familiares en general.

A mis compañeros de generación y amigos con aprecio.

COMPENDIO

EVALUACION DE MODALIDADES PARA ESTIMAR VIGOR EN SEMILLA
DE MAIZ (*Zea mays* L.) MEDIANTE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

POR

ARNOLDO ROBERTO COBAQUIL GARCIA

MAESTRIA
TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAYO DE 1991

M. S. Leticia A. Bustamante Garcia - Asesor -

Palabras clave: Maíz, vigor, envejecimiento, camaras.

Se estudió el comportamiento de dos tipos de cámaras con y sin humedad, y cuatro recipientes como modalidades para el envejecimiento acelerado de semillas de maíz, que puedan ser fácilmente adoptadas para la estimación del vigor en laboratorios de análisis de semillas.

Los resultados evidencian que existen diferencias en los niveles de humedad alcanzados por la semilla, la

cámara con humedad permite los contenidos más altos y en el recipiente vaso de precipitado en ambas cámaras, los contenidos de humedad fueron menores y diferentes al resto de recipientes. No obstante los resultados anteriores, no se observó diferencia en el deterioro provocado a la semilla como resultado del uso de diferentes cámaras y recipientes en el envejecimiento.

Se considera entonces que las modalidades estudiadas bajo las condiciones del presente estudio mostraron igual comportamiento en la estimación de vigor en los lotes de semilla al detectar la disminución de éste con relación a la calidad inicial de los lotes y cuyos niveles de vigor fueron mayores a los observados en prueba fría pero muy similares a emergencia en suelo.

ABSTRACT

ACCELERATED AGING TECHNIQUES USED AS ALTERNATE METHODS TO
ASSESS SEED CORN VIGOUR

By

ARNOLDO ROBERTO COBAQUIL GARCIA

MASTER OF SCIENCE
SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAY 1991

MSc. Leticia A. Bustamante Garcia - Advisor-

Key words: Seed corn, vigour, accelerated aging,
chambers

A study was conducted in order to assess two accelerated aging chambers, with and without internal humidity, as well as four different containers, used as single sample accelerated aging chambers, placed inside the large chambers, so as to determine their usefulness as alternate methods in the accelerated aging test to

estimate seed corn vigour and which could be easily adopted in seed testing laboratories.

The seed moisture contents after accelerated aging were different. At the high humidity chamber the seed moisture contents were higher, while in the beakers used as smaller inner chambers (containers), the seed moisture contents were lower in both large chambers and different to the other containers.

Nevertheless, the seed deterioration in both large chambers and four smaller inner chambers (containers) was not significant different.

It is then proposed that the alternate methods studied as accelerated aging techniques, estimated seed corn vigour whose levels were higher to those obtained in the Cold Test but equal to those in soil emergence under greenhouse conditions.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Concepto y Definiciones de Vigor.....	7
Factores que Afectan el Vigor.....	9
Importancia de la Evaluacion del Vigor.....	12
Evaluación del Vigor.....	14
Prueba de Envejecimiento Acelerado.....	17
Principios de la Prueba.....	18
Metodologia de la Prueba.....	20
Estimación del Vigor Mediante Envejeci- miento Acelerado.....	21
Variables que Influyen en la Prueba.....	24
MATERIALES Y METODOS.....	28
Ubicacion del Sitio Experimental.....	28
Material Experimental.....	28
Tratamientos.....	29
Modalidades de la Prueba de Envejeci- miento Acelerado.....	29
Sitios de envejecimiento.....	29
Recipientes.....	29

VARIABLES EVALUADAS.....	31
Antes de Envejecimiento.....	31
Contenido de humedad.....	31
Peso de semillas.....	32
Capacidad de germinación.....	32
Primer conteo de germinación.....	33
Viabilidad.....	33
Peso seco de plántulas.....	33
Emergencia en arena y en suelo.....	34
Velocidad de emergencia.....	34
Vigor mediante prueba fría.....	35
Posterior al Envejecimiento Acelerado.....	36
Contenido de humedad -Peso de semi- llas-.....	36
Germinación despues de envejeci- miento.....	37
Primer conteo de germinación.....	37
Viabilidad.....	37
Peso seco de plántulas.....	38
Análisis Estadístico.....	38
Antes de Envejecimiento.....	38
Posterior al Envejecimiento Acelerado.....	39
RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
CONCLUSIONES.....	68
RESUMEN.....	70
LITERATURA CITADA.....	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1.	Recipientes utilizados en las modalidades de envejecimiento acelerado.....	30
3.2.	Tratamientos bajo evaluación.....	31
4.1.	Contenidos de humedad de lotes de semilla de maíz, antes y durante la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.....	42
4.2.	Calidad inicial de cuatro variables de lotes de semilla de maíz, antes de la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.....	43
4.3.	Cuadrados medios de cuatro variables de calidad de lotes de semilla de maíz antes de la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.....	45
4.4.	Índices de velocidad de emergencia, emergencia total en arena y suelo, y prueba fría en lotes de semilla de maíz.....	46
4.5.	Cuadrados medios de emergencia total en arena y en suelo de lotes de semilla de maíz.....	47

4.6.	Cuadrados medios de la prueba fría en lotes de semilla de maíz.....	48
4.7.	Contenido de humedad en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	49
4.8.	Cuadrados medios del contenido de humedad en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.....	52
4.9.	Comparación de medias del contenido de humedad en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.....	52
4.10.	Resultados del primer conteo de germinación y germinación en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	54
4.11.	Resultados de viabilidad y peso seco de plántulas en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	58
4.12.	Cuadrados medios del primer conteo de germinación (PCEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.....	64
4.13.	Cuadrados medios de germinación (GEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes	

modalidades de envejecimiento acelerado..... 64

4.14. Cuadrados medios de viabilidad (VbEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado..... 65

4.15. Cuadrados medios de peso seco de plántulas (PSEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado..... 65

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página	
4.1.	Comportamiento de la calidad inicial de lotes de semilla de maíz, en las variables primer conteo de germinación (PC), germinación (GE), viabilidad (Vb) y peso seco de plántulas (PS) evaluadas al inicio del estudio.....	44
4.2.	Medias de contenido de humedad alcanzados en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	50
4.3.	Comportamiento del primer conteo de germinación (PCEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	55
4.4.	Comportamiento de la germinación (GEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	56
4.5.	Comportamiento de viabilidad (VbEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	59
4.6.	Comportamiento del peso seco de plántulas (PSEA) en semilla de maíz después del envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.....	60

INTRODUCCION

Con la adopción de técnicas modernas en la agricultura, los programas de producción de semilla a nivel latinoamericano, han tenido un desarrollo notable y la contribución a la agricultura ha sido considerable, si se observa a la semilla como un insumo estratégico que influye en un mayor porcentaje por sus características genéticas, a lograr un incremento en los rendimientos con relación a los demás insumos involucrados dentro del sistema de producción, principalmente cuando este insumo es de alta calidad y reúne el mayor número de atributos de los componentes: genético, físico, fisiológico y sanitario.

Con relación a estos atributos, la capacidad de germinación ha sido el criterio del componente fisiológico más utilizado, y así la prueba de germinación estándar, se considera como el índice directo de mayor confiabilidad y aplicación en la determinación del potencial y capacidad de una semilla, para dar origen a una plántula y establecerse ésta en el campo; pero dado las condiciones óptimas de sustrato, temperatura, humedad y luz bajo las cuales se realiza, se ha reconocido que porcentajes altos de germinación en el laboratorio no necesariamente resultan en

un buen comportamiento de emergencia en el campo. Las limitaciones de la prueba de germinación, impiden la aportación de información sobre el comportamiento de la semilla en un amplio rango de condiciones en el campo, lo que crea la necesidad de investigación en el área de la tecnología de semillas, a desarrollar trabajos con el objetivo de evaluar otras características fisiológicas de la semilla y de las plántulas que pueden influir no sólo en el establecimiento de una población inicial, sino durante el desarrollo de las plantas durante la producción, denominándose a esa característica vigor de la semilla.

El vigor es un concepto muy apreciado por los investigadores y se demanda su inclusión como un criterio más de calidad en el comercio de las semillas, debido a su importancia en el contexto del comportamiento en el campo. No obstante en particular este término es aún complejo y por lo mismo poco utilizado; sin embargo, investigadores y asociaciones que trabajan al respecto, han sugerido una serie de pruebas de carácter físico, fisiológico y bioquímico, que permitan evaluar el vigor en la semilla.

La mayoría de laboratorios, tanto de México como de Guatemala, que se encargan de efectuar el control de la calidad en la producción de semillas a nivel oficial y comercial no han adoptado este tipo de pruebas que evalúan el vigor, lo que puede reforzar grandemente los criterios de

calidad existentes al proporcionar una mejor información de la semilla bajo análisis, y contribuir así con los usuarios del servicio, al dictaminar en forma más real la calidad de éstas. Asimismo el productor de semillas, podrá orientar el manejo de los lotes en cuanto a su almacenamiento y comercialización, asegurando de esta manera el sacar a la venta solamente semilla que se desempeñe apropiadamente en el campo bajo un amplio rango de condiciones, lo que a la postre influirá además en una mayor aceptación de la semilla mejorada por parte de los agricultores, y en la no reclamación del comportamiento de la misma que en muchas ocasiones tienen la germinación mínima aceptable, pero su vigor es desconocido y más aún, las condiciones bajo las que se siembra.

Dentro de las pruebas que permiten calificar vigor en semillas, el envejecimiento acelerado recomendado para predecir el potencial de almacenamiento y emergencia en campo, es una prueba sencilla que requiere de un mínimo de trabajo extra, equipo y facilidades existentes en los laboratorios y además confiable; no obstante, por requerir de condiciones específicas de humedad relativa y temperatura a las que debe someterse la semilla, se ha visto la necesidad de evaluar modalidades de su metodología de acuerdo a las facilidades existentes en los laboratorios, debido a que la mayoría de los mismos carecen de una cámara especial para esta prueba, pudiéndose adecuar otros equipos

que permitan obtener las condiciones de estrés y así aprovechar el potencial de aplicación de estas metodologías en la estimación del vigor de la semilla.

Considerando esta situación, se planteó el presente trabajo, al evaluar modalidades de esta prueba que puedan ser fácilmente adaptadas a las condiciones y equipo existente en los laboratorios de semillas de nuestros países, estableciendo para tal efecto los siguientes objetivos:

Objetivos

- Evaluar dos tipos de cámaras con y sin humedad para envejecimiento acelerado.
- Evaluar diferentes recipientes para envejecimiento de semilla.

Hipótesis

- La alta humedad relativa en la cámara influye en el deterioro final provocado a la semilla.
- Distintos tipos de recipientes, provocan un deterioro final a la semilla de diferente magnitud.

REVISION DE LITERATURA

El desarrollo en aspectos tecnológicos sobre producción de semillas requiere que constantemente se estén introduciendo e innovando los medios y sistemas que permitan que la calidad de este insumo se ofrezca a los usuarios, con los requerimientos mínimos que les asegure la inversión económica por este rubro, así como evitarse contratiempos en los ciclos de producción por bajos porcentajes de emergencia y establecimiento de plántulas en el campo, desuniformidad en plantaciones, inadecuadas densidades de población y necesidad de resiembras que se traducen en incrementos de costos de producción; tanto para el consumidor agricultor, como para el productor de semillas.

El sector dedicado a la producción de semillas y agricultores con cierto grado de avance tecnológico, con el desarrollo de las técnicas modernas en los sistemas de producción, al intentar maximizar rendimientos y retornos financieros comenzaron a darle más importancia a la alta calidad de la semilla capaz de una rápida y uniforme emergencia bajo un amplio rango de condiciones ambientales (Perry, 1980). Se requiere entonces de más información con relación a calidad de semilla de la que actualmente se

ofrece mediante los ensayos de pureza y germinación. La pureza proporciona índices del porcentaje de material diferente a semilla presente en un determinado volumen que se adquiere (International Seed Testing Association (ISTA), 1985). La germinación evalúa el porcentaje de semilla viable en términos de habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables (ISTA, 1985). La capacidad de germinación es el índice de calidad más usado (Bustamante, 1982) el objetivo de su evaluación es obtener información con respecto al valor de la semilla con propósitos agrícolas, y obtener información para comparar el valor de diferentes lotes, a pesar de ser una medida directa, no es lo suficientemente sensible (Ellis y Roberts, 1980). Asimismo la capacidad germinativa raramente será capaz de predecir el desempeño de la semilla en el campo, donde las condiciones pueden variar de óptimas a extremadamente adversas (McDonald, 1975).

Vanderlip *et al.* (1973) en trabajo conducido en semilla de sorgo, determinaron que la prueba de germinación, no estima la emergencia de la semilla en el campo, en el cual los factores que pueden influir en el deterioro progresivo de la misma inciden negativamente en ella, que además de germinar, debe contar con el potencial de establecerse en el campo. Las limitaciones de la prueba de germinación ha motivado por muchos años la investigación en el campo semillista y específicamente, para desarrollar un

estimador complementario que proporcione información más consistente sobre la calidad de lotes de semillas y predecir su comportamiento en el campo lo que actualmente se conoce como vigor.

Concepto y Definiciones de Vigor

Desde que se identificaron factores genéticos, ambientales e intrínsecos de la semilla que interactuaban al afectar el comportamiento final de la misma, durante la siembra, el concepto de vigor ha sido introducido para integrar éste, como un atributo más, que va más allá de la simple viabilidad de la semilla (Johnson y Wax, 1978).

En el manual de vigor de la Association of Official Seed Analysts (AOSA) (1983) se hace referencia que varios investigadores según sus propias conceptualizaciones, convergen y relacionan el vigor con la velocidad de germinación y la habilidad de desarrollar plántulas en condiciones desfavorables. Siendo así que a través del tiempo se han hecho intentos de definir el término vigor de las semillas, lo cual ha incluido conceptos como adecuado establecimiento de plantas bajo condiciones favorables de campo (Isely, 1950), cualquier comportamiento bajo condiciones desfavorables, rapidez de germinación (Delouche y Caldwell, 1960), rapidez de germinación y uniformidad bajo condiciones favorables y desfavorables de campo (McDonald,

1975), fuerza de desarrollo, velocidad de germinación; (Copeland y McDonald, 1985) potencia de emergencia y capacidad de establecimiento en campo (Tao, 1979).

Las asociaciones de análisis de semillas han adoptado su propia definición después del arduo trabajo desarrollado alrededor de la evaluación del vigor, siendo así que ISTA en su congreso de 1977, define el vigor de la semilla como "la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o lote de semillas, durante la germinación y emergencia de plántulas", asumiendo que semillas con buen comportamiento se denominan de alto vigor, y aquellas de un comportamiento pobre, se consideran de bajo vigor, (Perry, 1980).

Por otro lado la AOSA a través de su comité de vigor propone la siguiente definición "El vigor de la semilla comprende aquellas propiedades que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo".

Tomando en cuenta los anteriores conceptos, el término vigor generalmente es utilizado para describir la condición fisiológica de la semilla que controla el potencial de producir rápidamente plántulas en el suelo y tolerables a un amplio rango de factores del medio ambiente;

1975), fuerza de desarrollo, velocidad de germinación; (Copeland y McDonald, 1985) potencia de emergencia y capacidad de establecimiento en campo (Tao, 1979).

Las asociaciones de análisis de semillas han adoptado su propia definición después del arduo trabajo desarrollado alrededor de la evaluación del vigor, siendo así que ISTA en su congreso de 1977, define el vigor de la semilla como "la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o lote de semillas, durante la germinación y emergencia de plántulas", asumiendo que semillas con buen comportamiento se denominan de alto vigor, y aquellas de un comportamiento pobre, se consideran de bajo vigor, (Perry, 1980).

Por otro lado la AOSA a través de su comité de vigor propone la siguiente definición "El vigor de la semilla comprende aquellas propiedades que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo".

Tomando en cuenta los anteriores conceptos, el término vigor generalmente es utilizado para describir la condición fisiológica de la semilla que controla el potencial de producir rápidamente plántulas en el suelo y tolerables a un amplio rango de factores del medio ambiente;

esta descripción de la relación entre el vigor de la semilla y la anticipada estimación de la emergencia de campo, enfatizan las definiciones de vigor, demostrando estudios recientes esta relación (Johnson y Wax, 1978 y Tekrony y Egli, 1977).

Factores que Afectan el Vigor

La semilla alcanza su madurez fisiológica en la planta, considerándose el punto donde convergen el máximo peso seco, viabilidad y vigor de la semilla (Miranda, 1984) los cuales pueden o no ser altos, dependiendo de las condiciones prevalecientes durante el desarrollo de la planta y maduración de la semilla. Desde el momento de su madurez, hasta la siembra, la semilla se encuentra ya sea en la planta madre antes de la cosecha, en el almacén o en el transporte. Durante el transcurso de estas fases la semilla puede verse afectada y deteriorarse (Feistritz, 1975) disminuyéndose así su vigor.

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

A pesar de las diferencias de opinión concernientes a los factores que afectan el vigor de la semilla, la noción

de variación en el comportamiento y actividad de la semilla que germinan está presente en todos ellos. Queda claro entonces, que el vigor es un concepto múltiple y no una única propiedad cuantificable, no obstante Perry (1976) menciona que varias causas que afectan el vigor se han establecido y agrupado naturalmente en dos grupos.

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

Por su parte Heydecker (1969) resume esa causa de falta o pérdida de vigor en: genética, fisiológica, patológica y mecánica que en forma distinta actúan en conjunto, para determinar el vigor de la semilla y consecuentemente el comportamiento de plántulas.

Por su parte Perry (1981) las agrupa en: constitución genética, medio ambiente, nutrición de la planta madre, estado de maduración a la cosecha, tamaño, peso, gravedad específica, integridad mecánica, deterioro y patógenos. Que Copeland y McDonald (1985) sintetizan en: vigor híbrido, dureza de la semilla, postmaduración y medio ambiente a la cosecha y finalmente almacenamiento. Se advierte entonces, que el vigor es parte fundamental como

índice de calidad y que particularmente podrá verse afectado en cualquier etapa de la obtención de la semilla.

En consecuencia y de acuerdo a lo expresado por Perry (1980) el vigor de la semilla es, más que una propiedad específica de la semilla o lote de semillas, un concepto y sólo puede medirse si se considera un atributo específico de la semilla como puede ser la tasa germinativa o el porcentaje de emergencia en campo. Hay diversos factores como ya se mencionó, que en forma individual o en conjunto, pueden afectar el nivel de vigor y como es un concepto, no puede presentar causas y efectos que se extienden hacia atrás en la historia del desarrollo de la semilla y hacia adelante en el proceso de germinación, emergencia y crecimiento del cultivo.

Varios años de investigación han establecido que el vigor se encuentra relacionado con el deterioro de la semilla en forma inversamente proporcional (Ram y Wiesner, 1988) lo cual lleva a pensar que con sólo el hecho de medir el grado de deterioro de la semilla antes de que pierda su germinación, se estará en capacidad de establecer el vigor de la misma.

Importancia de la Evaluación del Vigor

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

Al respecto Lees (1980) menciona que la investigación ha demostrado que en condiciones adversas mínimas de campo la diferencia en rendimiento entre semilla de alto y bajo vigor puede ser sólo un 10 por ciento, más sin embargo en condiciones adversas severas, la diferencia en rendimiento puede pasar de 30 por ciento, lo que en términos de utilidades, no puede ignorarse, constituyendo así el uso de semilla de calidad y alto vigor una póliza de seguro.

De aquí que el valor principal del concepto vigor y su evaluación, es el resultado de su aplicación a la que se siembra en el campo (Perry, 1980), agrega Moreno (1984) que el valor de evaluar el vigor de la semilla radica en la predicción del comportamiento de un lote de semillas, cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de plántulas; y

en segundo, el valor de comparar el potencial biológico en cuanto a vigor de lotes de semillas con porcentajes de germinación similares.

Por esto el concepto de vigor de la semilla continúa atrayendo la atención de agricultores y productores (McDonald, 1977) incrementándose alrededor de 1970 el énfasis en definir el concepto y las pruebas de vigor (Sayers, 1982) ya que la información proveniente de su evaluación, repercute fuertemente en cambios de prácticas agrícolas de beneficio para la producción de cultivos, puesto que capacita al agricultor en la toma de decisiones con respecto al costo de semillas, fechas de siembras, mayor precisión en la siembra, alta densidad de siembra, siembra en condiciones adversas y cantidad de semilla a sembrar (McDonald, 1977 y Sayers, 1982).

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

McDonald (1975 y 1977) considera que la pérdida de vigor precede a la pérdida de viabilidad, y sugiere que la evaluación del vigor es de importancia para el productor de semillas en el monitoreo de la calidad de éstas durante su producción, cosecha, acondicionamiento. Almacenamiento y comercialización agrega Loeffler *et al.* (1985). Esto capacita o habilita a productores de semilla a detectar grados relativamente pequeños de pérdida de vigor, a tomar medidas correctivas en la obtención de la misma proporcionándole mejores condiciones para minimizar o prevenir que ocurra de nuevo la baja del vigor de la semilla (Santiago, 1988).

Además las acciones que se proporcionan durante la comercialización de semillas benefician en última instancia al consumidor, quien puede seleccionar exactamente la calidad deseada (McDonald, 1977). Y no menos importante es lo valioso que resulta evaluar el vigor de semillas, como herramienta de investigación en ensayos de producción de semillas y mejora de cultivos (Matthews y Powell, 1981 y Miranda, 1984).

Evaluación de Vigor

Se ha generado gran cantidad de investigación en el desarrollo de pruebas que midan el vigor de semillas (Johnson y Wax, 1978) con el objetivo de identificar lotes

capaces de una rápida y uniforme emergencia de plántulas en el campo, asimismo lotes con una alta capacidad de emergencia en condiciones ambientales desfavorables, para complementar la prueba de germinación (Matthews y Powel, 1981) y no sustituirla (Perry, 1980) y por lo tanto las únicas diferencias de vigor que tienen relevancia son las observadas entre lotes no diferenciables en la germinación, lo que determina que todos sean aceptables para el mercado por presentar porcentajes de germinación superiores a los niveles mínimos.

En la actualidad muchas pruebas para evaluar vigor de semillas, han sido propuestas, sin embargo, el uso comercial de estas pruebas en análisis de semillas todavía permanece bajo fuerte discusión (Miranda, 1984).

Las pruebas que pueden determinar con mayor grado de precisión el vigor de la semilla se agrupan en directas e indirectas (Popinigis, 1985) clasificadas por McDonald (1975) en tres categorías: físicas, fisiológicas y bioquímicas. Muy importantes son las condiciones que deben cumplir y son las siguientes: bajo costo, rápidas, sencillas, objetivas, reproducibles y que guarden cierto grado de correlación con la emergencia en campo, (AOSA, 1983).

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

Con respecto al trabajo desarrollado en este tópico por los comités de vigor de ISTA y AOSA, Sayers (1982) cita: "Los comités después de haber revisado 15 procedimientos distintos de pruebas de vigor, recomiendan por su comportamiento y resultados obtenidos para ser analizadas posteriormente las siguientes: prueba fría, tasa de crecimiento de plántulas, clasificación de plántulas, germinación semifría, prueba de conductividad, prueba de envejecimiento acelerado, germinación estándar y tetrazolium".

Aclarando el autor, que de éstas, las más antiguas son la prueba fría y la de envejecimiento acelerado, considerándose esta última, como la que es más aplicable a un gran número de especies, que reúne muchos de los requerimientos de una prueba de vigor. Y que la ejecución de un programa de control requiere métodos rápidos, que generen resultados confiables y de buena correlación con emergencia en campo (Steiner *et al.*, 1990) razón por la cual se

considera el envejecimiento acelerado como una de las pruebas más promisorias para evaluar el estado fisiológico de la semilla y estimar su desempeño en campo (Grabe, 1976).

Prueba de Envejecimiento Acelerado

Desarrollada en la Universidad Estatal de Mississippi, como prueba de calidad de semillas, el envejecimiento acelerado permite predecir el potencial de almacenamiento de algunas semillas y la emergencia en el campo (Delouche y Baskin, 1976) y a su vez supera los problemas de sensibilidad de la prueba de germinación y de muestreo (Ellis y Roberts, 1980).

Dentro de las pruebas de vigor, se encuentra ubicada en segundo lugar, después de la prueba fría (McDonald, 1977) y como una de las de mayor aceptación de acuerdo a Tekrony (1982) que en estudio realizado en los laboratorios de AOSA y la Sociedad Comercial de Tecnólogos de semillas en los Estados Unidos (SCST) encontró que el 61 por ciento de 102 laboratorios, efectuaban pruebas de vigor de semillas, conduciéndose la prueba de envejecimiento acelerado en un 66 por ciento de los mismos. Además en forma general produce información consistente y de manera uniforme (Goff, 1971).

Su aceptación en parte se debe a los resultados de tres principales aspectos: (McDonald, 1975 y 1977)

1. La prueba es simple y de bajo costo. Su conducción no requiere equipo adicional, a la cámara de envejecimiento acelerado y la interpretación de resultados se basa sobre la ya familiar prueba de germinación, por lo cual no demanda entrenamiento especial.
2. La prueba es rápida, requiere adicionalmente sólo pocos días, comparada con la rutina de la prueba de germinación estándar.
3. La prueba es aplicable a la mayoría de cultivos de semilla, capaz de evaluar semillas individuales susceptibles de envejecimiento, dependiendo de la sensibilidad al mismo, por la semilla a evaluar.

Principios de la Prueba

Perry (1980) menciona que el deterioro es una de las diversas causas que pueden disminuir el vigor de la semilla y que las técnicas de producción de semillas deberán identificar y minimizar. La velocidad a la cual ocurre el deterioro, es función del contenido de humedad de la semilla, de la temperatura y del tiempo. Algunos procesos que se asocian con el deterioro, son la reducción de la actividad enzimática, de la tasa respiratoria y velocidad de

crecimiento de plántulas. Cuando las temperaturas son altas p. e. 40°C y a una atmósfera saturada de agua, la pérdida de vigor y viabilidad pueden ser muy rápidas. Delouche y Baskin (1976) establecen que el desarrollo de la prueba se basa, asumiendo que los procesos de deterioro bajo envejecimiento acelerado son similares a los que se realizan en condiciones normales, sólo que el grado de deterioro se ve enormemente incrementado por la exposición a niveles muy adversos de humedad relativa y temperatura (Kulik y Yaklich, 1982). La declinación de la germinación durante el envejecimiento es relacionada con el grado inicial de deterioro de los lotes, (McDonald y Phannendranath, 1978). Se asume entonces, que el porcentaje de germinación de las semillas o lotes de semillas, posterior al período de envejecimiento es altamente relacionado con el vigor del lote y por consiguiente la capacidad de un buen comportamiento del lote bajo condiciones de campo.

Goff (1971) refiere que los lotes entre los cuales se tienen resultados de germinación comparables, responderán diferente al ser sometidos al proceso de envejecimiento. Mencionando Kulik y Yaklich (1982) sobre el particular, que es de esperar que la semilla de alto vigor germine en forma más sincronizada que la de bajo vigor y que, además las plántulas crezcan más rápido y uniformemente. Por lo tanto, se considera que el vigor puede influir sobre la capacidad de los componentes del rendimiento y no afectar simplemente

el porcentaje de emergencia.

Metodología de la Prueba

La prueba fundamentalmente consiste en la exposición de pequeñas muestras de semillas, 200 aproximadamente, a condiciones adversas de temperatura 30 - 40 °C y humedad relativa de 85 - 100 por ciento, por un tiempo específico, que depende de la especie (Delouche y Baskin, 1976) y en una cámara especial. Seguido de la determinación de la germinación que se compara con el potencial inicial, expresándose los resultados en porcentaje de germinación después de envejecimiento acelerado (AOSA, 1983). Con respecto al tiempo de envejecimiento, Amaral (1984) para relacionar el vigor de semillas con condiciones de campo y luego de someter a envejecimiento semilla de varias especies, determinó los siguientes períodos: arroz, 144 horas; soya, cebolla, sorgo y trigo, 72 horas; chícharo, 40 horas, los cuales concuerdan con los sugeridos en los manuales de métodos de ensayo de vigor de AOSA (1983) e ISTA (1981). Por su parte Usberti (1982a) identificó para zacate guinea, un período de 36 horas, como el más seguro y eficiente para detectar diferencias de vigor en semilla de esta especie.

Maeda *et al.* (1984) en experiencias con frijol común envejecido artificialmente a 100 por ciento de humedad

relativa y 42 °C de temperatura durante uno a cuatro días, observó una significativa reducción en el vigor a partir del tercer y cuarto día. Krzyzanowski *et al.* (1982) concluye que un período de envejecimiento de 72 horas a 42 °C y 100 por ciento de humedad relativa, es eficiente como prueba de vigor para diferenciar vigor entre lotes de semillas de frijol. Sin embargo respecto a la humedad relativa Delouche *et al.* (1971) declaran que se tiene evidencias que probablemente la humedad relativa debe ser de 85 - 90 por ciento, ya que una humedad relativa de 100 por ciento es demasiado estrés para la semilla.

Estimación del Vigor Mediante Envejecimiento Acelerado

Diferentes estudios han demostrado la utilidad de esta prueba para evaluar el vigor en semillas, y afirman el origen y naturaleza de la misma. Delouche y Baskin (1976) reportan que la prueba de envejecimiento acelerado, es uno de los mejores indicadores del deterioro y Goff (1971) señala que porcentajes de germinación altos provenientes del proceso de envejecimiento acelerado son usados de manera relativa para detectar el alto vigor de semillas.

Estableciendo Likhatchev *et al.* (1984) que el envejecimiento acelerado proporciona un modelo confiable para estudios de los cambios metabólicos que acompañan a la pérdida de viabilidad por su semejanza y similitud a los que

ocurren en semillas almacenadas bajo diferentes condiciones.

James (1984) al determinar vigor en soya, menciona que como consecuencia de la prueba de envejecimiento, las plántulas reflejan deterioro del vigor. Jijón *et al.* (1984) en combinación con otras pruebas, a través de envejecimiento evaluaron el efecto del daño mecánico sobre la calidad de semilla de soya con contenidos de humedad entre 12 y 13.2 por ciento y vigor de 69 a 76.5 por ciento, estableciendo que el efecto de la humedad no fue significativo, pero a medida que se incrementa el daño mecánico de la semilla, el vigor y la germinación se reducían considerablemente y se incrementaban las anomalías de plántulas. Así también, Rodríguez *et al.* (1984) señala que a través de la prueba fue posible derivar ecuaciones para predecir el potencial de germinación de semilla de soya.

Como condicionante principal a cumplir por las pruebas de vigor y que en muchas ocasiones determina su aceptación, es la correlación con la emergencia en campo. Al respecto Tekrony y Egli (1977) al comparar la prueba de germinación estándar y envejecimiento acelerado reportan que esta última es más exacta para predecir la emergencia en el campo.

Esto es confirmado por Anfinrud y Schneiter (1984) al evaluar en semilla de girasol las pruebas de vigor,

germinación a baja temperatura, suelo frío, clasificación de vigor de plántulas, conductividad eléctrica, tetrazolium, eficiencia mitocondrial y envejecimiento acelerado, demostró que esta última manifestó una alta significancia y correlación con el porcentaje de emergencia de plántulas en el campo. Sobre el particular Kulik y Yaklich (1982) al evaluar las pruebas fría, emergencia en arena, velocidad de germinación y envejecimiento, para evaluar el comportamiento de semilla de soya, determinaron una correlación significativa de las pruebas con la emergencia en campo durante dos años consecutivos, con valores de r mayores a 0.7.

Y de acuerdo a una revisión sobre las pruebas de vigor efectuada por McDonald (1975) es evidente la positiva correlación de la prueba de envejecimiento y el vigor en semillas de soya, guisante, judías y algodón. Finalmente Rincón (1989) concluye que el envejecimiento acelerado, conjuntamente con otras pruebas, es un parámetro útil en la evaluación de calidad de semilla de maíz. Lo anterior hace suponer el alto potencial de los atributos y aplicabilidad de la prueba de envejecimiento en la industria semillera (McDonald y Phannendranath, 1978).

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA PRUEBA

En este contexto Ellis y Roberts (1980) al comentar sobre la prueba de envejecimiento acelerado, mencionan que el traslado de la técnica de la industria manufacturera, a la evaluación de semilla, paso por alto una diferencia muy importante: la longevidad de la semilla, que es mucho más sensible a pequeños cambios de humedad y temperatura que la vitalidad de componentes manufacturados, dan como resultado cuatro desventajas, según estos mismos autores:

1. Si bien la humedad relativa puede ser constante, el contenido de humedad de la semilla aumenta durante la prueba y en consecuencia, ésta no puede suministrar una curva de sobrevivencia fácilmente interpretable.
2. Aunque se acepte un cambio del contenido de humedad durante la prueba, sería difícil aplicar condiciones idénticas a todas las partidas de semillas, debido a que el contenido inicial de humedad, que por lo general no está controlado -puede ser distinto cada caso- por lo que incluso diferencias muy pequeñas del contenido de humedad pueden tener efecto sobre la longevidad.

3. Es difícil controlar con precisión la humedad relativa, especialmente a valores elevados.
4. La realización de una sola prueba de germinación estándar, al final del tratamiento presenta los mismos errores de muestreo, que una prueba de germinación estándar.

A pesar de las cualidades que demuestra la prueba de envejecimiento, estandarizarla es un factor indispensable para su eficaz aplicación. Por lo que investigadores de la AOSA, sugirieron como primera recomendación, modificaciones en las dimensiones de la cámara de envejecimiento, denominada, cámara externa, (AOSA, 1983).

Asimismo al investigar la metodología de la prueba de envejecimiento acelerado McDonald y Phannedranath (1978) sugirieron que los lotes de semillas deberían de tener contenidos de humedad similares al iniciar la prueba y se recomendó la utilización de canastos de alambre que garanticen una absorción de humedad uniforme por la semilla durante el período de envejecimiento. Conclusión adelantada por el mismo McDonald (1977) quien identificó que los niveles de humedad influenciaron el grado de deterioro en semillas de cebada y soya, sujetas al proceso de deterioro.

Estimándose que entre las principales causas que pueden originar una variación en la prueba de envejecimiento se encuentran: temperatura, humedad relativa a que son expuestas las semillas, tiempo de exposición y calidad de semilla evaluada, (Delouche y Baskin, 1976). Otras variables que pueden afectar el significado de los resultados son: superficie de evaporación del agua, tasa de absorción de la superficie de la semilla, condiciones de germinación a las cuales son sometidas las semillas después del envejecimiento y el criterio de interpretación de resultados (Tao, 1979).

Se tiene evidencia que en otros trabajos de investigación las variables que afectan el comportamiento de la semilla son la humedad inicial de la misma al interpretar la prueba (McDonald, 1977) puesto que al variar la humedad de la semilla durante el proceso de envejecimiento acelerado, se obtienen diferencias estadísticas en los valores de germinación y emergencia en campo (Moreno y Rivas, 1990). Al respecto, Matthews y Powel (1981) mencionan, que al probar el envejecimiento acelerado, las partidas o lotes de semillas absorben humedad a distintas fases de la atmósfera húmeda, lo que puede dar resultados imprecisos por un desuniforme grado de deterioro en las semillas bajo evaluación.

Con relación a los recipientes para acondicionar la semilla (cámaras internas), dentro de la cámara de envejecimiento (cámara externa), Usberti (1982b) evaluó

varios recipientes: caja abierta, caja con tapa, saco de tull y cedazo plástico, para determinar la influencia de utilizarse en el acondicionamiento de semilla de algodón, como parte de la metodología de la prueba. El análisis estadístico de los resultados mostró diferencias de vigor entre las mismas muestras de semilla dependiendo del recipiente donde fueron acondicionadas para el período de envejecimiento. Esto indica que sí existe influencia del tipo de recipiente en este tipo de semilla, ya que en cajas abiertas y sacos de tull, los resultados fueron semejantes, pero inferiores a los obtenidos en caja con tapa, no obstante el mencionado autor manifiesta que este último recipiente no fue capaz de detectar diferencias de vigor.

Otras aportaciones importantes para controlar las variables en la prueba de envejecimiento acelerado son establecidas por McDonald y Phannendranath (1978) al citar que el tamaño de la muestra (número de semillas), afecta el deterioro, considerándose más rápido y severo a medida que el número es menor. Por lo cual éstos sugieren que para que la prueba de envejecimiento acelerado reporte resultados más confiables, debe usarse un número específico de semillas p.e. 200, distribuidas sobre una malla de alambre, de tal manera que queden expuestas uniformemente a la humedad relativa. Asimismo en cuanto al tipo de envase, cajas, frascos o bandejas de envejecimiento, recomiendan este último por ser de menor costo, sujetando todas las semillas a condiciones uniformes de envejecimiento.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

El presente estudio se efectuó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria "ANTONIO NARRO", ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Material Experimental

El material experimental que se empleó constó de seis lotes de semilla de maíz de un híbrido comercial del tamaño plano 22, categoría certificada, disponible a la venta por una empresa privada.

Tratamientos

Modalidades de la Prueba de Envejecimiento Acelerado

Sitios de Envejecimiento

Como fuentes de alta temperatura se utilizaron, una cámara de envejecimiento de fabricación artesanal, con las siguientes características: fuente de calor eléctrica (resistencia) temperatura controlada por termostato de diferencial desconocido, dimensiones 52 x 50 x 26 cm de altura; altura del agua interior 18 cm; altura de la parrilla 35 cm, distancia entre parrilla y agua 17 cm, aislante de fibra de vidrio y sello semi-hermético de hule. La otra fuente de temperatura fue un horno de secado de convección mecánica de las siguientes características: fabricado en México, 117 voltios, 60 hertz, temperatura máxima 130°C elemento calefactor de níquel tipo abierto, termostato tipo hidráulico, provisto de bulbo sensor para registro de cambios de temperatura, dial graduado 1 - 10 usado como referencia en ajustes de temperatura deseada.

Recipientes

En cada una de las cámaras (sitios de envejecimiento) se colocaron las semillas de maíz en los siguientes recipientes: (Cuadro 3.1)

Cuadro 3.1. Recipientes utilizados en las modalidades de envejecimiento acelerado.

Recipiente	Dimensiones (cm)			
	Diámetro	Largo	Ancho	Alto
Vaso de precipitado 600 ml (Vp)	8.5			10.5
Caja plástica chica (Cch)		11.5	12.0	5.5
Caja plástica mediana (Cm)		12.8	12.8	10.5
Caja plástica grande (Cg)		25.0	35.0	10.0

Los sitios de envejecimiento (cámaras) y los recipientes usados en combinación, representan los ocho tratamientos evaluados (Cuadro 3.2). bajo un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio en dos factores y tres repeticiones. Los recipientes se acondicionaron en su interior con tela metálica de 0.5 x 0.5 cm, como base de la semilla y un soporte del mismo material, de tal manera que se lograran las condiciones apropiadas y separar la semilla de un volumen de agua que se adicionó para crear una atmósfera de alta humedad relativa en el interior de éstos.

El volumen de agua adicionado en cada recipiente fue de 100 ml de agua y se colocaron 100 semillas sobre la base de malla en dos réplicas tratadas con fungicida y sellados los recipientes, se colocaron en las fuentes de temperatura o sitios de envejecimiento a una temperatura de 42 ± 2 C y 80 - 100 por ciento de humedad relativa para la cámara y con igual temperatura sin atmósfera de humedad en el horno por un período de 96 horas de exposición, repitiendo el

experimento en tres ocasiones a cada lote.

Cuadro 3.2. Tratamientos bajo evaluación

Tratamiento	Sitio de Envejecimiento	Recipiente
1	Cámara de envejecimiento	vaso de precipitado
2		caja chica
3		caja media
4		caja grande
5	Horno de secado	vaso de precipitado
6		caja chica
7		caja media
8		caja grande

VARIABLES EVALUADAS

Antes de Envejecimiento

Para determinar la calidad inicial y el nivel de deterioro de las semillas, antes del envejecimiento, se utilizaron varias pruebas de laboratorio e invernadero y asimismo los resultados se evaluaron bajo los diseños completamente al azar y bloques al azar con el objeto de comparar estadísticamente la calidad inicial de los lotes de semilla.

Contenido de Humedad

El contenido de humedad (CH), fue determinado en cada lote de semilla mediante el método de secado de estufa (ISTA, 1985) al inicio de la investigación. Para lo cual se

tomaron pequeñas muestras de los lotes de semilla utilizados, las que se molieron, colocaron en dos réplicas en cajas de aluminio, registrándose los pesos antes y después de someter las muestras a 130° C durante 4 hr en un horno de secado, midiéndose la materia seca y por diferencia de peso se calculó el contenido de humedad en base a peso húmedo expresado en porcentaje.

Peso de Semillas

Al inicio del envejecimiento de cada lote se registró el peso de las 100 semillas (PSI) en gramos para cada réplica de los recipientes, por medio de una balanza analítica de precisión 0.0001 gramos.

Capacidad de Germinación

Esta se evaluó mediante la prueba de germinación estándar (GE) y se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos por la ISTA (1985) a excepción de la cantidad de semillas que fue de 100 semillas en tres repeticiones. Las semillas se sembraron en toallas de papel Anchor humedecidas como sustrato, enrollados (tacos), y cubiertos con plástico (polietileno), los que se colocaron en una cámara de germinación a temperatura constante de $25 \pm 1^{\circ}$ C y 8 hr luz, efectuándose una evaluación de plántulas normales a los cuatro días y conteo final a los siete; el resultado

se expresó en porcentaje de germinación que incluyó únicamente plántulas normales.

Primer Cuento de Germinación

La evaluación de la germinación al cuarto día, primer conteo (PC), se consideró como una prueba de vigor; para esto se tomaron como plántulas de semillas vigorosas, aquellas que presentaron tres centímetros de longitud mínima y diez o más entre plúmula y raíz, el resultado se expresó en por ciento en relación al número total de semillas.

Viabilidad

La viabilidad (Vb) se cuantificó mediante el total de plántulas normales y anormales provenientes de la prueba de germinación estándar, expresándose el resultado en porcentajes de acuerdo al número total de semillas.

Peso Seco de Plántulas

Posterior al conteo final de germinación estándar las plántulas o ejes embrionarios de las plántulas normales se separaron del resto de la semilla y se sometieron a secado en estufa por 24 horas a 80 °C, para luego establecer en una balanza analítica de precisión (0.0001 g) el peso seco (PS) expresado en miligramos por plántula (mg/pl).

Emergencia en Arena y en Suelo

Estas pruebas se efectuaron bajo condiciones de invernadero utilizándose arena de río y suelo de campo respectivamente. Se sembraron 300 semillas de cada lote en repeticiones de 100, a una distancia de 10 cm entre surcos, un centímetro distanciadas las semillas y a cinco centímetros de profundidad, proporcionándose los cuidados necesarios para el desarrollo de plántulas. Se consideró como emergidas, aquellas que presentaron un desarrollo normal a los días en que se obtuvo la máxima emergencia, expresándose el resultado en por ciento de emergencia.

Velocidad de Emergencia

Esta se determinó en las pruebas de emergencia, la velocidad de emergencia como índice de vigor de plántulas de cada lote se calculó por la fórmula propuesta por Maguire (1962).

$$\text{IVE} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{número de plántulas normales al conteo } i\text{-ésimo}}{\text{número de días de la siembra al conteo } i\text{-ésimo}}$$

donde : IVE índice de velocidad de emergencia

Vigor Mediante Prueba Fría

Esta prueba se realizó en cuatro repeticiones de 25 semillas, las cuales se colocaron cada una en caja de plástico de 20 x 13 x 10.5 cm, sobre una mezcla de suelo-arena 1:3 de 2 cm de espesor y cubiertas con otra capa de la misma mezcla y de igual espesor; al cual previamente se le determinó la humedad en base húmeda y capacidad de retención de agua, información con la cual se llevó el suelo-arena a un 70 por ciento de capacidad de retención de agua mediante la fórmula: (Moreno, 1984)

$$W = \frac{B (100 - F) \times w_k \times P}{10^6} - \frac{B \times F}{100}$$

donde:

W = cantidad requerida de agua (ml) a añadir al suelo para ajustar el contenido de humedad de un deseado porcentaje de capacidad de retención de agua.

B = peso suelo en gramos.

F = porcentaje de humedad del suelo, determinado con base a peso húmedo.

w_k = máxima capacidad de retención de agua como porcentaje de suelo seco.

P = porcentaje requerido de capacidad de retención de agua.

PS_f = peso semilla final

Germinación Después de Envejecimiento

En una prueba de germinación estándar, se procedió a evaluar las semillas luego de ser envejecidas en las distintas modalidades (AOSA, 1983) y de acuerdo a la metodología ya descrita anteriormente (ISTA, 1985) se realizó la evaluación de germinación (GEA) a los cinco días.

Primer Conteo de Germinación

En la prueba de germinación después de envejecimiento acelerado (PCEA), se realizó un primer conteo a los tres días considerándose una prueba de vigor y siguiendo el criterio de anotar como normales las plántulas de una longitud entre tres y diez centímetros.

Viabilidad

Esta se cuantificó mediante el total de plántulas normales y anormales provenientes de la prueba de germinación, después de envejecimiento, expresándose el resultado en porcentaje de viabilidad después de envejecimiento acelerado (VbEA) de acuerdo al número de semilla usada (Kulik y Yaklich, 1982).

Peso Seco de Plántulas

Este se determinó siguiendo la metodología descrita para calidad inicial, llevando las plántulas normales de la germinación después de envejecimiento acelerado a peso seco (PSEA) en miligramos por plántula y para cada una de las diferentes modalidades propuestas para estudio.

Análisis Estadístico

En el análisis estadístico de los resultados se procedió de la siguiente manera:

Los datos obtenidos en porcentaje en la evaluación de cada una de las variables fueron convertidos a arco seno, mediante la fórmula: $\text{seno}^{-1} \sqrt{X}$ Little y Hills (1987).

Antes de Envejecimiento

Los diseños utilizados en el análisis estadístico de los resultados del estudio para cada una de las variables fue efectuado bajo los siguientes modelos estadísticos: Para las variables primer conteo, germinación viabilidad y peso seco se empleo un completamente al azar con tres repeticiones. En las emergencias se uso un bloques al azar con tres repeticiones y en la prueba fría al completo azar con cuatro repeticiones.

Modelo Diseño Completamente al Azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = variable respuesta

μ = media general

τ_i = efecto del lote

ε_{ij} = error experimental

$i = 1, 2, 2, 4, 5, 6$, lotes

$r = 1, 2, 3$, repeticiones

Modelo Diseño Bloques al Azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = variable respuesta

μ = media general

τ_i = efecto del lote

B_j = efecto del bloque

ε_{ij} = error experimental

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ lotes

$r = 1, 2, 3, 4$, repeticiones

Posterior al Envejecimiento Acelerado

Las observaciones del contenido de humedad, y de las variables primer conteo de germinación, germinación, viabilidad y peso seco de plántulas, evaluadas después del envejecimiento de semilla y con el objeto de establecer el

comportamiento en los sitios de envejecimiento y los recipientes se analizaron por medio de un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio de dos factores en tres repeticiones, con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = variable respuesta

μ = media poblacional

A_i = efecto de sitios de envejecimiento

B_j = efecto de recipientes

AB_{ij} = interacción de sitios de envejecimiento por recipientes.

ε_{ijk} = error experimental

$i = 1, 2, \dots$ sitios

$j = 1, 2, \dots$ 4 recipientes

$k = 1, 2, 3, \dots$ repeticiones

Las medias de los factores que presentaron significancia, se compararon por diferencia mínima significativa (DMS 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Antes de Envejecimiento

Contenido de Humedad

La alta humedad relativa es uno de los factores de estrés de esta prueba y como menciona Perry (1980) es una de las variables que mas influye en el deterioro de semillas y por lo tanto en los resultados de la prueba, y de acuerdo a la relación existente entre el deterioro y vigor (Ram y Wiesner, 1988) a mayor humedad existe mayor deterioro en la semilla y una mayor disminución en el vigor de la misma. El Cuadro 4.1 muestra los contenidos de humedad de los lotes de semilla utilizados, al momento de recibir las muestras como durante el desarrollo de este estudio. Puede observarse que estos fueron bajos, encontrándose en un rango de 7.67 a 11.46 por ciento, con una media de 9.27 por ciento antes del experimento. Estos contenidos de humedad tendieron a equilibrarse durante el período del estudio en el laboratorio, de tal manera que en la determinación efectuada durante las pruebas los contenidos de humedad de la semilla oscilaban entre 9.06 y 9.80 con una media de 9.42 por ciento, considerándose aceptable el rango entre estos

contenidos de humedad para las pruebas ya que como lo sugiere McDonald (1977) es recomendable que los lotes de semillas a evaluar en envejecimiento acelerado tengan contenidos de humedad iguales o similares, permitiéndose una variación entre estos no mayor al dos por ciento (Association of Official Seed Analysts (AOSA), 1983).

Cuadro 4.1 Contenidos de humedad (%) de lotes de semilla de maíz, antes y durante la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.

Lote	Recepción muestras %	Durante evaluación %
62629	11.46	9.06
62633	9.95	9.80
62636	7.67	9.57
62638	8.14	9.62
62641	9.08	9.20
61699	9.33	9.32
MEDIA	9.27	9.42

Primer Conteo de Germinación, Germinación, Viabilidad y Peso Seco de Plántula

La calidad de los lotes de semillas antes del envejecimiento se muestra en el Cuadro 4.2 donde se observa a nivel numérico una similitud de alta calidad en cada una de las variables evaluadas lo cual se confirma con los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro 4.3), en los cuales no existe diferencia significativa entre los lotes para las cuatro variables del primer conteo (PC), germinación (GE), viabilidad (Vb) y peso seco de plántulas

(PS). Y se observa además en la Figura 4.1 que los lotes presentan la misma tendencia en las variables, PC, GE, y Vb, las cuales muestran un comportamiento lógico de valores en orden ascendente de vigor, germinación y viabilidad (AOSA, 1983).

Cuadro 4.2 Calidad inicial de cuatro variables de lotes de semilla de maíz, antes de la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.

Lote	Primer conteo	Germinación	Viabilidad	Peso seco
	de Germinación	%	%	mg/pl
	%	%	%	
62629	80	92	98	43.51
62633	73	92	97	44.62
62636	76	93	98	46.22
62638	74	92	99	45.46
62641	76	90	99	44.26
61699	72	91	97	46.77
Media	75	91	98	45.14

Ahora bien en las variables PC y PS como criterios de vigor se ven ciertas diferencias entre los mismos lotes (Cuadro 4.2) no obstante estadísticamente éstas no son significativas, por lo que los lotes aún en estos criterios de vigor son iguales (Cuadro 4.3). Asimismo puede observarse que los valores de PC son menores a GE y Vb lo cual es congruente con McDonald (1975 y 1977) al mencionar que la pérdida de vigor precede a la pérdida de germinación y viabilidad.

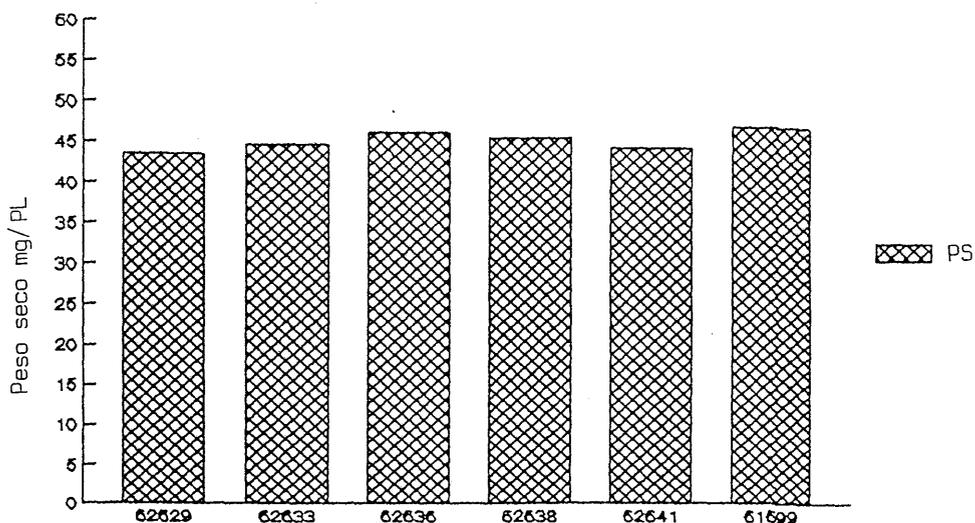
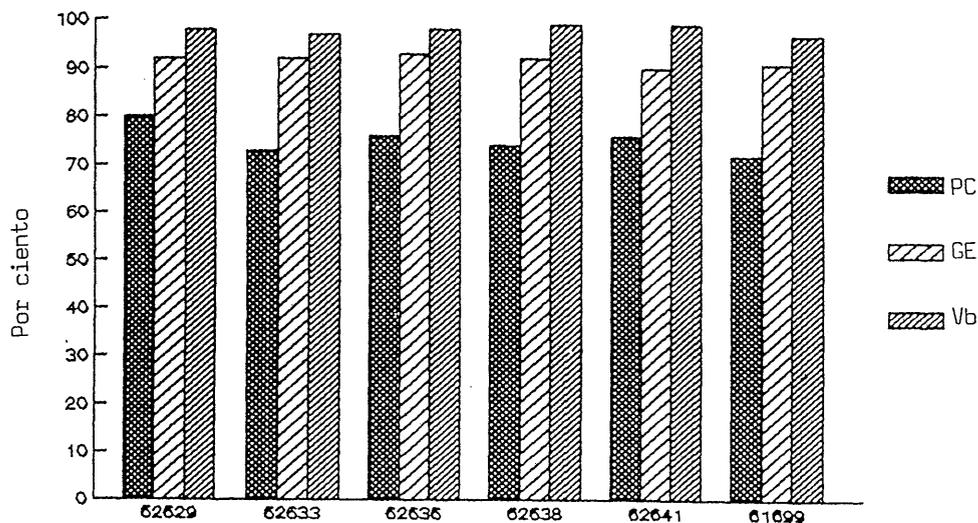


Figura 4.1. Comportamiento de la calidad inicial de lotes de semilla de maíz en las variables primer conteo de germinación (PC), germinación (GE), viabilidad (Vb) y peso seco de plántulas (PS) evaluadas al inicio del estudio.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios de cuatro variables de calidad de lotes de semilla de maíz antes de la evaluación de modalidades de envejecimiento acelerado.

F V	G L	Primer conteo	Germinación	Viabilidad	Peso seco
		de germinación	C M	C M	C M
LOTES	5	9.39	5.08	11.03	4.56
ERROR	12	54.41	9.75	5.14	18.64
C V %		12.20	4.22	2.74	9.56

La similitud en términos de calidad de los lotes en cada variable evaluada es explicable, si se considera que la semilla utilizada en este experimento provino de la misma cosecha del ciclo inmediato anterior al inicio de la fase experimental.

Índice Velocidad de Emergencia y Emergencia Total en Arena y Suelo

En referencia a los índices de velocidad de emergencia (IVE) se presentaron muy similares entre sí para los seis lotes con rangos entre 5.19 a 5.65 en arena y 5.17 a 5.89 en suelo, observándose una ligera superioridad a nivel de medias para el IVE en suelo que en arena 5.51 y 5.42 respectivamente (Cuadro 4.4) lo que reitera la similitud en la calidad antes del envejecimiento de los lotes utilizados al ser del mismo híbrido comercial.

En cuanto a la emergencia total, ésta se manifestó en forma similar, obteniéndose mayores porcentajes de emergencia en arena que en suelo (Cuadro 4.4). Sin embargo se advierte que los porcentajes de emergencia en suelo fueron menores a los obtenidos en las pruebas de laboratorio, situación que concuerda por lo expresado por Vanderlip *et al.* (1973), ya que en el tipo de sustrato suelo, la semilla fue sometida a condiciones más semejantes a campo. No obstante estadísticamente no se manifiesta diferencia entre lotes (Cuadro 4.5) es decir que la calidad de los mismos se manifestó aun similar que en las pruebas de laboratorio antes del envejecimiento (Cuadros 4.2 y 4.3).

Cuadro 4.4 Indices de velocidad de emergencia, emergencia total en arena y suelo, y prueba fría en lotes de semilla de maíz.

Lote	A r e n a		S u e l o		Prueba fría %
	IVE	Emergencia %	IVE	Emergencia %	
62629	5.19	92	5.65	74	55
62633	5.51	93	5.45	74	71
62636	5.47	94	5.68	78	68
62638	5.41	95	5.89	79	69
62641	5.34	92	5.17	70	65
61699	5.65	94	5.27	69	71
MEDIA	5.42	93	5.51	74	66

IVE = Indice Velocidad de Emergencia

Cuadro 4.5. Cuadrados medios de emergencia total en arena y en suelo de lotes de semilla de maíz.

F V	G L	A r e n a		S u e l o	
		C	M	C	M
Lotes	5	6.12		22.34	
Bloques	2	15.21		1.86	
Error	10	9.32		8.85	
C V %		4.03		4.98	

Vigor Mediante Prueba Fría

Se notan en las medias de resultados de vigor, estimado mediante la prueba fría, diferencias numéricas entre los lotes (Cuadro 4.4) ya que estos se encuentran en un rango de 55 a 71 por ciento considerándose como valores de bajo vigor (55 por ciento) y valores medios los restantes, aún cuando los resultados de germinación y viabilidad son altos (Cuadro 4.2). En el análisis de varianza (Cuadro 4.6) esas diferencias no son significativas, lo que pone de manifiesto que a pesar de las diferencias en valores numéricos entre los lotes, no existen diferencias entre ellos, asimismo al igual que el PC (Cuadro 4.2) y emergencia en suelo (Cuadro 4.4) los resultados de la prueba fría muestran disminución en vigor teniéndose en esta última valores de vigor de bajo a medio. Observándose que por la mayor sensibilidad de estas pruebas es posible calificar el vigor en lotes de alta germinación.

Cuadro 4.6. Cuadrados medios de la prueba fría en lotes de semilla de maíz.

F V	G L	C M
Lotes	5	53.69
Error	18	19.57
C V %		8.07

Posterior al Envejecimiento

Contenido de Humedad

Los contenidos de humedad después del envejecimiento acelerado en cámara y horno, en los diferentes recipientes y para cada uno de los lotes se presentan en el Cuadro 4.7 puede observarse que estos presentan notable incremento, con rangos que van de 24.14 a 33.41 en la cámara y de 20.96 a 29.42 por ciento en el horno y cuyo comportamiento se observa en la Figura 4.2. Los contenidos de humedad de los lotes parecen estar relacionados con la cercanía del volumen de agua a la semilla, es decir que a mayor cercanía de la semilla al agua en el recipiente usado para envejecimiento como cámara interna, la ganancia de humedad fue mayor en la cámara de envejecimiento, pero esta misma tendencia se observa en el horno aunque siendo los contenidos de humedad menores. Asimismo influyó la mayor distribución de semilla a medida que el recipiente fue mayor, lográndose condiciones más uniformes de absorción y

Cuadro 4.7. Contenido de humedad (%) en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

Lote	Cámara/Recipientes				Horno/Recipientes			
	1	2	3	4	1	2	3	4
62629	25.35	27.12	29.83	30.57	21.19	28.73	29.03	27.22
62633	28.26	24.93	32.27	33.01	23.42	29.42	28.43	26.36
62636	24.42	28.41	28.77	27.39	21.62	27.79	26.72	26.36
62638	26.84	29.67	28.91	30.03	22.23	27.81	27.20	27.74
62641	28.16	26.05	32.24	33.41	22.79	29.02	28.86	28.37
61699	24.14	28.20	29.74	28.62	20.96	27.72	28.83	27.83
Promedio	26.19	27.39	30.29	30.50	22.03	28.41	28.17	27.51

Vaso precipitado Vp (1)
 Caja chica Cch (2)
 Caja media Cm (3)
 Caja grande Cg (4)

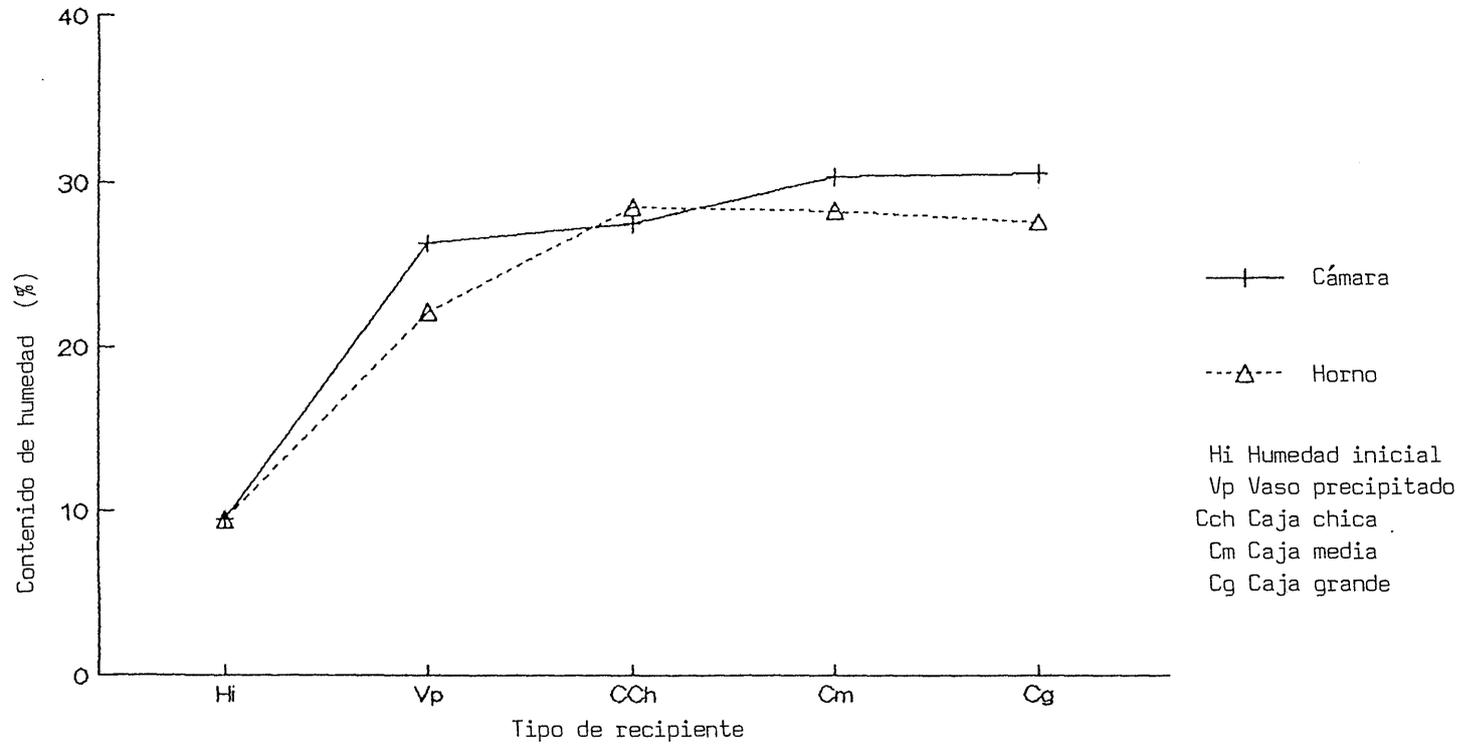


Figura 4.2. Medias de contenido de humedad alcanzados en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

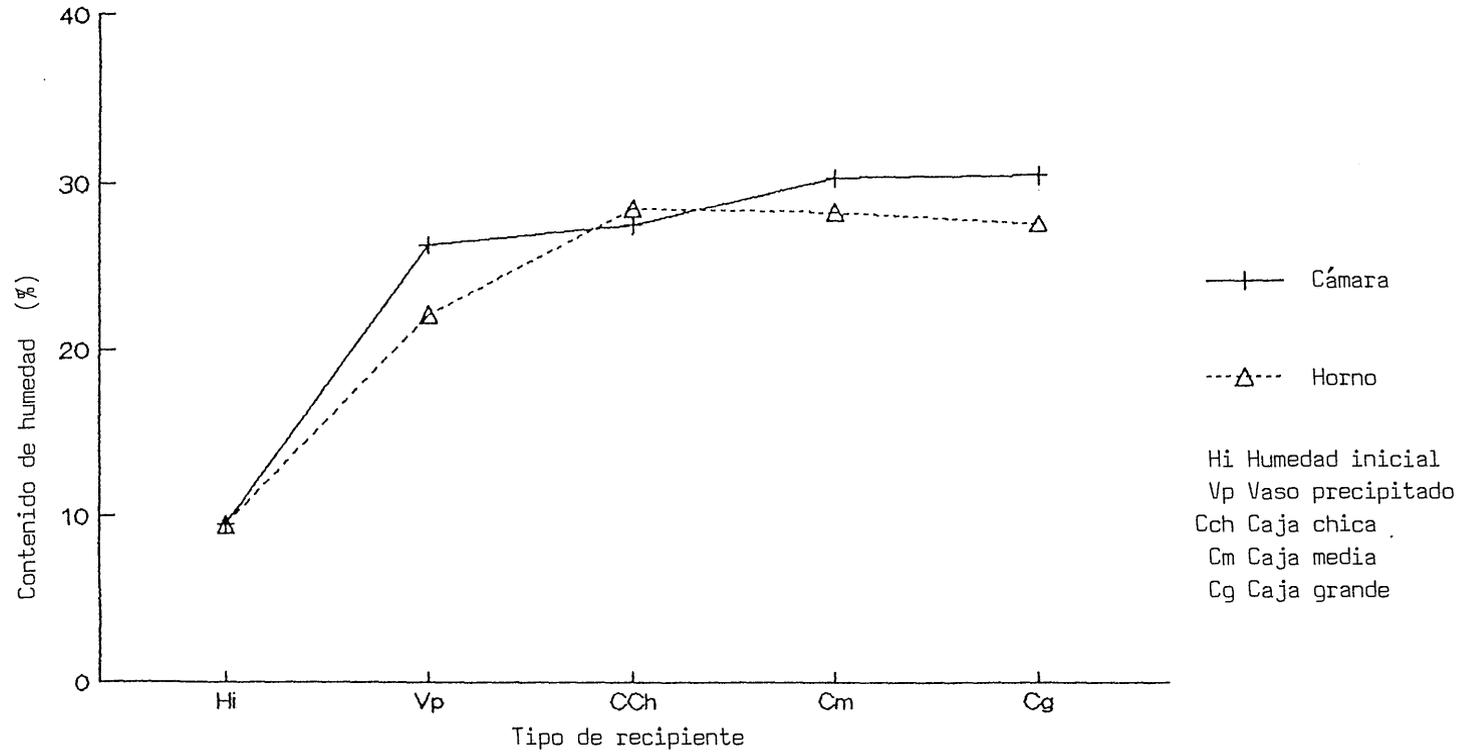


Figura 4.2. Medias de contenido de humedad alcanzados en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

por ende una mayor absorción de humedad. Esto concuerda con lo expuesto por Matthews y Powell (1981) quienes mencionan que los lotes de semillas absorben humedad a distintos grados de la atmósfera saturada de agua.

El análisis de varianza de los contenidos de humedad del envejecimiento se muestra mediante los cuadrados medios del Cuadro 4.8 donde se puede establecer que si existen diferencias significativas y altamente significativas ($P = 0.05$ y 0.01) para los seis lotes entre sitios de envejecimiento cámara y horno. Al hacer una comparación de medias (Cuadro 4.9) se observa que el contenido de humedad de la semilla fue mayor en la cámara, siendo de 27.33 a 29.90 por ciento, mientras que en el horno la ganancia fue de 26.44 a 27.19, lo cual está de acuerdo con la diferencia de humedad relativa que existió entre ambos sitios de envejecimiento, ya que en la cámara, además del volumen de agua que se adicionó a los recipientes (cámara interna), ésta cuenta con un volumen de agua en el fondo lo que hace una atmósfera de alta humedad relativa, esto puede ser una ventaja, según el grado de deterioro que se persigue concomitante al período de envejecimiento y especie bajo evaluación.

Igualmente con respecto a los recipientes el análisis de varianza muestra una diferencia altamente significativa ($P = 0.01$) en los seis lotes (Cuadro 4.8) y en

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del contenido de humedad en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.

Lotes		62629	62633	62636	62638	62641	61699
F V	G L	C M	C M	C M	C M	C M	C M
Sítios	1	7.30*	13.76**	6.46*	17.08**	17.74**	8.80**
Recipientes	3	20.18**	12.50**	14.71**	10.78**	16.33**	20.65**
Interacción	3	4.50*	13.24**	0.73	1.27**	9.43**	1.32
Error	16	2.42	1.07	0.18	1.16	1.17	0.70
C V %		4.94	3.22	1.38	3.40	3.35	2.70

** Significativo a $P = 0.01$

* Significativo a $P = 0.05$

Cuadro 4.9. Comparación de medias del contenido de humedad en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.

Lotes	62629	62633	62636	62638	62641	61699
Sitios Envejecimiento						
Cámara	28.18 A	29.55 A	27.33 A	28.84 A	29.90 A	27.64 A
Horno	26.44 A	27.17 B	25.69 B	26.20 B	27.19 B	25.76 B
Recipientes						
Caja grande	28.86 A	30.24 A	27.31 A	28.86 A	30.83 A	28.20 A
Caja media	29.38 A	30.30 A	27.74 A	28.05 A	30.52 A	28.25 A
Caja chica	27.89 A	27.12 B	28.09 A	28.71 A	27.52 B	27.96 A
Vaso precip	23.24 B	25.79 B	23.00 B	24.47 B	25.39 C	22.52 B

la separación de medias (DMS 0.05, Cuadro 4.9) se encontró claras diferencias entre los dos sitios de envejecimiento, asimismo entre recipientes donde el vaso de precipitado mostró la menor ganancia de humedad por las semillas, de 22.52 a 25.79 por ciento, en comparación con los demás recipientes que fueron similares entre sí y cuya absorción de humedad por la semilla fue mayor, 27.12 y hasta 30.83 por ciento.

Primer Conteo de Germinación, Germinación, Viabilidad y Peso Seco de Plántulas

Los porcentajes de primer conteo de germinación después de envejecimiento (PCEA) fueron más bajos numéricamente en la cámara con valores promedio de 73 por ciento en el vaso de precipitado (Vp), 69 en la caja chica (Cch), 65 en caja media (Cm) y 67 en la caja grande (Cg). Mientras que en el horno los valores fueron de 67 por ciento para Vp, 75 en Cch, 76 en Cm y 78 para Cg (Cuadro 4.10) y en la Figura 4.3 se observa esta situación en donde a nivel general sí se obtuvieron mayores valores en porcentaje promedio para la variable PCEA en el horno (74 por ciento) que en la cámara, (68 por ciento).

Con tendencia similar observamos en el Cuadro 4.10 y en la Figura 4.4 el comportamiento de los porcentajes promedio de la variable germinación después de

Cuadro 4.10. Resultados del primer conteo de germinación y germinación en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

Lote	Primer Conteo (%)								Germinacion (%)							
	Camara				Horno				Camara				Horno			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
62629	79	89	80	77	56	73	71	76	84	81	82	77	72	75	75	82
62633	78	57	53	56	64	72	74	76	85	76	68	71	76	76	80	81
63636	75	75	63	75	84	89	92	93	84	81	77	83	90	90	93	94
62638	72	82	78	76	64	65	65	70	84	87	82	83	81	80	80	81
62641	64	51	57	48	56	71	68	67	76	72	69	63	68	75	75	74
61699	75	69	63	70	78	84	87	87	82	75	70	83	87	84	89	88
Media Recip.	73	69	65	67	67	75	76	78	82	78	74	76	91	79	80	82
Media sitios	68				74				77				83			

Recipientes

Vaso precipitado	Vp (1)
Caja chica	Cch (2)
Caja media	Cm (3)
Caja grande	Cg (4)

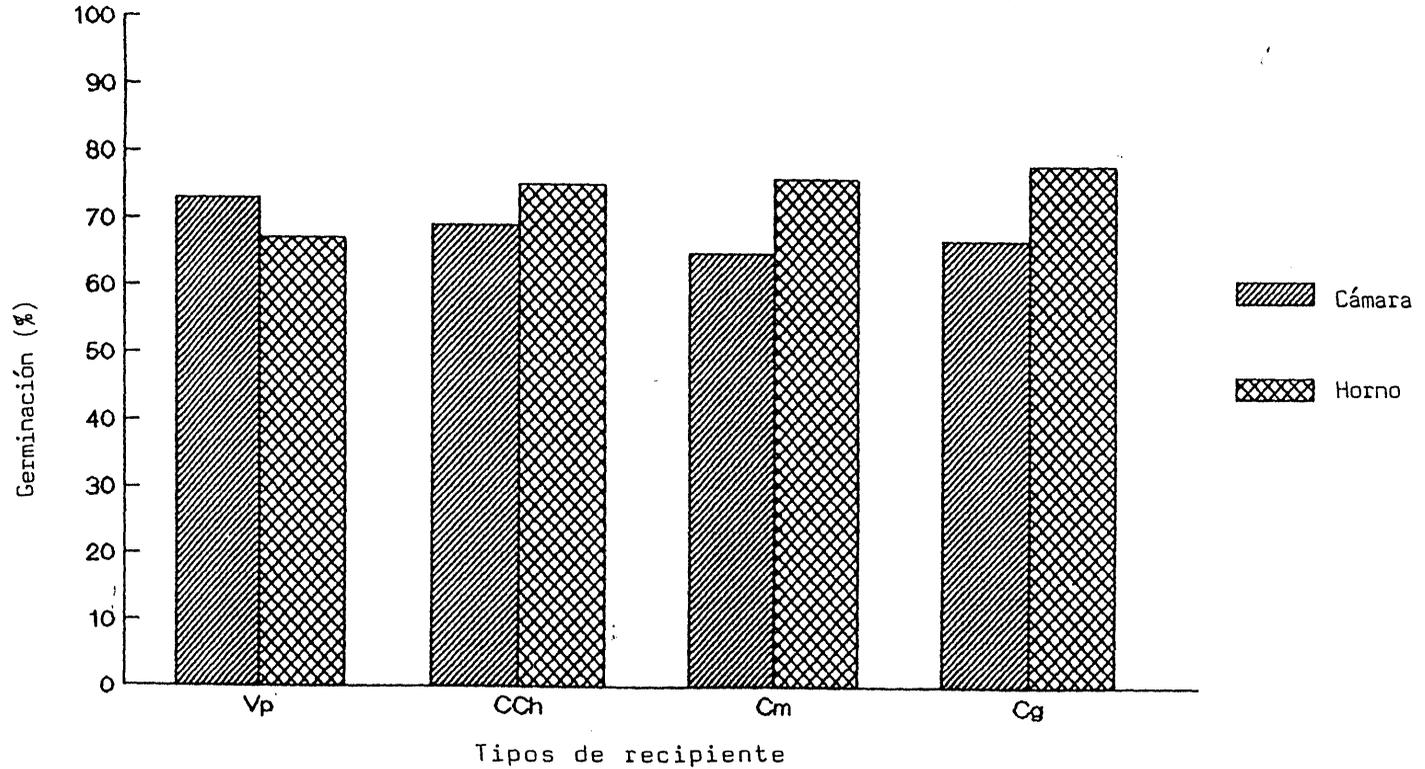


Figura 4.3. Comportamiento del primer conteo de germinación (PCEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

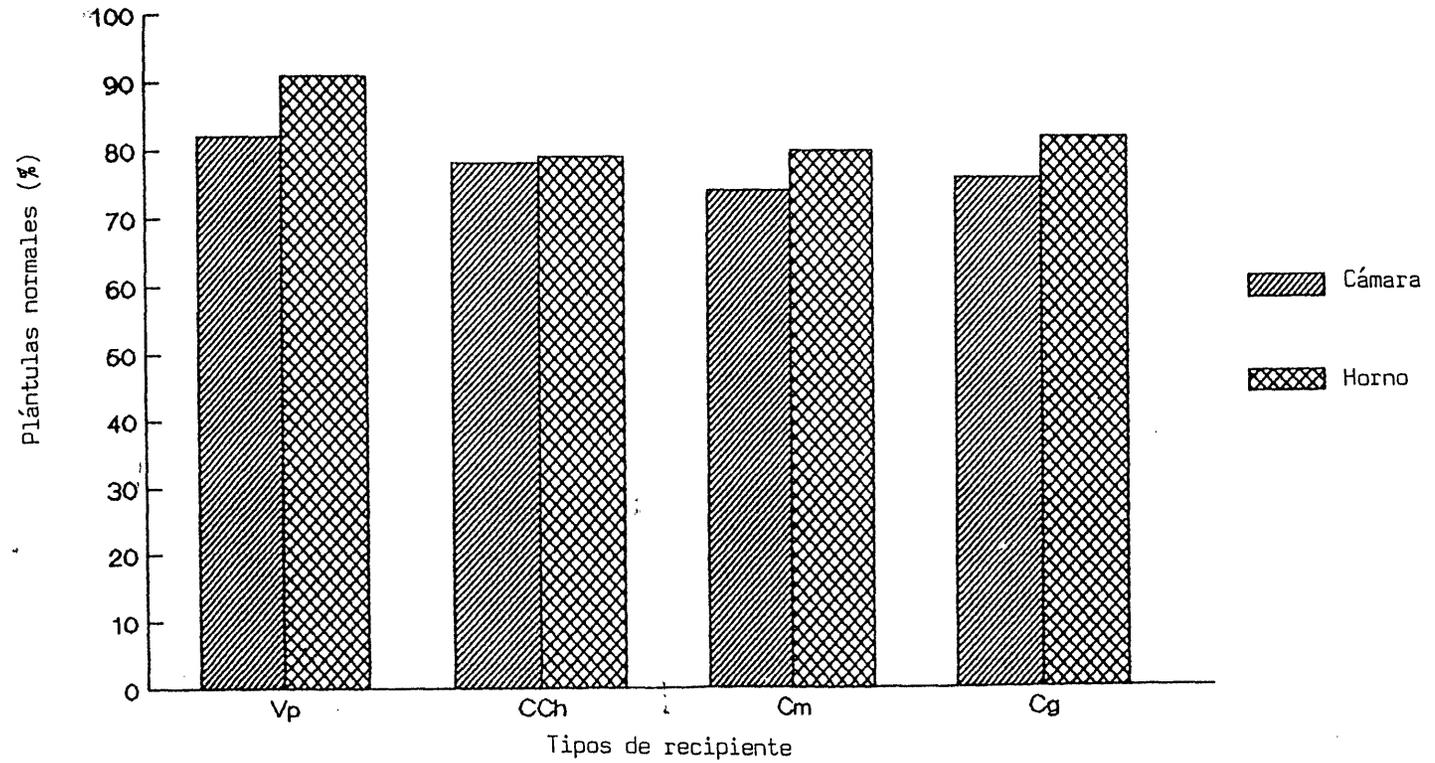


Figura 4.4. Comportamiento de la germinación (GEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

envejecimiento (GEA) cuyos valores en la cámara son menores 82 por ciento en Vp, 78 en Cch, 74 en Cm y 76 para Cg. Entre tanto para esta variable en el horno los resultados fueron de 91 para Vp, 79 en Cch, 80 en Cm y 82 en Cg, con promedios generales de 77 para cámara y 83 por ciento para horno.

Asimismo al analizar viabilidad después de envejecimiento (VbEA) podemos ver (Cuadro 4.11) como sigue manifestándose la misma tendencia de los resultados aunque los promedios generales con menos diferencias entre los sitios de envejecimiento cámara con 84 por ciento y horno con 87 por ciento (Figura 4.5) donde los porcentajes promedios para cámara son de 89 por ciento en Vp 85 para Cch, 82 en Cm y 83 en Cg. En el horno estos promedios son de 86 por ciento para Vp, 88 en Cch y Cm, y 89 para Cg.

Con respecto al peso seco de plántula después de envejecimiento (PSEA) al observar los resultados (Cuadro 4.11) se nota que el comportamiento es paralelo a las variables anteriores y los valores promedio en mg/pl son menores en la cámara 41.77 y 43.92 en el horno, con valores para los recipientes de 42.9 mg/pl en Vp. 42.1 en Cch. 40.7 para Cm y 41.4 en Cg, por lo que en horno estos resultados son 42.2 mg/pl para Vp, 43.3 en Cch, 45.0 en Cm y 45.2 para Cg. Tendencia que se observa en la Figura 4.6.

Cuadro 4.11. Resultados de viabilidad y peso seco de plántulas en lotes de semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

Lote	Viabilidad (%)								Peso seco mg/pl							
	Camara				Horno				Camara				Horno			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
62629	90	87	90	84	78	83	82	88	43.1	45.3	34.0	45.7	39.2	39.1	45.5	42.4
62633	93	85	78	79	84	86	88	88	41.3	34.7	36.6	35.7	43.1	40.1	44.7	41.6
62636	89	84	85	87	94	95	96	97	48.3	48.6	43.7	37.4	44.2	49.8	48.7	50.0
62638	92	92	90	90	89	90	86	87	43.3	46.4	45.2	44.9	41.0	41.8	43.3	42.8
62641	87	83	78	75	79	86	85	85	36.7	32.8	37.5	36.6	42.4	43.3	39.2	44.4
61699	88	79	76	87	92	90	93	92	45.2	45.0	47.6	48.6	43.6	45.7	48.6	50.1
Media																
Recip.	89	85	82	83	86	88	88	89	42.9	42.1	40.7	41.4	42.2	43.3	45.0	45.2
Media																
Sitios	84				87				41.72				43.92			

Recipientes

- Vaso precipitado Vp (1)
 Caja chica Cch (2)
 Caja media Cm (3)
 Caja grande Cg (4)

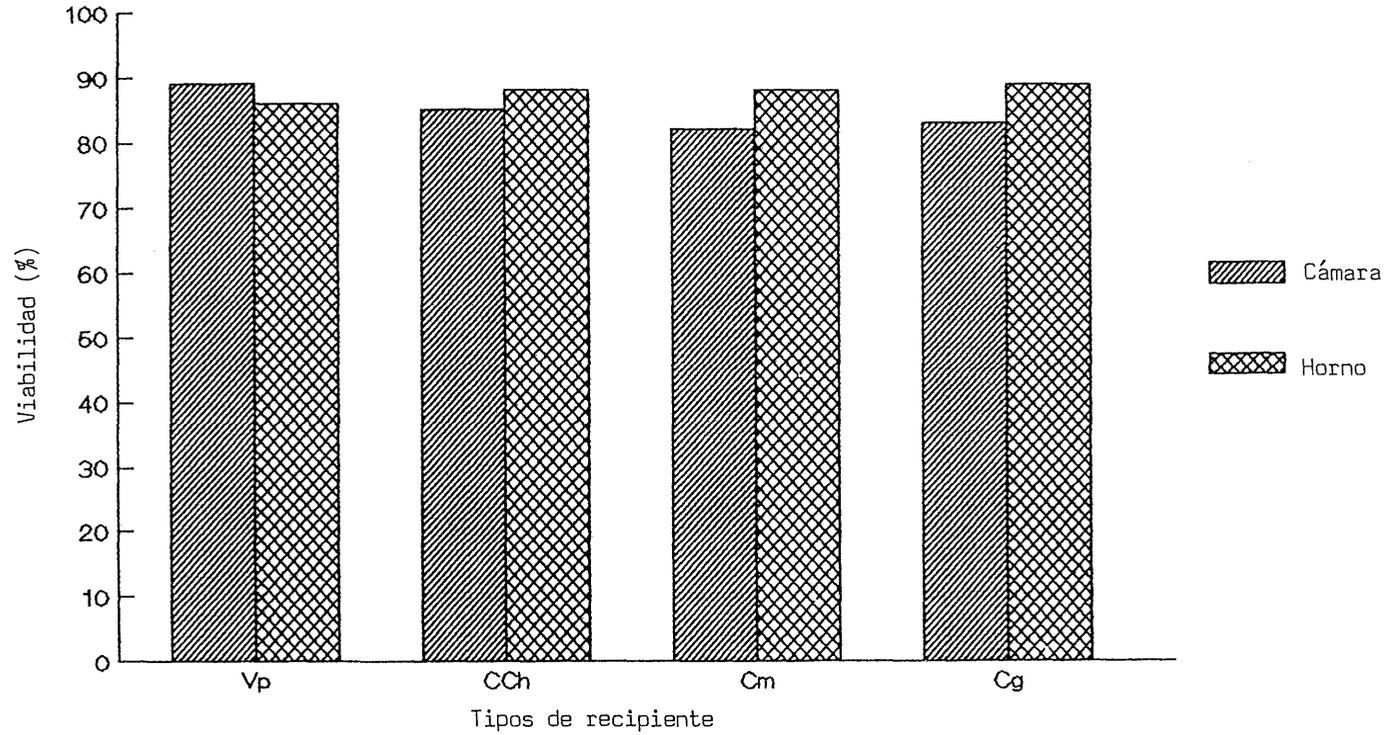


Figura 4.5. Comportamiento de la viabilidad (VbEA) en semilla de maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

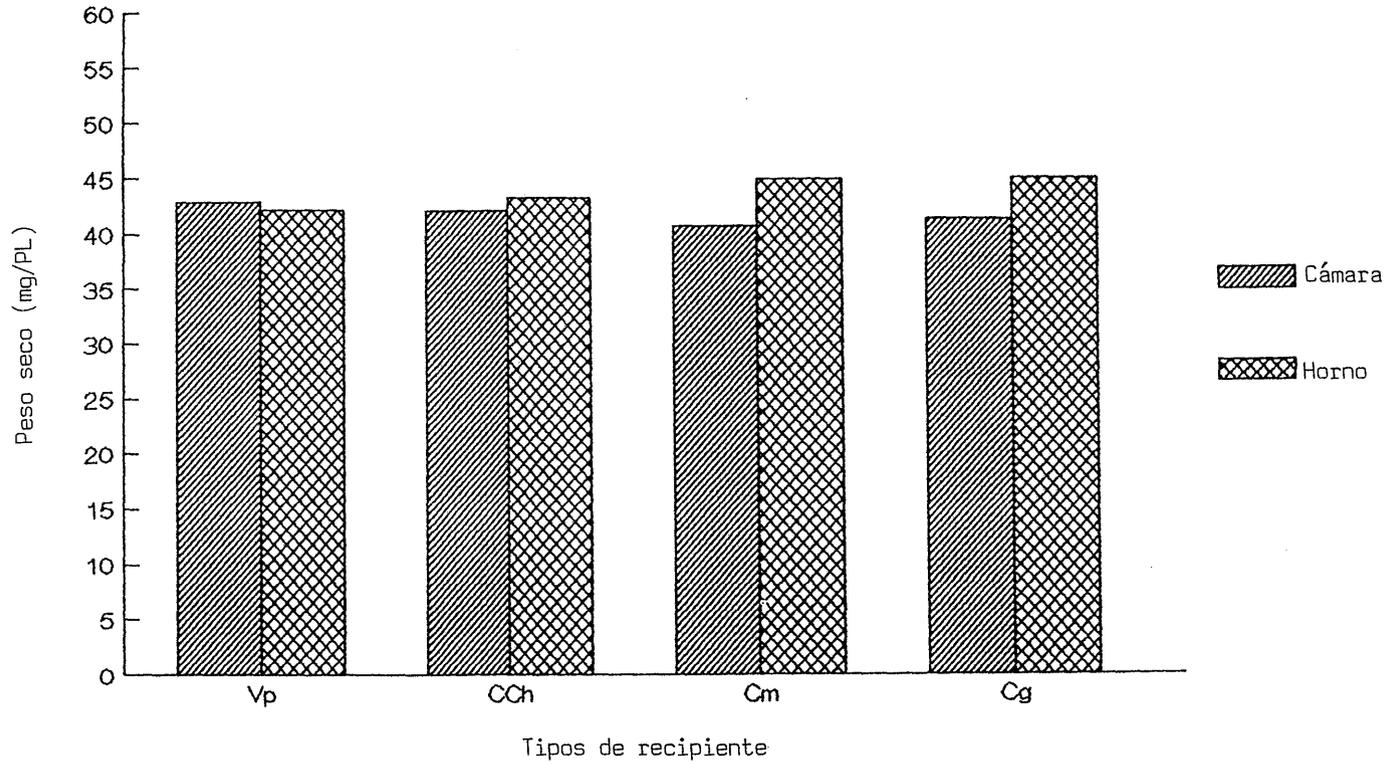


Figura 4.6. Comportamiento del peso seco de plántulas (PSEA) en semilla maíz después de envejecimiento acelerado en diferentes modalidades.

Estos resultados parecen indicar que la cámara como sitio de envejecimiento por su condición de una atmósfera más saturada de agua causa mayor estrés en la semilla que en el horno al permitir una mayor absorción de humedad y por ende un mayor grado de deterioro lo que coincide a lo mencionado por McDonald (1977) al identificar que la humedad relativa influye en el grado de deterioro de la semilla y a su vez el grado de deterioro se ve incrementado por la exposición a niveles muy adversos de este factor adicionado a la temperatura según Kulik y Yaklich (1982). La diferencia de resultados a nivel numérico tanto entre sitios de envejecimiento como entre recipientes es lógica, lo cual es manifestado por Goff (1971) cuando refiere que lotes con resultados de germinación comparables responden diferente al ser sometidos al proceso de envejecimiento.

Sin embargo al analizar los cuadrados medios de las variables PCEA, GEA y VbEA presentados en los Cuadros 4.10, 4.11 y 4.12 no se encontró diferencia significativa entre los sitios de envejecimiento cámara y horno para cuatro lotes, sin embargo los lotes 62636 y 61699 si presentaron diferencias significativas y altamente significativas en las variables citadas. En la variable PSEA la significancia se presentó únicamente en el lote 62641 (Cuadro 4.15) para sitios de envejecimiento. Las significancias en estos lotes puede haberse debido a que en el momento de la prueba las condiciones de la cámara y el horno aún cuando fueron

controladas pudieron verse alteradas causando un incremento en la tasa de deterioro a la semilla en estos lotes, que originó se presentaran diferencias entre los sitios de envejecimiento cámara y horno.

En general estos resultados permiten asumir que tanto la cámara como el horno se desempeñan bien como sitios de envejecimiento y los resultados sugieren que la cámara puede utilizarse en el envejecimiento extremo para aquellas especies con alta longevidad y capacidad de almacenamiento ya que la tasa de deterioro de semilla bajo estas condiciones se ve grandemente incrementada al ser expuestas a las variables ambientales más importantes que influyen en el deterioro como son la temperatura alta 40-45^oC y alta humedad relativa mayor a 90 por ciento por períodos cortos de tiempo (AOSA, 1983).

Por otro lado al establecer en este estudio que el horno puede ser usado como recurso para establecer la prueba de envejecimiento en aquellos lugares donde no existe una cámara especial para este efecto, no se descarta la posibilidad de uso en el envejecimiento de especies más susceptibles al grado de deterioro, vevigracia leguminosas.

En el caso de recipientes como ya se anotó, la tendencia en resultados fue similar (Cuadros 4.10 y 4.11) con porcentajes menores en cámara y mayores en horno. Aunque

se observa una relación inversa con el porcentaje de absorción de humedad por la semilla en cada recipiente (Cuadro 4.7 y 4.8) ya que si se visualizan los valores del Vp en cámara para PCEA, GEA, VBEA, y PSEA, estos son mayores, por lo que se presume que se debió a que en estos recipientes el porcentaje de humedad de la semilla después de envejecimiento fue menor y por ende el grado de deterioro, dando como resultado mayores valores en los resultados. Por otro lado con el resto de recipientes sucedió lo contrario ya que la absorción de la humedad fue mayor a mayor cercanía de la semilla con respecto al volumen de agua del recipiente y la distribución de la misma a medida que el recipiente fue mayor, lográndose condiciones más uniformes de absorción y por ende una mayor absorción de humedad, lo que causó se manifestara un mayor grado de deterioro que resultó en menores valores en las variables evaluadas. La variación en los resultados de los recipientes en el horno se manifiesta también, resultados que en conjunto concuerdan con lo aseverado por Moreno y Rivas (1990) al mencionar que con la variación de la humedad de la semilla durante el proceso de envejecimiento acelerado se tiene diferencia en los resultados obtenidos. Sin embargo aún cuando se marcan estas diferencias numéricas en los recipientes, éstas no son significativas estadísticamente como se observa en los cuadrados medios de las cuatro variables de los Cuadros 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15 lo que pone de manifiesto que diferentes recipientes pueden ser

Cuadro 4.12. Cuadrados medios del primer conteo de germinación (PCEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.

Lotes		62629	62633	62636	62638	62641	61699
F V	GL	C M	C M	C M	C M	C M	C M
Sitios	1	180.31	229.53	930.48**	250.43	216.42	581.58**
Recip.	3	57.78	28.94	25.49	18.98	9.72	4.37
Interac.	3	63.40	163.80	56.54	17.32	97.98	52.54
Error	16	189.21	76.76	81.08	240.14	91.16	50.28
C V %		22.74	15.89	13.76	26.22	18.58	11.45

**Significativo a P = 0.01

Cuadro 4.13. Cuadrados medios de germinación (GEA) en lotes de semilla de maíz bajo diferentes modalidades de envejecimiento acelerado.

Lotes		62629	62633	62636	62638	62641	61699
F V	GL	C M	C M	C M	C M	C M	C M
Sitios	1	25.21	18.71	446.64**	15.23	19.44	270.52**
Recip.	3	0.82	28.48	6.99	7.42	10.66	31.71
Interac.	3	31.51	67.54	17.64	5.98	41.58	30.18
Error	16	129.44	34.40	35.87	72.90	52.35	44.80
C V %		17.89	9.50	8.60	12.86	12.41	10.14

** Significativo a P = 0.01

utilizados como cámaras internas, pero debe tenerse en cuenta el tipo de semilla, período de envejecimiento, asimismo el tamaño de la semilla que es muy importante en la elección del recipiente apropiado además de su bajo costo y facilidad de operación, y que proporcione a la semilla ubicada en su interior, condiciones requeridas por la prueba, de tal forma que sean uniformes cada vez que se corre un ensayo, ya que la exposición de todas las semillas a las mismas condiciones es un factor decisivo en la obtención de resultados acertados.

Al considerar las variables PCEA y PSEA como indicadoras en un momento dado del grado de deterioro provocado por los sitios y recipientes a las semillas puede decirse que ambos tienen un comportamiento similar al no encontrarse diferencias significativas en la mayoría de los lotes aún cuando en estos se hayan manifestado diferencias numéricas manteniendo su comportamiento similar en el deterioro provocado a la semilla en los sitios y recipientes y no encontrándose tampoco diferencias significativas en GEA y VbEA para la mayoría de los lotes (Cuadros 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15).

Con respecto a las diferencias numéricas observadas en las variables PCEA, GEA, VbEA y PSEA a nivel de medias (Cuadros 4.10 y 4.11) podemos decir que como valores de vigor quedan dentro de un mismo nivel, si consideramos

rangos de valores para vigor alto, medio y bajo, siendo entonces que estas diferencias entre valores no son relevantes indicando un mismo nivel de vigor.

En cuanto a las modalidades de envejecimiento resultantes de la combinación de los sitios y recipientes bajo condiciones del presente estudio, detectaron la disminución del vigor de los lotes de semillas lo cual puede observarse al comparar la calidad de la semilla antes de envejecimiento en los resultados del Cuadro 4.2 de las variables evaluadas y los resultados de los Cuadros 4.10 y 4.11 después de envejecida la semilla, en los cuales los porcentajes fueron menores en las mismas variables, lo que indica que el vigor se expresó, disminuído como resultado del proceso de envejecimiento, siendo detectado como ya se mencionó por las modalidades de envejecimiento evaluadas en este estudio.

En el mismo orden de ideas se considera también que la prueba de primer conteo de germinación fue capaz de identificar el vigor tanto en semillas sin envejecer (Cuadro 4.2) como en semillas envejecidas (Cuadro 4.10) donde se observa que los porcentajes son más bajos como resultado del proceso de envejecimiento y lo estricto de este criterio para calificar este atributo en el momento que se determinó.

CONCLUSIONES

En base al análisis de los resultados y respecto a los objetivos del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Existen diferencias en los niveles de humedad alcanzados por las semillas al usar sitios para envejecimiento con y sin humedad, así como diferentes recipientes.
2. La cámara con humedad interior permite alcanzar contenidos de humedad más altos por la semilla.
3. La ganancia de humedad por la semilla en el vaso de precipitado fue menor y diferente al resto de recipientes.
4. No obstante las diferencias de humedad anteriores, no existe diferencia en el grado de deterioro provocado a la semilla por los sitios y recipientes de envejecimiento utilizados en el presente estudio.
5. Las modalidades para envejecimiento bajo las condiciones del presente estudio en las variables primer conteo de germinación, germinación, viabilidad y peso seco de

plántulas detectaron la disminución en vigor con relación a calidad inicial.

6. Los niveles de vigor detectados por las diferentes modalidades fueron mayores a los encontrados en prueba fría pero muy similares a emergencia en suelo.

RESUMEN

La prueba de germinación es una de las pruebas estandarizadas que permite evaluar la condición fisiológica de la semilla, considerándose el índice de mayor confiabilidad y aplicación, en el comercio de semillas pero dado las condiciones óptimas bajo las que se realiza no aporta información sobre el vigor o comportamiento de la semilla en campo bajo un rango amplio de condiciones, atributo que cada vez se le da más atención y requiere ser evaluado por aportar una más amplia información con respecto al funcionamiento de la simiente.

A la fecha se han desarrollado metodologías confiables para la determinación del vigor, pero no han sido adoptadas por laboratorios de México y Guatemala, que efectúan el control de calidad interno y externo debido a que en muchos casos no se cuenta con equipo y facilidades que permitan su uso como pruebas rutinarias.

El trabajo de investigación en cuestión tuvo como objetivos evaluar dos tipos de cámaras (sitios) con y sin humedad y cuatro recipientes que en conjunto constituyeron las modalidades para envejecimiento acelerado a probar en la

estimación del vigor. Para lo cual en seis lotes de semilla de maíz híbrido se evaluaron las variables contenido de humedad, primer conteo de germinación, viabilidad y peso seco de plántulas que posteriormente se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio de dos factores con tres repeticiones.

De las variables evaluadas, se observó que existen diferencias en los niveles de humedad alcanzados por la semilla al usar sitios para envejecimiento con y sin humedad, así como diferentes recipientes, de estos la cámara con humedad interna permite alcanzar contenidos de humedad más altos y en el vaso de precipitado usado como recipiente, la ganancia de humedad por las semillas fue menor y diferente al resto de recipientes.

No obstante las diferencias de humedad anteriores no existe diferencia en el grado de deterioro provocado a la semilla como resultado del uso de diferentes sitios y recipientes en el envejecimiento de semilla. Por lo que se cree que las modalidades de envejecimiento bajo las condiciones del presente estudio, detectaron las disminuciones de vigor con relación a la calidad inicial de los lotes de semilla de maíz utilizados, cuyos niveles de vigor fueron mayores a los encontrados en la prueba fría, pero muy similares a emergencia en suelo.

LITERATURA CITADA

- Amaral, A. D. S. 1984. Early aging a test of seed vigour. Sedd Abstracts. 7(11):366. Oxford, England.
- Anfinrud, M. N. and A. A. Schneiter 1984. Relationship of sunflower germination and vigor test to field performance. Crop. Sci. Vol 24: 341 - 344. U.S.A.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA) 1983. Seed vigor testing. Handbook. Contribution No. 32. 82 P. U.S.A.
- Bustamante G., L. A. 1982. Análisis de semillas. Memorias del Curso de Actualización Sobre Tecnología de Semillas. UAAAN-AMSAC. 99-106. México.
- Copeland, L. O. and M. B. McDonald 1985. Principles of Seed Science and Technology. 2ed. Burgess Publishing Company. 121 - 144. U.S.A.
- Delouche, J. C. and Caldwell. 1960. Seed vigor and vigor test. Proc. Assoc. Offic. Seed Anal. 50: 124-129. U. S. A. 129. U. S. A.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin, 1976. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and Technol. 1(2): 427-452. U.S.A.

- Delouche, J.C., S. T. Wayne, M. Raspet, y M. Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de la semilla con tetrazol. Estación Experimental Agrícola de la Universidad Estatal de Mississippi. Depto. de Agronomía. Tecnología de Semillas. Escuela Superior del Estado de Mississippi. 24-36. U.S.A.
- Ellis, R. H. y E. H. Roberts, 1980. Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla. EN: Habbblethwaite, P.D. Producción Moderna de Semillas Escuela de Agricultura, Universidad de Nottingham. Ed. Hemisferio Sur. 693-701. England.
- Feistritzer, W. P. 1975. Cereal Seed Technology. A Manual of Cereal Seed Production, Quality, Control and Distribution FAO - United Nations. 87-93. Rome.
- Fiala, F. 1981. Cold test. In: Perry D. A. Handbook of Vigor tests methods, The International Seed Testing Association. 56-60. Switzerland. Switzerland.
- Filgueiras, T. O. 1981. Seed vigor and Productivity. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 16(6): 851-854 Brasilia.
- Goff, J. 1971. Accelerated aging tests at work. Seeds month's Digest, 22(10) 8-9,14, y 27. U.S.A.
- Grabe, D.F. 1976 Measurement of seed vigor. Journal of Seed Technology. 1(2):11-6. U.S.A.
- Heydecker, W. 1969. Report of the vigor test committee 1965-1968. Proceedings of the International Seed Testing Association. 34, 751-774. Hollande.

International Seed Testing Association (ISTA) 1981. Handbook of vigor tests methods. 55 p. Switzerland.

1985. International Rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 13: 299 -355. The Netherlands.

Isely, D. 1950. The cold test for corn. Proc. Int. Seed Test Association. 16: 299-311. U.S.A.

James, D. F. 1984. Vigor determination of soybean seeds (*Glycine max*, L. Merrill) after accelerated aging. Seed Abstracts. 7(5):124. Oxford, England.

Jijón V, L. A., A. C. S. A. Barros, L. M. B. Labbé. 1984. Effect of mechanical damage on seed quality in soybean (*Glycine max*, L. Merrill). Seed Abstracts. 7(12): 376. Oxford, England.

Johnson, R. R. and L. M. Wax. 1978. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. Agronomy Jour. 70(2): 273-278. U.S.A.

Krzyzanowski, F. C., C. J. Días, C. A. Scotti, and Ferreira, D. S. J. 1982. O envelhecimento precoce na avaliação de lotes de sementes de feijoeiro. Revista Brasileira de Sementes. 4(1): 12-18. Brasília.

Kulik, M. M. and R. W. Yaklich, 1982. Evaluation of vigor test in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand, bench and speed of germination test to field performance. Crop. Sci. Vol. 22: 766 - 800. U.S.A.

Lees, P. 1980. Vigor de las semillas clave de mejores cosechas. Rev. Agricultura de las Américas. VII, 14,

15, 38 y 39. México. y 39. México.

Likhatchev, B. S.; G. V. Zelenky, Y. G. Kiashko, and Shevchenko, Z. N. 1984. Modelling of seed ageing. Seed Sci. and Technol. 12: 385-393. The Netherlands.

Little, T.M. y F J. Hills, 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Edit. Trillas. p 53, 59, y 139. México.

Loeffler, N, L.; J. L. Meir and J. S. Burris. 1985 Comparison of two cold test procedures for use en maize drying studies. Seed Sci. and Technol. 13. The Netherlands.

Maeda, J. A., E. Zinke, L. D'A. DE. Almeida. 1984. Test of vigor: rapid aging of bean seeds. Seed Abstracts. 7(4):161. Oxford, England.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177. U.S.A.

Matthews, S. y A. A. Powel. 1981. Ensayo de deterioro controlado. EN: Manual de Métodos de Ensayos de Vigor. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. 39-45. España.

McDonald Jr., M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor tests. Proc. of Official Seed Analyts. Vol. 65: 117-122. U.S.A.

1977. The influence of seed moisture on the accelerated aging seed vigor test. Journal of Seed Technology. 2(1): 12-28. U.S.A.

- McDonald Jr., and B. Phannendranath. 1978. A modified accelerated aging seed vigor test for soybeans. *Journal of Seed Technology* 3(1): 27-37. U.S.A.
- Miranda F. 1984. Vigor y pruebas de vigor de semillas. Conferencia presentada en el VIII Curso de Postgrado en Tecnología de Semillas. CIAT, 18 p. Colombia.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. Instituto de Biología. 233-238. México.
- Moreno N., A. y J. A. Rivas S. 1990. La humedad de la semilla en el proceso de envejecimiento acelerado. Resúmenes XIII. Seminario Panamericano de Semillas, p. 8. Guatemala, C.A.
- Perry A. D. 1976. Seed vigor and seedling establishment. *Advances in research and technology of seeds*. Edit. J.R. Johnson, International Seed Testing Association, Part two. 62-85. The Netherlands.
- 1980. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. En: Hubblethwaite, P.D. *Producción Moderna de Semillas*. Escuela de Agricultura, Universidad de Nottingham. Ed. Hemisferio Sur. 693-701. England.
- 1981. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association. p 5. Switzerland.
- Popinigis, F. 1985. *Fisiología de Sementes*. 2da. Ed. 289 Brasilia D. F.

- Ram, C. and L. E. Wiesner. 1988 Effects of artificial ageing on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat. *Seed Sci and Technol.* 16: 579-587. The Netherlands.
- Rincón, S. F. 1989. Deterioro de Semillas de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillos, 85 p. México.
- Rodríguez O., C. C., A. C. S. A. Barros; E. P. Zonta and L. M.B. 1984. Prediction of storage potential of soybean seeds (*Glycine max* L. Merrill). *Seed Abstracts.* 7(12): 390. Oxford, England.
- Santiago R., L. H. 1988. Comportamiento de la germinación y del vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) de distinto origen genético y sometidas a diferentes temperaturas y sustratos. Tesis. UNAM, p 28 México.
- Sayers R., L. H. 1982. Pruebas de germinación y vigor. Memorias del Curso de Actualización sobre Tecnología de Semillas. UAAAN - AMSAC, 129-136. México.
- Steiner, J. J.; Trawatha, S.E. and K. J. Bradford 1990. Laboratory vigor test to predict pepper seedling field emergence performance. *Crop. Sci.* 30: 713-717. U.S.A.
- Tao, T. K. 1979. An evaluation of alternative methods of accelerated aging seed vigor tests for soybeans. *Journal of Seed Technol.* 3(2): 30-40. U.S.A.
- Tekrony, D. M. 1982. Seed vigor testing. *Journal of Seed Technol.* 8(1): 55-60. U.S.A.

Tekrony, D.M. and D. B. Egli. 1977. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor field emergence. *Crop. Sci.* 17: 573-577. U.S.A.

Usberti, R. 1982 a. Teste de envelhecimento acelerado en sementes de campin - coloniao. *Rev. Brasileira de Sementes.* 4(1): 23-30. Brasilia.

————— 1982 b. Influencia de tipo de recipiente no teste de envelhecimento acelerado en sementes de algodao. *Rev. Brasileira de Sementes.* 4(1): 14-22 Brasilia.

Vanderlip, R. L.; F. E. Mockel and H. Jan. 1973. Evaluation of vigor tests for sorghum seed. *Agronomy Journal.* 65(3): 486-488. U.S.A.