

24134



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

COMPORTAMIENTO DE LA GERMINACION Y EL VIGOR DE PLANTULA EN LINEAS E HIBRIDOS DE MAIZ (*Zea mays* L.) COMO RESPUESTA AL ENVEJECIMIENTO ACELERADO DE SEMILLAS

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO AGRICOLA

P r e s e n t a:
ALFONSO MARTINEZ LOEZA

DIRECTOR DE TESIS:
DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Calidad de Semilla.....	5
2.2 Viabilidad.....	6
2.3 Germinación.....	7
2.4 Vigor.....	8
2.5 Deterioro.....	10
2.6 Factores que Afectan el Vigor de la Semilla.....	11
2.7 Pruebas de Vigor.....	13
2.8 Manifestaciones del Deterioro de la Semilla.....	15
2.9 Vigor Híbrido.....	17
III. MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1 Lugar en que se Desarrolló el Trabajo Experimental..	25
3.2 Desarrollo de la Investigación.....	26
3.2.1 Determinación del tiempo para el tratamiento de envejecimiento acelerado.....	26

	Pág.	
3.2.1.1	Material genético.....	26
3.2.1.2	Diseño experimental y de tratamientos	26
3.2.1.3	Preparación de la semilla.....	27
3.2.1.4	Cámara de envejecimiento.....	27
3.2.1.5	Preparación de la cama de siembra...	28
3.2.1.6	Siembra.....	28
3.2.2	Evaluación de vigor y longevidad en 38 genotipo s de maíz.....	29
3.2.2.1	Material genético.....	29
3.2.2.2	Diseño experimental.....	29
3.2.2.3	Preparación de la semilla.....	29
3.2.2.4	Cámara de envejecimiento.....	31
3.2.2.5	Cama de siembra.....	32
3.2.2.6	Siembra.....	32
3.2.2.7	Extracción de plántulas.....	32
3.2.3	Evaluación comparativa de vigor y longevidad en 34 genotipos de maíz con y sin tratamiento de envejecimiento acelerado.....	32
3.2.3.1	Material genético.....	32
3.2.3.2	Diseño experimental y de tratamientos	33
3.2.3.3	Preparación de la semilla.....	33
3.2.3.4	Cámara de envejecimiento.....	33
3.2.3.5	Tratamiento de envejecimiento.....	33
3.2.3.6	Prueba de vigor.....	35
3.3	Variables Analizadas.....	36
3.4	Análisis Estadístico.....	38

IV. RESULTADOS.....	39
4.1 Determinación del Tiempo para el Tratamiento de <u>Envejecimiento Acelerado</u>	39
4.2 Evaluación de Vigor y Longevidad en 38 Genotipos de Maíz.....	42
4.3 Evaluación comparativa de Vigor y Longevidad en 34 <u>Ge</u> notipos de Maíz con y sin Tratamiento de <u>Envejecimien</u> to Acelerado.....	47
4.3.1 Análisis de varianza.....	47
4.3.2 Comparación de medias.....	49
4.3.2.1 Efecto del envejecimiento acelerado..	50
4.3.2.2 Porcentaje de reducción por efecto del envejecimiento acelerado.....	50
4.3.2.3 Comparación de vigor entre los 34 <u>ge</u> notipos de maíz.....	50
4.3.2.4 Comportamiento de la germinación en los 34 genotipos de maíz.....	52
4.3.3 Correlación entre variables.....	56
4.3.4 Comparación de heterosis.....	58
4.3.4.1 Heterosis de los híbridos sin exposición al tratamiento de envejecimiento acelerado.....	58
4.3.4.2 Heterosis de los híbridos bajo el <u>tra</u> tamiento de envejecimiento acelerado.	58
4.3.5 Relación entre los diferentes tipos de variables en estudio.....	61

	Pág.
4.3.6 Interacción genotipo-tratamiento.....	63
V. DISCUSION.....	69
5.1 Determinación del Tiempo para el Tratamiento de Envejecimiento Acelerado.....	69
5.2 Evaluación de Vigor y Longevidad en 38 Genotipos de Maíz.....	73
5.3 Evaluación Comparativa de Vigor y Longevidad en 34 Genotipos de Maíz Con y Sin Tratamiento de Envejecimiento Acelerado.....	76
5.3.1 Prueba de envejecimiento acelerado y vigor..	76
5.3.2 Comparación de vigor entre genotipos.....	77
5.3.3 Mejoramiento genético para vigor de semilla.	80
VI. CONCLUSIONES.....	83
VII. BIBLIOGRAFIA.....	86

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		Pág.
1	Materiales genéticos utilizados en la segunda y tercera fases de la investigación.....	30
2	Comportamiento de la temperatura durante el tratamiento de envejecimiento acelerado.....	34
3	Análisis de varianza del número de plántulas emergidas en la prueba de envejecimiento acelerado aplicado a la variedad CPS-V-191.....	39
4	Promedios de plántulas emergidas para los tiempos de envejecimiento aplicados a la variedad de maíz CPS-V-191.....	40
5	Promedios de plántulas emergidas correspondientes a la interacción "Tiempo de Envejecimiento" x "Secado", en la variedad de maíz CPS-V-191.....	41
6	Análisis de varianza en la evaluación de 38 genotipos de maíz sometidos a la prueba de Envejecimiento Acelerado.....	42
7	Prueba de medias para 38 genotipos de maíz evaluados por su respuesta al envejecimiento acelerado.....	43

8	Heterosis para las distintas variables bajo estudio en el híbrido doble, híbridos triples y cruza simples.....	45
9	Promedio de los valores obtenidos para cada uno de los grupos de materiales genéticos evaluados.....	46
10	Análisis de varianza de los componentes del vigor medidos en la evaluación, bajo la prueba de envejecimiento acelerado de 34 genotipos de maíz.....	48
11	Promedios de los tratamientos de envejecimiento para las 15 variables en estudio.....	49
12	Proporción de reducción, como efecto del envejecimiento acelerado, sobre las variables de peso seco para los 34 genotipos de maíz (%)......	51
13	Comparación de medias en las variables bajo estudio en la evaluación de 34 genotipos de maíz a las que se aplicó la prueba de envejecimiento acelerado....	54
14	Promedios de las diferentes variables medidas en la prueba de germinación de los 34 genotipos de maíz evaluados.....	55
15	Coefficientes de correlación y su significancia estadística entre características de la semilla, desarrollo de plántula y anomalías en la germinación	57

16	Valores de heterosis para cada variable en todos los híbridos, a partir de semilla sin tratamiento de envejecimiento acelerado.....	59
17	Valores de heterosis por cada variable en todos los híbridos, considerando el tratamiento de envejecimiento acelerado.....	60
18	Relación que guarda el peso inicial de semilla con el promedio de las variables de peso seco, proporción de reducción y heterosis.....	62

INDICE DE FIGURAS

FIGURA

1	Relación entre porcentaje de germinación y tiempo de envejecimiento.....	40
2	Relación entre porcentaje de germinación y la interacción tiempo de envejecimiento x secado.....	41
3	Efecto promedio del envejecimiento acelerado por grupo de variables a nivel parcela e individual para los 34 genotipos de maíz.....	53
4	Comportamiento de la interacción genotipo-tratamiento de envejecimiento acelerado sobre el número de plántas deformes.....	65

5	Comportamiento de la interacción genotipo-tratamiento de envejecimiento acelerado sobre el número de plántas débiles.....	66
6	Comportamiento de la interacción genotipo-tratamiento de envejecimiento acelerado sobre el número de semillas que presentan sólo coleóptilo.....	67
7	Comportamiento de la interacción genotipo-tratamiento de envejecimiento acelerado sobre el número de semillas muertas.....	68

RESUMEN

El presente trabajo, realizado en la Sección de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, tuvo como finalidad estudiar la efectividad y confiabilidad de la prueba de envejecimiento acelerado para la evaluación del vigor de semillas, y adicionalmente observar el comportamiento de diferentes materiales genéticos; con el fin de utilizar esta prueba y los materiales evaluados, en un programa de mejoramiento genético para vigor de semilla. Para ello se realizaron tres experimentos; el primero para definir la metodología a emplear en el tratamiento de envejecimiento acelerado, siendo el criterio de evaluación el porcentaje de germinación; el segundo para probar treinta y ocho materiales genéticos en su respuesta al efecto del envejecimiento acelerado sobre el porcentaje y velocidad de germinación, el peso seco y la longitud de plántula; y el tercero para analizar el comportamiento de los materiales genéticos con y sin tratamiento, en función del porcentaje de germinación, tasa de crecimiento (peso sacco) y anomalías morfológicas en la germinación.

De los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. El tratamiento de envejecimiento acelerado durante 135 horas es efectivo para evaluar el vigor de la semilla, permitiendo diferenciar por su respuesta a distintos genotipos de maíz.

2. Los materiales genéticos más vigorosos fueron los híbridos de tres líneas y en orden decreciente, siguieron las cruzas simples, las variedades de polinización libre, el híbrido de cruza doble y las de menor vigor fueron las líneas.
3. Para la tasa de deterioro por efecto del envejecimiento acelerado el comportamiento de menor a mayor fue el siguiente: híbridos de tres líneas, cruzas simples, variedades de polinización libre, cruza doble y líneas.
4. La manifestación de heterosis en la característica de vigor, fue mayor para las cruzas simples, siguiendo en orden las cruzas de tres líneas y por último el híbrido de cruza doble.
5. Es posible mejorar la calidad biológica de la semilla de maíz por medio de la selección y la hibridación, utilizando la técnica de envejecimiento acelerado como prueba de vigor y longevidad.
6. Para propósitos de evaluación de la calidad de lotes de semillas y para el mejoramiento genético del vigor y la longevidad, se pueden utilizar como parámetros de selección al tamaño inicial de semilla, porcentaje de germinación y el peso seco unitario de plántula.

I. INTRODUCCION

El mejoramiento genético de las especies cultivadas es el punto al que más importancia se le ha dado a nivel mundial para incrementar la producción, creando genotipos resistentes a factores adversos, más productivos y de mayor calidad, con el fin de proporcionar alimentos a una población creciente.

En México, uno de los cultivos a los que se le han dedicado más recursos tanto económicos como humanos para su mejoramiento genético, es el maíz; por ser la especie de mayor importancia económica, política y social.

La producción de la semilla de los materiales mejorados que se han generado, precisa de métodos y técnicas específicas para la producción de semilla certificada y su almacenamiento posterior, buscando evitar su deterioro y asegurar que llegue el agricultor con buena calidad física y biológica.

El almacenaje es un período crítico donde la semilla debe ser protegida para conservar su poder germinativo. La conservación adecuada de la semilla almacenada depende de la ecología de la región, siendo la temperatura y humedad relativa los elementos del clima más importantes a considerar, así como el tipo de almacén, la condición y tipo de semilla y el tiempo de almacenamiento (Ramírez, 1983).

Debido a las condiciones ecológicas y a la poca infraestructura

de almacenamiento disponible, el problema de conservación de las semillas es evidente y muy importante en nuestro país. Las principales causas de pérdidas se deben al alto contenido de humedad de la semilla almacenada, y a la incidencia de plagas, hongos, bacterias, roedores y pájaros. La alta humedad relativa y la temperatura elevada incrementan la respiración y favorecen el deterioro de la semilla (Muñoz, 1983).

El factor de deterioro que se analiza en el presente trabajo es el envejecimiento de las semillas, que trae como consecuencia la pérdida de vigor, viabilidad y germinación. Es sabido que a medida que una semilla se envejece le suceden cambios que disminuyen su vigor potencial y capacidad de comportamiento. La velocidad de deterioro depende en gran parte del medio ambiente en que éstas son almacenadas, y a medida que el deterioro progresa, la longevidad y potencial de rendimiento es afectado (Copeland, 1976).

Existen diferencias en el vigor de las plantas que es determinado por su constitución genética; se presenta no solo entre especies y entre variedades de una misma especie, sino hasta dentro de una variedad. Es evidente la diferencia de vigor entre los híbridos y sus progenitores y aún existen entre líneas autofecundadas de maíz (Copeland, 1976).

Ante el problema de condiciones precarias de almacenamiento y de la constante búsqueda de mejores genotipos; se están investigando los procesos deteriorativos de la semilla y los principios para su conservación, aunado con la selección de genotipos que resistan mayor tiempo en condiciones adversas de almacenamiento con el mínimo de pérdidas y con la mayor calidad conservada, los cuales al sembrarse establezcan la población requerida de plantas vigorosas.

En investigación de semillas, el estudio del deterioro de la calidad es importante para entender este proceso y en idear métodos para detectar, mantener y mejorar el comportamiento de estos materiales (más vigorosos). Este conocimiento también es útil para la conservación de todo tipo de semillas; materiales criollos, semillas certificadas y genotipos élite, que por alguna característica sean importantes.

1.1 Objetivos

- Ensayar la metodología de envejecimiento acelerado y analizar su efectividad con las modificaciones y adaptaciones necesarias.
- Observar si existen diferencias de comportamiento en diferentes materiales genéticos en base a su vigor.
- Caracterizar líneas e híbridos en cuanto a su potencialidad de almacenamiento con base en su comportamiento en la prueba de envejecimiento acelerado.

1.2 Hipótesis

- Existen diferencias en longevidad y vigor dentro de líneas, dentro de híbridos y entre líneas e híbridos.
- Los híbridos tienen mayor capacidad de almacenamiento que las líneas.
- El mayor vigor de los híbridos se manifiesta en mayor capacidad de resistencia al deterioro debido al efecto heterótico.
- El efecto heterótico de los híbridos se manifiesta en una mayor longevidad.

- Los híbridos de cruza simple, manifiestan mayor longevidad que los híbridos de tres líneas y éstos a la vez superan a los híbridos de cruza doble.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Calidad de Semilla

Thomson (1979) menciona que la calidad de la semilla es el medio adecuado para sembrar en su propio terreno, en un cierto tiempo del año y para el propósito particular del agricultor; por su parte Ramírez (1980) dice que el establecimiento de un buen cultivo depende en gran parte de la buena calidad de la semilla, y Moreno (1984) coincide señalando que la capacidad de la semilla para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo para evaluar su calidad y potencial agrícola.

Para evaluar la calidad de las semillas se han establecido reglas específicas para su análisis. Los orígenes del mejoramiento consistente relativos a la calidad de semillas data de 1869 con Friedrich Nobbe, y desde entonces el conocimiento al respecto ha tenido grandes avances. Para 1924 se creó la International Seed Testing Association (ISTA), por la necesidad de uniformar las definiciones, métodos, equipo y materiales empleados para dicho propósito (Thomson, 1979; Perry, 1980).

Calidad de semilla tiene distinto significado para diferente gente; homogeneidad genética, apariencia física, firmeza y uniformidad, viabilidad de semilla y, a menudo, el comportamiento de la planta en el campo en términos de emergencia, desarrollo de planta, crecimiento y rendimiento de la cosecha; la viabilidad de la semilla es más a menudo la consideración principal, y la calidad y el vigor son usados frecuentemente

como sinónimos para describir ésta condición (Maguire, 1980). Es evidente que la calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende de varios componentes, tales como: pureza analítica, pureza de especie, libre de malezas, pureza de cultivar, capacidad de germinación, vigor, tamaño de semilla, uniformidad, sanidad y contenido de humedad (Thomson, 1979).

Las pruebas de calidad que se realizan rutinariamente en los laboratorios de análisis de semillas y los criterios de evaluación que están bien establecidos son germinación, pureza y sanidad. El vigor es otro parámetro de calidad; y aunque este concepto se ha usado desde hace mucho, solo recientemente se ha reconocido como un factor de calidad definible y tiene sus efectos en el comportamiento de la semilla y el cultivo en el campo (Perry, 1980).

Se hace necesario definir los conceptos tales como viabilidad, germinación, vigor y deterioro para delimitar el significado de cada uno y evitar confusiones.

2.2 Viabilidad

Existen varias definiciones del concepto de viabilidad de la semilla, como las siguientes:

- Es la capacidad de una semilla para germinar y producir una plántula normal (Copeland, 1976).
- Es el grado en que la semilla está viva, metabolismo activo y posee enzimas capaces de catalizar reacciones metabólicas necesarias para la germinación y el crecimiento de plántula (Mackay, 1972).

- Se dice que una semilla es viable cuando puede germinar sobre con condiciones favorables, previendo cualquier dormancia que pueda pre-sentar (Roberts, 1972).
- Es la capacidad de una semilla a desarrollarse en una plántula aceptable, aún sobre condiciones que no pueden ser completamente ideales, tal como ocurre comunmente en el campo (Moore, 1972).

El concepto de viabilidad es muy amplio, definiéndose sólo como un sinónimo de germinación (Copeland, 1976), hasta la capacidad de producir una plántula aceptable en condiciones adversas; pero la condición general es que la semilla esté viva. En el caso contrario, se dice que una semilla no es viable cuando en ella ocurrió un cambio degenerativo irreversible que generalmente representa su muerte (Roberts, 1972); o como lo concibe Moore (1972) "la semilla no viable puede no ser completamente muerta; puede estar sólo parcialmente muerta o fracturada"; se consideran también aquellas semillas enfermas que producen o pueden producir plántulas anormales o enfermas que no figuran en los reportes de los resultados de germinación.

2.3 Germinación

Algunas de las definiciones que se le dan son:

- Es la reanudación de crecimiento activo del embrión que resulta en la ruptura de la cubierta de la semilla y la emergencia de la planta joven (Copeland, 1976).
- Es una serie de reacciones y eventos metabólicos en la semilla imbibida que culmina con la emergencia de la plántula embriónica

(Copeland, 1976).

- Para la Asociación Oficial de Análitas de Semillas, es la emergencia y desarrollo del embrión de la semilla y aquellas estructuras esenciales que para el tipo de semilla en cuestión, es indicativo de la capacidad a producir una planta normal sobre condiciones normales (Copeland, 1976; Mackay, 1972).
- Es el proceso que se inicia con la imbibición de la semilla y termina con la salida de la raíz embriónica y prepara al embrión para crecimiento normal (Evenary; citado por Mackay, 1972).
- Jann y Amen (1980) dan definiciones desde diferentes puntos de vista; morfológica: es la transformación de un embrión a plántula; fisiológica: es la reanudación del metabolismo y crecimiento que fue anteriormente reprimido o suspendido y la interrupción de la transcripción de nuevas porciones del programa genético; bioquímica: es la diferenciación secuencial de vías oxidativas y sin téticas y la restauración de cambios bioquímicos típicos del cre cimiento vegetativo y desarrollo.
- Es una serie de procesos que transforman una semilla de una enti dad casi inerte a una más activa, creciendo (Heydecker, 1980).

2.4 Vigor

Es otro concepto que se ha definido de muchas formas:

- Son aquellas condiciones de actividad, buena sanidad y robustez natural en semillas que permite una germinación rápida y uniforme, así como un rápido crecimiento de plántula sobre

condiciones generales de campo (Copeland, 1976).

- La capacidad de la semilla puesta en diversas condiciones ambientales para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo (Villaseñor, 1984).
- Semillas vigorosas son aquellas libres de enfermedades, mecánicamente ilesas, que germinan y producen plántulas; desarrollándose rápidamente y que son capaces de emerger del suelo sobre condiciones ambientales favorables y adversas (Maguire, 1980).
- Es el nombre dado a un complejo de propiedades interrelacionadas que se traducen en semillas bastante versátiles a germinar y prosperar sobre un amplio rango de condiciones (Heydeker, 1980).
- La capacidad de germinación de un lote de semillas indica la capacidad de establecer plántulas en buenas condiciones de campo; vigor es la capacidad de hacerlo así en malas condiciones (Thomson, 1979).
- La definición adoptada por el ISTA (Perry, 1980; 1981) es: "El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de plántulas". Las semillas que se comportan bien se califican como de alto vigor y las que se comportan mal se les denota de bajo vigor.

Esta definición está hecha en la especificidad de estos aspectos particulares de comportamiento que ha sido presentada como variaciones

asociadas con diferencias en vigor de semillas como sigue:

- 1) Procesos bioquímicos y reacciones durante la germinación, tal como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria;
- 2) Tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas;
- 3) Tasa y uniformidad de emergencia de plántulas y crecimiento en el campo;
- 4) Capacidad de emergencia de semillas sobre condiciones ambientales desfavorables.

Una semilla vigorosa implica que sea viable (que esté viva) y que sea capaz de germinar (alto porcentaje de germinación de un lote); en el sentido inverso, ambas condiciones no implican que la semilla sea vigorosa.

2.5 Deterioro

- Es la caída de un alto a un bajo nivel en calidad, carácter o utilidad. Esto implica el deterioro de vigor o utilidad (Gove; citado por Abdul-Baki y Anderson, 1972).
- Para Abdul-Baki y Anderson (1972) el deterioro de la semilla implica un cambio degenerativo e irreversible en la calidad de una semilla después de que ésta obtuvo el nivel de calidad máximo; este nivel para cada especie es teóricamente el máximo obtenido bajo el complejo de condiciones interactuando entre la constitución genética de la semilla y el ambiente bajo el que se produjo,

se cosechó, procesó y se almacena. Mencionan también que el deterioro ocurre en todas las formas de vida y conduce últimamente a la muerte, aunque con la experiencia y la información acumulada, ahora se puede hacer más lento pero no parar este proceso de envejecimiento degenerativo.

El patrón de comportamiento del vigor se puede ver como un incremento con el tiempo y madurez de la planta madre, alcanzando su máxima viabilidad y vigor a la madurez fisiológica de la semilla que es cuando logra su máximo peso seco (Harrington y Roberts; citados por Bass, 1979); esta calidad decrece conforme avanza la edad de la semilla (Helmer *et al.*; citado por Abdul-Baki y Anderson, 1972; Maguire, 1977; Thomson, 1979; Perry, 1980; Tekrony *et al.*, 1980), y la velocidad del deterioro está en función directa con el contenido de humedad y temperatura del lugar donde se almacena (Harrington, 1973; Maguire, 1977; Bass, 1979; Thomson, 1979; Perry, 1980; Ellis y Roberts, 1981) conduciendo últimamente a la muerte (Abdul-Baki y Anderson, 1972; Perry, 1980).

2.6 Factores que Afectan el Vigor de la Semilla

Los factores que están afectando el vigor de la semilla son: la constitución genética (Thomson, 1979; Perry, 1981); especie y cultivar (Harrington, 1973; Copeland, 1976; Maguire, 1977; Heydecker; citado por Maguire, 1980); medio ambiente y nutricional de planta madre (Harrington, 1973; Maguire, 1977; Thomson, 1979; Perry, 1981); estado de madurez a la cosecha (Thomson, 1979; Perry, 1981); tamaño, peso y gravedad específica de la semilla (Thomson, 1979; Perry, 1981); ya que se ha observado el efecto de que el peso mayor de semilla se ha manifestado en la superioridad en vigor, germinación y rendimiento (Branchley; citado por

Pollock y Roos, 1972; Maguire, 1977; Wright, 1976; Harrington y Roberts; citados por Bass, 1979) debido a que refleja más estrechamente los metabolitos utilizados en la germinación (López y Grave; citados por Maguire, 1980); integridad mecánica (Thomson, 1979; Heydecker; citado por Maguire, 1980; Perry, 1981); deterioro y envejecimiento (Thomson, 1979; Perry, 1981), y patógenos o sanidad de la semilla (Thomson, 1979; Heydecker; citado por Maguire, 1980; Perry, 1981).

La viabilidad y el vigor, son cualidades de la semilla que sufren un proceso paulatino de deterioro y son características que van muy interrelacionadas. Moore (1972) establece que la viabilidad no puede ser separada distintamente de vigor o embrión vigoroso. La pérdida de vigor o viabilidad comunmente revela diferentes niveles en el avance del mismo proceso deteriorativo, el vigor empieza a declinar antes que la viabilidad (Perry, 1980).

Se discute el vigor como una característica de la semilla o de la plántula; lo importante de la significancia del fenómeno es que el vigor puede persistir desde el establecimiento de la plántula y durante todo el ciclo de vida (Pollock y Roos, 1972). Carver (1980) menciona que hay una relación exacta entre viabilidad y subsecuente comportamiento en campo, y que ha sido establecida por el uso del procedimiento de pruebas de vigor. Para Pollock y Roos (1972) la expresión última del vigor es la productividad de la planta, pero mediciones a tal nivel representan tiempo y gastos, por lo que se buscan pruebas rápidas y estas serán buenas siempre y cuando los resultados esten correlacionados con rendimiento.

2.7 Pruebas de Vigor

Las pruebas de vigor se clasifican en directas e indirectas (Perry, 1981):

Directas: son las condiciones de tensión que la semilla puede sufrir en campo y son reproducidas en el laboratorio; por ejemplo, prueba de frío (condiciones de baja temperatura en la germinación con la presencia de patógenos), prueba Hiltner (impedimento mecánico para la emergencia). En este tipo de pruebas no hay homogeneidad de resultados.

Indirectas: son aquellas en que la medición de las características de las semillas en el laboratorio es relacionada al comportamiento en el campo; ejemplo de este tipo de pruebas son la tasa de germinación, tasa de crecimiento de las plántulas, prueba de conductividad eléctrica, prueba de tetrazolio y el envejecimiento acelerado.

La prueba de envejecimiento acelerado se ha usado para predecir la capacidad de almacenamiento o la longevidad de un lote de semillas; se recomienda también como una prueba muy efectiva para evaluar el vigor de la semilla, ya que la capacidad de almacenamiento es básicamente un aspecto del vigor (Islam, citado por Delouche y Baskin, 1973; Moreno, 1984).

Delouche y Baskin (1973) realizaron su trabajo de la predicción de la almacenabilidad de la semilla por medio del envejecimiento acelerado (E.A.) bajo una suposición básica; que el deterioro en condiciones de E.A. son similares a las "normales", sólo que la tasa de deterioro es enormemente incrementada. Esta técnica además de predecir la almacenabilidad de la semilla (Baskin, 1981; Maguire, 1977; Thomson, 1979)

detecta diferentes grados de calidad (deterioro) en semillas que tienen comparable capacidad de germinación y puede ser usado en conjunción con otros criterios de calidad de semilla para evaluar lotes (Maguire, 1977).

Delouche y Baskin (1973) mencionan que varios trabajos no publicados indican que respuestas germinativas a E.A. están altamente correlacionadas con crecimiento de la planta y desarrollo incluyendo rendimiento. Este proceso intenta concentrar los efectos de tensión de almacenamiento prolongado en pocos días; tales condiciones son la humedad relativa entre el 90% y temperatura de 40-45°C mantenida durante 2-8 días (Thomson, 1979).

La prueba de envejecimiento acelerado se puede usar con dos fines; como una herramienta para la investigación debido a que hace posible en poco tiempo el estudio del proceso de deterioro, su secuencia y relaciones (Heydecker, 1972; o como lo indican Powell y Matthews (citados por Castellanos (1986): el envejecimiento acelerado se ha considerado como posible rutina en las pruebas de vigor, ya que la prueba mostró una diferencia clara entre lotes y una estrecha relación con la emergencia en campo para cebolla, lechuga, nabo sueco, y nabo; remarcan que la prueba es repetible y puede detectar lotes con potencial de emergencia bajo, de mejor manera que las pruebas de germinación en el laboratorio.

La prueba de envejecimiento acelerado consiste en (Moreno, 1984; Baskin, 1981): Un baño maría que mantenga la temperatura con una precisión de $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Las semillas se colocan en canastillas de alambre de bronce que se ponen dentro de recipientes o cámaras de plástico o vidrio que contienen agua. Las canastillas deben estar sobre soportes de

alambre galvanizado para que las semillas no queden en contacto con el agua. El nivel del agua debe estar aproximadamente seis centímetros abajo de las semillas. Los recipientes que contienen las canastillas se tapan.

La temperatura que se utiliza para maíz es de 42°C por un tiempo de 96 horas, provocando un contenido de humedad relativa dentro de la cámara del 100%. Después del tratamiento se sacan las semillas, se secan a la sombra y se realiza una prueba normal de germinación (Moreno, 1984). Para Rodríguez (1987), el mejor tratamiento fué de 40°C durante 132 horas con humedad relativa alta, que se supone fue cerca del 100%.

2.8 Manifestaciones del Deterioro de la Semilla

Los síntomas de deterioro del vigor que sufren las semillas son: alteraciones en el sistema de membrana de los organelos (Abdul-Baki, 1980) y celular, trayendo consigo la pérdida de control de la permeabilidad y lixiviación de electrolitos (Ellis y Roberts, 1980; Delouche y Baskin, 1973; Harrington, 1973; Maguire, 1977; Thomson, 1979); disminución de la actividad metabólica como respiración, rendimiento de energía y mecanismos biosintéticos (Delouche y Baskin, 1973; Abdul-Baki, 1980); detrimento en la tasa de germinación y crecimiento de la planta (Delouche y Baskin, 1973; Harrington, 1973; Maguire, 1979; Thomson, 1979); reducción en el potencial de almacenamiento (Delouche y Baskin, 1973); menor uniformidad en crecimiento y desarrollo entre plantas y la población (Delouche y Baskin, 1973); susceptibilidad incrementada a tensiones ambientales, incluyendo microorganismos (Delouche y Baskin, 1973; Maguire, 1977); reducción en el potencial de emergencia en campo (Delouche y Baskin, 1973; Harrington, 1973; Thomson, 1979); pérdida de

2.9 Vigor Híbrido

Pollock y Roos (1972) establecen que hay dos aspectos del vigor, siendo estos: 1) vigor fisiológico; que es la diferencia de vigor entre los individuos de un mismo genotipo; y 2) el vigor genético; que puede ser visto en el efecto heterótico o la diferencia de vigor entre dos líneas genéticas. Para Copeland (1976) y Perry (1980) la constitución genética de la planta determina parcialmente su vigor de plántula; por lo que existen diferencias de vigor entre especies, variedades y dentro de una variedad. La influencia del control genético en el vigor de plántula es ilustrado por el vigor relativamente superior de plántulas de híbridos y poliploides sobre plántulas diploides y autofecundadas de la misma especie. Thomson (1979) al respecto menciona que el vigor de plántula es un carácter genético y se presenta más espectacularmente en cultivos híbridos.

En el proceso de formación de los híbridos, la obtención de líneas endogámicas trae consigo el fenómeno de depresión, respecto a sus antecesores, del vigor, rendimiento, aparición de caracteres recesivos deletéreos, susceptibilidad a enfermedades, acame, reducción de fecundidad (Espínosa, 1983; Allard, 1967). East y Shull (citados por Allard, 1987) resumen los efectos de la consanguinidad de la siguiente manera; 1) en las primeras generaciones autofecundadas aparece un gran número de tipos letales y subletales; 2) el material se separa rápidamente en líneas bien definidas que cada vez son más uniformes en cuanto a sus diferencias en los distintos caracteres morfológicos y funcionales; 3) el vigor y fecundidad de muchas líneas disminuyen hasta el punto en que estas no pueden conservarse ni en condiciones óptimas de cultivo; y 4) las líneas

que sobreviven muestran una disminución general de tamaño y vigor.

Para Allard (1967) la hipótesis más aceptada para explicar la endogamia fue propuesta por Davenport en 1908, Bruce en 1910 y Keeble y Pollew en 1910; se basa en el supuesto de que las especies alógamias están compuestas por un gran número de individuos genéticamente diferentes, muchos de los cuales llevan genes recesivos perjudiciales ocultos en los heterocigotos. Cuando se autofecundan dichos individuos, aumenta la homocigosis, apareciendo varios tipos degenerados, homocigóticos recesivos, plantas sin clorofila, con flores anormales, semillas defectuosas, etc, que son incapaces de reproducirse, y quedan eliminados. También se manifiestan otros caracteres que no conducen a la extinción directa pero que obstaculizan su desarrollo. Los genes perjudiciales segregan como consecuencia de la consanguinidad y después de la fijación producida por homocigosis, producen líneas que poseen diferentes genes o complejo de genes. Algunas líneas reciben más genes favorables que otras, lo que explica las diferencias observadas en el grado de depresión producida por la consanguinidad en diferentes líneas. Tal depresión no es un proceso de degeneración, sino una consecuencia de la segregación mendeliana. Los efectos perjudiciales de la consanguinidad no son producidos por el proceso de la consanguinidad en sí mismo, sino que están relacionados directamente con el número y clases de caracteres mendelianos heterocigóticos de la población original.

El fenómeno inverso o complementario de la degradación que acompaña a la endogamia es el vigor híbrido o heterosis (Allard, 1967; Falconer, 1981) sin embargo, el efecto benéfico de la hibridación es un fenómeno mucho más conocido que la depresión debida a la endogamia,

porque se observa en casi todos los híbridos F_1 entre progenitores no relacionados. Se ha visto que los híbridos formados por líneas puras de ascendencias distintas producen generalmente mayor vigor híbrido que los híbridos derivados de variedades de polinización abierta iguales o semejantes (Allard, 1967). East (citado por Espinosa, 1985) indica que a mayor diversidad genética mayor es el grado de vigor híbrido.

La palabra heterosis es una contracción de la palabra heterocigosis que fue propuesta por Johansen; posteriormente fue modificado por Shull en 1914, (Jugenheimer, 1981) adoptándose como sinónimo del término heterosis (Shull; citado por Espinosa, 1985).

La heterosis puede ser definida como el fenómeno en el cual la media de una familia excede a su mejor progenitor (Mather y Jinks citados por Cervantes, 1986). Al respecto Shull (citado por Espinosa, 1985) menciona que heterosis es por definición el incremento en tamaño, rendimiento, vigor, etc.; de tal forma que si no hay incremento no hay heterosis.

Shull y East (citados por Allard, 1967) propusieron independientemente la hipótesis de sobredominancia para explicar el fenómeno de la heterosis; suponen que hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen. En términos mendelianos esto significa que hay un loci en que el heterocigote es superior a cualquiera de los homocigotos, y que el vigor aumenta en proporción a la cantidad de heterocigotos. Esta hipótesis supone que la combinación heterocigótica a_1a_2 de los alelos de un locus es superior a cualquiera de las combinaciones homocigóticas a_1a_1 y a_2a_2 . La explicación

es que a_1 y a_2 desempeñan diferentes funciones y que la suma de sus diferentes productos es superior al producido por cada alelo en su estado homocigótico.

Shull (citado por Espinosa, 1985) menciona que la heterosis se debe a la presencia en el cigoto híbrido, de un mayor número de genes dominantes que en el de los progenitores, por reunirse con aquellos genes dominantes aportados por estos.

Shull en 1909 (citado por Espinosa, 1985) fue el primero en informar del incremento de los rendimientos en las cruzas F_1 entre líneas puras, y fue también el primero en proponer la idea de obtener híbridos de maíz. Los pasos esenciales en su método de líneas puras de maíz son:

- a) la obtención de líneas homocigóticas o cerca de la homocigosis;
- b) prueba y selección de las líneas puras en todas las cruzas posibles;
- c) utilización de las mejores cruzas para la producción comercial.

Sprague (citado por Espinosa, 1985) define la línea pura como un individuo obtenido por autofecundaciones sucesivas; el propósito de las autofecundaciones es fijar y conservar la pureza de caracteres convenientes en una condición homocigótica, sin que sufra cambios genéticos.

En los programas de hibridación (Cervantes, 1986) el mejorador se enfrenta a la dificultad de escoger las líneas progenitoras que cuando sean cruzadas resistan una alta proporción de segregantes deseables. Una metodología ampliamente usada para tal elección (Kronstad y Foote, citados por Cervantes, 1986) es clasificarlos por su aptitud combinatoria en cruzamientos. Con este método, la variación genética total es partida en efectos de aptitud combinatoria general o específica.

Sprague y Tatum (citados por Cervantes, 1986) definieron a la aptitud combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas; como tal, la aptitud combinatoria general es reconocida como una medida primaria de la acción génica aditiva. Asimismo, la aptitud combinatoria específica describe aquellas instancias en que ciertas combinaciones lo hacen mejor o peor de lo que pudiera esperarse sobre las bases del comportamiento promedio de las líneas incluidas; es reconocida como una estimación de los efectos de acción génica no aditiva.

En la producción comercial de semillas se ha visto que producir cruza simples es incosteable por el alto costo de ésta, actualmente en Estados Unidos se está produciendo híbridos de tres elementos cuya semilla es menos costosa que las cruza simples, más cara que las cruza dobles, pero tienden a ser más uniformes y rendimientos superiores a estas últimas (Espinosa, 1985). Frecuentemente se menciona que las cruza simples son de muy buen rendimiento, por lo general superiores a los híbridos triples y dobles (Jugenheimer, 1958; Schenell, 1973 citados por Espinosa, 1985); sin embargo, Espinosa (1985) encontró que el promedio de cruza simples fueron inferiores en rendimiento que el híbrido doble y aún que 4 híbridos triples; menciona también que el alto rendimiento de los híbridos triples podría deberse a la variabilidad genética de los progenitores y al uso, en algunos casos, de líneas de alto rendimiento.

Para Allard (1967), hasta ahora el estudio del vigor híbrido se ha centrado en el tamaño y productividad, aunque debe subrayarse que la heterosis puede manifestarse de muchos otros modos; estas son por

ejemplo; el número de nudos y hojas, sin incrementar el tamaño total de la planta, velocidad de crecimiento, precocidad, resistencia a enfermedades e insectos, aumento en la tolerancia a condiciones ambientales adversas y otras manifestaciones de mejor adaptación. McDaniel y Sarkissian (citados por Maguire, 1977) presentaron evidencias para la asociación de respiración mitocondrial con el vigor de plántula (heterosis) en maíz. La superioridad bioquímica y mitocondrial en tales híbridos está muy asociada con el vigor y rendimiento potencial. Copeland (1976) al respecto menciona que el vigor superior de la semilla híbrida ha sido asociada con mitocondrias super eficientes y un sistema enzimático extra activo para asimilación, indicando una relación favorable de recombinación de materiales nucleares.

Para Mackay (1976) la heterosis es un fenómeno que no solamente es regulado por el genoma; el plasma puede ser involucrado particularmente a través de una interacción entre genes nucleares y citoplasma, pero hay pocas evidencias de esto. Hanson, *et al.* (citado por Mackay, 1976) reportaron que la actividad mitocondrial en plántulas de maíz híbrido es tá correlacionada con el grado de heterosis; se ha visto también que existe polimorfismo y complementación de mitocondrias en maíz, sorgo, trigo, centeno, triticale, chícharo y algodón. La ocurrencia de poblaciones mitocondriales mezcladas en células de organismos híbridos y su asociación con el vigor híbrido se encontró también en microorganismos, insectos y animales superiores. Mackay (1976) menciona que las mitocondrias contienen su propio ADN siendo una entidad heredable, aunque su reproducción es parcialmente supeditado al núcleo. Se ha observado también que hay diferencias en actividad mitocondrial en híbridos recíprocos, lo que indica posibilidades para una desigual distribución de mitocondrias al

híbrido; además, nuevos tipos de éstas aumentan aparentemente por algún proceso de hibridización. A la vez, menciona que las mitocondrias son importantes para mantener la homeostasis intracelular, dando una explicación de la gran estabilidad fenotípica de híbridos cuando son expuestos a tensiones ambientales.

McDaniel y Sarkissian (citados por Maguire, 1977) señalan que aun que el control genético es bajo, la mitocondria fosforilantemente activa regula la respiración en las semillas y ayuda a agudizar las diferencias genotípicas observadas en semillas de diferentes cultivos. Copeland (1976) ha observado diferencias de vigor de plántulas existentes entre diferentes líneas autofecundadas de maíz con similar tamaño de semilla, y lo atribuye a la eficiencia de su maquinaria biosintética. Por otro lado, respecto a las diferencias entre genotipos, Neal y Davis (1956) trabajaron con líneas autofecundadas de maíz y mencionan que los resultados que encontraron sugieren que algunas líneas mantienen su viabilidad mejor que otras, aún cuando se almacenen a bajas temperaturas. Neiss y Wentz (1936) encontraron que existen dos genes que están bastante asociados con la longevidad de la semilla; observaron que las semillas homocigóticas para los genes luteus₂ y luteus₄, resultaron valores reducidos tanto en el porcentaje de germinación como en el vigor de plántula. Lindstrom (1943) encontró que la longevidad del maíz varía en un grado muy amplio y es definitivamente heredable; realizó pruebas de germinación en líneas autofecundadas y cruza F₁ de 5-12 años de almacenamiento a temperatura ambiente, y el rango de germinación fue de 0 al 90%; las líneas autofecundadas no pudieron sobrevivir más de 3-5 años. Se realizaron también experimentos con condiciones de tensión para semillas híbridas provenientes de cruzar líneas autofecundadas de "larga vida" por

"corta vida", el híbrido resultó ser de "larga vida", a menudo con diferencias significativas en cruzas recíprocas. Menciona además que el número de genes involucrados no siempre es grande porque una generación de autopolinización en variedades dieron diferencias significativas en longevidad de semilla.

Rodríguez (1987) realizó un trabajo con el objetivo de determinar diferencias entre líneas de maíz por su respuesta al envejecimiento acelerado y caracterizar dichas líneas por su vigor y comportamiento probable bajo condiciones de almacenamiento. Concluyó que sí presentaron respuestas diferenciales de resistencia al deterioro debido a características genéticas entre las líneas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar en que se Desarrolló el Trabajo Experimental

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la Sección de Producción de Semillas en el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, en Montecillos, Méx.

La localización geográfica es 19°30' latitud Norte y 98°51' longitud Oeste; a una altitud de 2240 msnm. Se encuentra dentro del área de influencia de Chapingo, el cual de acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificada por García (1973), tiene un clima C(wo)(w)b(i')g; que es templado con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco y largo, la temperatura media anual entre 12 y 18°C, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es entre 12 y 18°C, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es entre 5 y 7°C, y el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano.

3.2 Desarrollo de la Investigación

En la fase experimental de la investigación se condujeron tres ensayos: El primero para definir la metodología a emplear en la aplicación del tratamiento de envejecimiento acelerado, tomando como criterio de evaluación el porcentaje de germinación; el segundo, para probar diferentes materiales genéticos en su respuesta al efecto del envejecimiento sobre el porcentaje y la velocidad de germinación, el peso seco

y altura de plántula; y el tercero, tuvo como objetivo analizar el comportamiento comparativo de los materiales genéticos con y sin tratamiento, de envejecimiento acelerado en función del porcentaje de germinación, tasa de crecimiento (peso seco) y anomalías morfológicas en la germinación.

3.2.1 Determinación del tiempo para el tratamiento de envejecimiento acelerado

3.2.1.1 Material genético. Se utilizó la variedad CPS-V-19I proporcionada por la Sección de Producción de Semillas del Centro de Genética en el Colegio de Postgraduados, al igual que todos los materiales de los siguientes experimentos.

3.2.1.2 Diseño experimental y de tratamientos. El diseño experimental consistió en un diseño en parcelas divididas con ocho repeticiones, donde los factores fueron: como parcela grande, a dos niveles, el secado posterior al tratamiento de envejecimiento acelerado (sin secado y 24 horas de secado a la sombra) y parcela chica, el tiempo de envejecimiento con cuatro niveles (0, 96, 135 y 168 horas).

Los tratamientos de envejecimiento a probar son como sigue:

- t_1 168 horas de envejecimiento con secado
- t_2 168 horas de envejecimiento sin secado
- t_3 135 horas de envejecimiento con secado
- t_4 135 horas de envejecimiento sin secado
- t_5 96 horas de envejecimiento con secado
- t_6 96 horas de envejecimiento sin secado
- t_7 0 horas de envejecimiento (se hizo por duplicado)

Los tratamientos se fueron colocando en la estufa de tal manera que al terminar su respectivo tiempo de tratamiento todos salieron en el mismo momento, listos para sembrarse simultáneamente. Cada tratamiento ocupó una cámara de envejecimiento.

3.2.1.3 Preparación de la semilla. Las semillas se seleccionaron en forma visual con el fin de homogeneizar su tamaño y forma. Se tuvo cuidado que las semillas no presentaran algún daño visible.

Se formaron 64 grupos de 25 semillas; cada grupo se introdujo en un sobre de papel previamente perforado (orificios de aproximadamente 2 mm de diámetro); posteriormente se tomaron ocho sobres al azar, se perforaron por la parte superior y a través del orificio formado se pasó un tramo de raffia de aproximadamente 30 centímetros para formar una sarta de ocho sobres (que constituyó un tratamiento con sus ocho repeticiones).

3.2.1.4 Cámara de envejecimiento. Se construyó con un bote cilíndrico de lámina de 10 centímetros de diámetro y 14 centímetros de altura, con la parte superior totalmente abierta.

Como fuente de humedad se utilizó la tapa de una caja petri que se colocó en el fondo del bote, en cuyo interior se depositaron toallas secantes bien húmedas.

Los tratamientos ya preparados, se metieron en el bote, los extremos de la sarta se fijaron bien con cinta adhesiva por el exterior de éste. Así colocados, los sobres quedaron suspendidos en el interior del bote sin tocar la fuente de humedad. Arriba de los sobres se colocó papel secante para evitar, en el caso de que existiera condensación en

la tapa, que ésta goteara y mojara los sobres.

Se tapó el bote con una pieza de plástico grueso, se selló por los extremos con cinta adhesiva y sobre ésta pieza se colocó una tapa de plástico que entró a presión, se selló también con cinta y se colocó una liga presionando el borde de la tapa con el bote. La intención fue sellar la cámara herméticamente.

Una vez ya preparada la cámara y antes de meterla a la estufa se le aplicó 10 ml de agua con una jeringa hipodérmica a través de un orificio que se le hizo al bote a 2.5 cm de la base. El agua entró en dirección a la fuente de humedad (papel secante); posteriormente se selló el orificio con cinta.

Con este procedimiento se construyeron las cámaras correspondientes a los tratamientos planteados.

3.2.1.5 Preparación de la cama de siembra. Las camas de siembra se hicieron con moldes de madera de 2.5 m de largo, un metro de ancho y 10 cm de alto.

Como sustrato se utilizó arena esterilizada con bromuro de metilo, la cual se colocó dentro de los moldes en piso de concreto, hasta una altura de 7 cm, que se niveló con un rizador. Sobre los margines se marcó el lugar de cada parcela (c/u 7 cm) y de los bloques (10 cm).

3.2.1.6 Siembra. Momentos antes de la siembra, que se llevó a cabo el 18 de marzo de 1986, la arena se humedeció y se trazaron las líneas (parcelas) sobre la cual se colocaron veinticinco semillas por parcela, con el embrión en su posición vertical, clavandolas con cuidado, para dejar la parte superior (corona) de la semilla al nivel de la superficie de la

arena.

Una vez terminada la siembra, las semillas se cubrieron con una capa homogénea de 1 cm de espesor de arena cernida (utilizando también un rizador); por último se regó hasta saturación, teniendo el cuidado que el agua no arrastrara la arena.

Las camas ya sembradas y regadas se cubrieron con un invernadero pequeño de estructura metálica de cinco m de largo, 2.10 m de ancho y 60 cm de alto con cubierta de plástico transparente.

Los riegos posteriores fueron cada dos días durante los ocho que duró el experimento. Al final de la prueba se contabilizó el número de plántulas emergidas.

3.2.2 Evaluación de vigor y longevidad en 38 genotipos de maíz.

3.2.2.1 Material genético. El material genético utilizado en esta evaluación fueron: un híbrido doble, siete híbridos de cruce simple, nueve híbridos de tres líneas, 19 líneas y dos variedades, cuya genealogía aparece en el Cuadro 1.

3.2.2.2 Diseño experimental. Este experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones. Los tratamientos fueron 38 genotipos, los cuales se sometieron al tratamiento de 96 horas de envejecimiento acelerado (42°C y 100% de humedad relativa).

3.2.2.3 Preparación de la semilla. La selección de las semillas fue bajo el mismo criterio que en el primer experimento. Se seleccionaron 150 semillas por genotipo, las que se repartieron en dos sobres perforados (similar que en el experimento anterior) con 75 semillas (para tres

Cuadro 1. Materiales genéticos utilizados en la segunda y tercera fases de la investigación.

TRATA- MIENTO	GENEALOGIA	ORIGEN MONT. 85	TRATA- MIENTO	GENEALOGIA	ORIGEN MONT. 85
1	CPS-HD-21	2x4	20	L	48#
2	CS	36x37	21	CPS-HT-10E	15x62
3	L	36#	22	L	62#
4	L	37#	23	CPS-HT-11EI	15x397
5	CS	21x20*	24	CPS-HT-12E	16x50
6	L	22#	25	CS	58x59
7	L	23#	26	L	58#
8	CPS-HT-3I	2x397	27	L	59#
9	L	397#	28	L	50#
10	CPS-HT-4I	4x25	29	CPS-HT-15E	3x66
11	L	25#	30	CS	50x51
12	CPS-HT-5I	8x25*	31	L	51#
13	CS	122x123*	32	L	66#
14	L	122#*	33	CPS-HT-16E	18x51
15	L	123#*	34	CS	63x64
16	CPS-HT-9E	15x48	35	L	63#
17	CS	56x57	36	L	64#
18	L	56#	37	CPS-V-19I	PL 428
19	L	57#	38	CPS-V-20EI	PL 433

* Mont. 84

repeticiones) cada uno. Se construyeron cuatro sartas con igual número de sobres (19).

3.2.2.4 Cámara de envejecimiento. En este trabajo se utilizó sólo una cámara de envejecimiento, que se construyó a partir de un bote de lámina de base cuadrada con 23 cm de lado y 35 cm de alto, de tapa circular. A este bote, en dos de sus lados en posición opuesta, se le hicieron cuatro perforaciones, las que se ubicaron, dos a 17 cm de la base y 6 cm del lado perpendicular y 12 cm entre ellos; los otros dos a 34 cm de la base y también 6 cm del lado y 12 cm entre ellos quedando cada agujero de una pared frente al otro del lado opuesto.

En el fondo se colocó una malla de alambre que se detuvo con tres trozos de madera de 5x5x21 cm quedando un espacio de 5 cm de la malla a la base del bote, donde se colocaron toallas de papel secante.

Se forró el interior del bote con toallas de papel secante para evitar goteo en caso de condensación. Se colocaron abatelenguas separados de la pared del bote para evitar el contacto de los sobres con ésta.

Los extremos de las sartas (previamente preparadas) se pasaron a través de los orificios del bote y se sujetaron por la parte exterior sellando después estos orificios. Los sobres quedaron suspendidos sin tocar la malla de alambre. Posteriormente se colocó papel secante para cubrirlos en caso de goteo. Se selló el bote con plástico grueso y cinta adhesiva por los márgenes del plástico, y sobre éste se colocó la tapa de lámina procurando sellar herméticamente.

Una vez preparada la cámara, a través de un orificio ubicado a 5 cm de la base y en la parte central en una de sus caras, se aplicó un

litro de agua con una jeringa hipodérmica en dirección de la base, se selló el orificio y se metió la cámara a la estufa que previamente se calibró a 42°C.

3.2.2.5 Cama de siembra. Para la preparación de las camas el procedimiento fue similar al experimento anterior, solo que ahora se utilizaron cuatro moldes y las distancias entre parcelas y entre bloques variaron, y en este caso fueron 3.9 cm entre parcelas y 9.3 cm entre bloques.

3.2.2.6 Siembra. El procedimiento fue idéntico a la siembra del experimento anterior; después de sembrarse se colocó una armazón similar; solo que ahora en lugar de plástico fue una malla protectora la que se usó para evitar el golpeo de gotas en caso de lluvia y evitar el daño por pájaros. Se regó cada dos días hasta el final de la prueba que abarcó del 15/IV/86 al 28/IV/86.

3.2.2.7 Extracción de plántulas. Al final de la prueba se extrajeron las plántulas completas, se lavaron con agua y se separaron sus partes; raíz, parte aérea y resto de semilla. Se conservaron agrupadas por parcelas. Se colocaron por separado (en una hoja de papel con 3 compartimentos) sus estructuras y se metieron a una estufa a 70°C durante 72 horas para obtener el peso seco.

3.2.3 Evaluación comparativa de vigor y longevidad en 34 genotipos de maíz con y sin tratamiento de envejecimiento acelerado.

3.2.3.1 Material genético. Los materiales genéticos fueron los mismos que en el experimento anterior, excepto cuatro materiales identificados con

los orígenes 8x25 (Mont. 84), la cruz simple 122x123 (Mont 84) y las líneas 122# y 123# (Mont. 84).

3.2.3.2 Diseño experimental y de tratamientos. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones; donde la parcela grande fue ron los 34 genotipos y la parcela chica fue el tratamiento de envejecimiento acelerado con dos niveles, cero y 135 horas.

3.2.3.3 Preparación de la semilla. El criterio de selección fue similar al de los trabajos anteriores. Ahora se seleccionaron 200 semillas por genotipo, se separaron en ocho grupos de 25 semillas y se pesaron; se colocaron por separado en sobres, de los cuales cuatro de ellos estaban perforados y fueron los que recibieron el tratamiento de envejecimiento.

3.2.3.4 Cámara de envejecimiento. La cámara de envejecimiento fue similar al del experimento anterior, solo que ahora no se colocó la tapa metálica, que se sustituyó por otra lámina de plástico grueso, quedando dos láminas a las que se les hizo un orificio pequeño por donde se introdujo un termómetro de barra que entró a presión, con el fin de medir la temperatura dentro de la cámara.

3.2.3.5 Tratamiento de envejecimiento. Se calibró la estufa a 42°C, se introdujo la cámara de envejecimiento a las 6 PM del 10/VI/86.

Se colocaron termómetros en la parte superior de la estufa, la parte baja dentro de la estufa y dentro de la cámara de envejecimiento; tabulándose las siguientes lecturas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento de la temperatura durante el tratamiento de envejecimiento acelerado.

Hora	Fecha	Lecturas en Grados Centígrados		
		Parte Superior	Parte Inferior	Cámara
6:00 PM	10-VI-86	42	-	-
11:15 AM	11-VI-86	42	40	52
1:12 PM	11-VI-86	45	-	48
3:30 PM	11-VI-86	38	38	42
4:06 PM	11-VI-86	36	36	42
7:05 PM	11-VI-86	37	33	38
7:55 AM	12-VI-86	36	34	38
9:45 AM	12-VI-86	38	35	39
11:45 AM	12-VI-86	39	36	40
1:45 PM	12-VI-86	40	42	40
3:00 PM	12-VI-86	41	39	41
6:10 PM	12-VI-86	41	39.5	41.5
8:05 AM	13-VI-86	40	39.5	41.5
12:15 PM	14-VI-86	41	39.5	41.5
3:30 PM	15-VI-86	41	41	41.5
9:00 AM	16-VI-86	41	40	42

Durante las primeras 17 horas la cámara estuvo recibiendo directamente la radiación de las resistencias de la estufa, posteriormente se colocó en la base de la cámara un cartón para evitar el efecto directo de la radiación, la estufa se fue calibrando para lograr la temperatura deseada dentro de la cámara.

Al final del experimento se observó condensación en la cubierta del bote y un excedente de agua en la fuente de humedad. Los sobres so lo estaban humedecidos, no mojados.

3.2.3.6 Prueba de vigor. La evaluación de vigor se realizó en germinadora, se colocaron 25 semillas equidistantes, con el embrión en sentido vertical sobre dos toallas de papel humedecidas y se cubrieron con otras dos. Una vez cubiertas las semillas con las toallas, un centímetro de la parte basal se dobló hacia arriba y se enrolló en el sentido perpendicular respecto a la base, de ésta manera se conformó una "muñeca" (Moreno, 1984) o "churro", que constituyó una parcela.

Se construyeron a partir de charolas de plástico (39x25.5x8.5 cm) cuatro rejillas con 70 espacios cuadrados (con hilasa, grapas y tachuelas) de 3.4 cm por lado donde se colocaron las muñecas, tocando la base del churro con el fondo de la rejilla; de ésta manera quedó separada cada parcela en sentido vertical (el embrión con igual posición), se agregó una lámina de agua de aproximadamente un centímetro a cada rejilla para proporcionar humedad a las semillas (por capilaridad). Ya preparadas las rejillas (c/u es una repetición) se metieron a la germinadora previamente calibrada a 25°C. La prueba duró siete días, al final de la cual se extrajeron las plántulas, se separaron en sus estructuras y se metieron a la estufa a 70 grados centígrados por 72 horas para obtener el peso

seco:

3.3 Variables Analizadas

- Peso inicial de semilla: Se determinó tomando el peso de las 25 semillas que comprendió cada parcela antes de ser sembradas; el peso se obtuvo para cada repetición.

- Porcentaje de germinación: Se consideró por parcela el número de plántulas sanas y vigorosas, se dividió entre el número de semillas sembradas y se multiplicó por cien.

- Índice de vigor: Se calculó en base a la fórmula:

$$\frac{\text{Número de plántulas al primer conteo}}{\text{Número de días al primer conteo}} + \dots + \frac{\text{Número de plántulas al último conteo}}{\text{Número de días al último conteo}}$$

- Altura de planta: Se obtuvo midiendo una plántula tomada al azar procurando fuera de la parte central de la parcela.

- Peso seco: Las plántulas que se consideraron para la obtención del porcentaje de germinación, se separaron en sus estructuras componentes, se colocaron en una estufa a 70°C durante 72 horas y posteriormente se tomó el peso seco en gramos. De aquí se derivaron variables como:

- Peso seco de raíz: Se obtuvo pesando la raíz producida por todas las plántulas que representaron a la parcela.

- Peso seco de la parte aérea: Se logró con el procedimiento anterior, solo que con el órgano correspondiente.

- Peso seco total: Es la suma del peso de ambas estructuras. El peso unitario de raíz, peso seco unitario de la parte aerea y peso seco unitario total; se obtuvieron dividiendo el peso de la estructura respectiva entre el número de plántulas que germinaron en la parcela correspondiente (promedio de peso por plántula).
- Vigor: Es una caracterización visual de la apariencia de las plántulas a nivel de parcela, la calificación es dada de menor a mayor vigor en una escala del uno al cinco considerando valores intermedios.
- Plantas deformes: Son aquellas que manifestaron malformaciones.
- Plantas débiles: Se consideraron dentro de esta clasificación aquellas plántulas con todas sus estructuras, pero con muy bajo vigor, considerando que son incapaces de establecerse en campo.
- Semillas con solo radícula: Se clasificaron aquí a todas las semillas que solo emitieron raíces seminales, pero que no presentaron coleóptilo.
- Semillas con solo coleóptilo: Son aquellas que no emitieron raíces seminales, solo coleóptilo.
- Semillas reventadas: Estas semillas presentaron su embrión hinchado alcanzando a romper el pericarpio de la semilla pero que no desarrolló estructura alguna.
- Semillas muertas: No presentaron señal de vida, sólo se hincharon por la imbibición, pero no llegó a romperse el pericarpio.

- Heterosis: Se calculó dividiendo el valor logrado por la cruce, entre el valor del progenitor de mayor magnitud de expresión de la característica deseada y se multiplicó por cien; es decir en base a la fórmula:
$$\frac{\text{progenie}}{\text{progenitor más productivo}} \times 100.$$

- Proporción de reducción: Para todas las variables se cuantificó la reducción debida al efecto del envejecimiento acelerado y se obtuvo en base a la fórmula:
$$\frac{\text{tratado}}{\text{no tratado}} \times 100.$$

3.4 Análisis Estadístico

Para los tres experimentos se realizó un análisis de varianza y para las variables cuyos cuadrados medios resultaron ser significativos estadísticamente se les aplicó la prueba de Rango Múltiple de Tuckey al 5%; adicionalmente y sólo para el último experimento se calcularon las correlaciones entre todas las variables.

IV. RESULTADOS

4.1 Determinación del Tiempo para el Tratamiento de Envejecimiento Acelerado

Del análisis de varianza (Cuadro 3), relacionado con los datos obtenidos en la prueba de diferentes tiempos en la aplicación del tratamiento de envejecimiento acelerado (E.A.) con y sin secado posterior, se encuentra que existen diferencias estadísticamente significativas, al 5% de probabilidad para el tiempo de envejecimiento, y al 1% para la interacción entre envejecimiento y secado posterior a éste; en tanto que no hubo diferencia estadística por efecto del secado.

Cuadro 3. Análisis de varianza del número de plántulas emergidas en la prueba de envejecimiento acelerado aplicado a la variedad CPS-V-19I.

FUENTE DE VARIACION	CUADRADO MEDIO
Repetición	1.82
Tiempo de envejecimiento (T.E.)	1656.62*
Error a	405.25
Secado posterior (S)	0.5625
Tiempo de envejecimiento x secado posterior	2818.35**
Error b	0.4352

* Diferencia significativa para la probabilidad de error del 5%

** Diferencia significativa para la probabilidad de error del 1%

La prueba comparativa de medias (Cuadro 4) del número de plántulas emergidas para los tratamientos correspondientes a "Tiempo de Envejecimiento", muestra que existe diferencia estadística (Tukey, 0.05)

entre el testigo y los tiempos de 135 y 168 horas, y en general se observa la tendencia de que a mayor tiempo en el tratamiento, mayor es el efecto sobre la germinación (Figura 1).

Cuadro 4. Promedios de plántulas emergidas para los tiempos de envejecimiento aplicados en la variedad de maíz CPS-V-19I.

Tratamiento	Promedio
Testigo	22.12 a ^{1/}
96 horas de envejecimiento	9.18 ab
135 horas de envejecimiento	0.75 b
168 horas de envejecimiento	0.43 b

^{1/} Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales

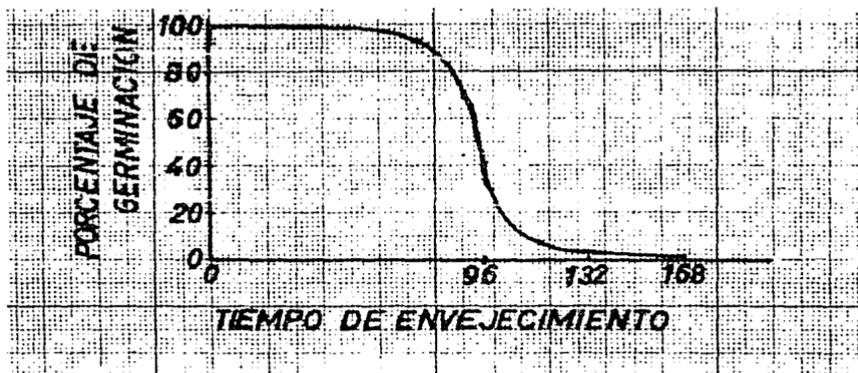


Figura 1. Relación entre porcentaje de germinación y tiempo de envejecimiento.

En la comparación de los promedios correspondientes a la interacción T.E. x S (Cuadro 5 y Figura 2); aún cuando no fueron estadísticamente

diferentes, se aprecia una tendencia en el sentido de que los tratamientos sin secado tuvieron mayor efecto que los tratamientos con secado.

Cuadro 5. Promedios de plántulas emergidas correspondientes a la interacción "Tiempo de Envejecimiento" x "Secado", en la variedad de maíz CPS-V-191.

Tratamientos	Plántulas emergidas
Testigo (sin secado)	22.500 a ^{1/}
Testigo (con secado)	21.750 a
96 horas de envejecimiento con secado	9.500 b
96 horas de envejecimiento sin secado	8.870 b
135 horas de envejecimiento con secado	0.870 c
168 horas de envejecimiento con secado	0.750 c
135 horas de envejecimiento sin secado	0.625 c
168 horas de envejecimiento sin secado	0.124 c

^{1/} Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales

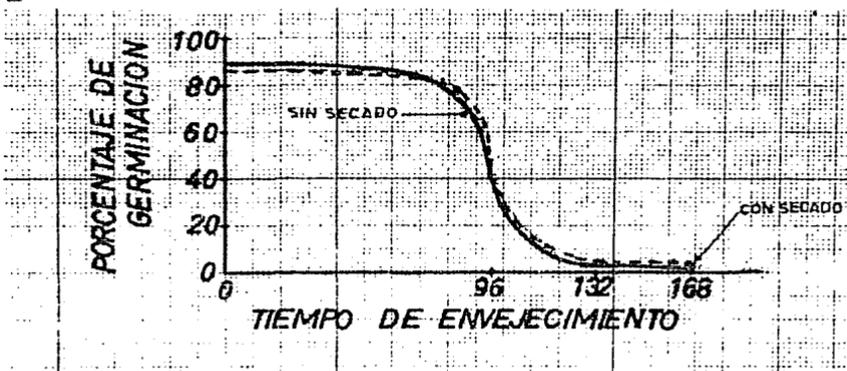


Figura 2. Relación entre porcentaje de germinación y tiempo de envejecimiento.

4.2 Evaluación de Vigor y Longevidad en 38 Genotipos de Maíz

En el Cuadro 6, donde se presentan los cuadrados medios y su significancia estadística, derivado del análisis de varianza de los resultados obtenidos en la prueba de 38 genotipos de maíz; se observa que debido al Genotipo hay diferencias altamente significativas para todas las variables analizadas.

Cuadro 6. Análisis de varianza en la evaluación de 38 genotipos de maíz sometidos a la prueba de Envejecimiento Acelerado.

Fuente de variación	G.L.	Altura	Indice de vigor	P.S.R.	Cuadrados Medios		P.G.
					P.S.P.A.	F.S.T.	
Repetición	5	16.0307**	1.4817**	0.0916	0.6628**	0.8870**	2273.45**
Genotipo	37	31.0261**	9.7001**	1.4771**	2.7073**	8.0140**	4393.50**
Error	185	1.2870	0.1695	0.0413	0.0520	0.1489	85.14
C.V. (%)		13.83	13.69	22.71	20.03	19.14	12.82

** Diferencias significativas para una probabilidad de error del 1%

En el Cuadro 7 se aprecia que para todas las variables, existe la tendencia de un mejor comportamiento (más vigorosos) de los híbridos de tres líneas, así como también las variedades de polinización libre y el híbrido de cruza doble; en término medio se ubican las simples intercaladas con algunas líneas, y por último sólo líneas, que son las que tuvieron el menor vigor.

Adicionalmente se pueden observar diferencias en el comportamiento de los distintos genotipos a través de las diferentes variables, y que en la consideración de todas ellas hay genotipos que tienen buen

Cuadro 7. Prueba de medias para 38 genotipos de maíz evaluados por su respuesta al envejecimiento acelerado.

Var	Genealogía	Origen Mont. 85	Índice de vigor	Altura de planta	Peso seco de rafez	Peso seco de parte adrea	Peso seco total	Porcentaje de germinación
33	CPS-HT-16E	18x51	4.4000 a	10.51 a	1.751 ab	2.255 a	4.015 a	95.33 a
29	CPS-HT-15E	3x86	4.3533 a	11.08 a	1.446 b.c.f	2.275 a	3.721 ab	96.00 ab
16	CPS-HT- 9E	15x48	2.3317 a	9.75 a.c.f	1.320 b.c.h	1.856 a.c.e	3.176 a.c.f	96.66 ab
24	CPS-HT-12E	16x50	4.2800 a	10.31 ab	1.475 b.c.e	1.851 a.c.e	3.326 a.c.e	96.00 ab
21	CPS-HT-10E	15x62	4.2533 ab	10.66 ab	1.200 c.g.j	2.080 ab	3.280 a.c.e	94.66 a.c.e
12	CPS-HT- 5I	8x25*	4.1367 a.c.e	9.91 a.c.e	2.021 a	1.995 a.c.e	4.013 a	99.33 a
37	CPS-V- 19I	PL428	4.0833 a.c.e	10.16 a.c.e	1.533 b.c.d	1.945 a.c.d	3.473 a.c.e	93.33 a.c.d
10	CPS-HT- 4I	6x25	4.0483 a.c.e	9.66 a.c.g	1.604 a.c.e	1.841 a.c.e	3.450 a.c.e	96.66 ab
18	L	56#	3.9983 a.c.d	10.00 a.c.d	0.761 j.c.o	1.214 f.j	2.000 g.j	88.66 a.c.g
38	CPS-V-20E1	PL433	3.9817 a.c.d	10.25 a.c.e	1.535 b.c.d	1.871 a.c.e	3.404 a.c.d	93.33 a.c.d
8	CPS-HT- 3I	2x397	3.9733 a.c.d	10.41 ab	1.148 c.k.k	1.689 b.c.f	2.328 f.i.i	88.66 a.c.d
30	CS	50x51	3.8900 a.c.e	8.58 a.c.h	1.276 c.e.i	1.501 c.g.g	2.778 c.g.g	90.66 a.c.e
17	CS	56x57	3.8667 a.c.f	9.58 a.c.g	0.998 f.m.m	1.513 c.g.g	2.511 e.h.h	90.00 a.c.f
9	L	397#	3.8250 a.c.g	10.25 a.c.e	1.373 b.c.a	1.683 b.c.f	3.056 b.c.f	89.33 a.c.g
32	L	66#	3.8033 a.c.g	9.33 a.c.g	0.828 i.n.n	1.220 f.j.j	2.048 a.c.g	90.00 a.c.f
4	L	37#	3.6967 a.c.h	8.16 b.c.h	0.805 h.n.n	1.085 g.i.i	1.968 c.k.k	90.66 a.c.e
25	CS	58x59	3.5950 a.c.i	9.16 a.c.g	0.865 h.n.n	1.476 d.c.h	2.341 f.j	87.33 a.c.h
23	CPS-HT-11E1	15x397	3.5067 a.c.i	9.83 a.c.f	0.788 j.n.n	1.296 f.i.i	2.135 g.j	78.66 a.c.h
1	CPS-HB- 2I	5x4	3.4700 a.c.i	9.75 a.c.f	1.090 d.i.i	1.266 d.c.h	2.356 d.c.k	81.32 a.c.h
13	CS	122x123*	3.3367 b.i.i	7.16 g.k.k	0.931 g.n.n	1.103 g.n.i	2.035 g.j	88.00 a.c.g
31	L	51#	3.2983 c.e.i	9.41 a.c.g	1.028 c.e.i	1.426 c.h.h	2.455 e.h.h	80.00 a.c.h
22	L	62#	3.1033 d.e.i	8.33 b.c.h	0.885 h.n.n	1.118 g.k.k	2.006 g.j	76.00 b.c.h
24	CS	63x64	3.0050 c.e.i	9.00 a.c.n	0.673 l.o.o	0.745 j.n.n	1.413 j.i.i	66.66 h.c.j
26	L	58#	2.9800 c.e.i	9.41 a.c.g	0.715 k.o.o	0.965 h.l.l	1.680 h.i.i	73.33 d.c.j
2	CS	36x37	2.9583 c.e.i	8.16 b.c.h	0.541 m.p.p	0.865 i.m.m	1.398 j.i.i	72.00 c.e.i
5	CS	21x20*	2.9333 f.i.i	7.75 c.e.i	0.831 j.n.n	0.843 i.m.m	1.675 h.i.i	74.66 c.h.h
7	L	23#	2.9100 g.e.i	5.25 i.m.m	0.510 n.n.q	0.596 l.o.q	1.106 k.m.m	76.00 b.c.h
11	L	25#	2.8283 h.c.j	7.41 e.c.j	0.806 k.n.n	0.743 j.n.n	1.550 i.i.i	69.33 f.c.j
20	L	49#	2.7367 i.c.k	7.33 f.c.j	0.636 k.o.o	0.636 k.o.o	1.450 j.i.i	68.66 g.c.j
28	L	50#	1.9100 j.c.l	6.58 h.c.l	0.706 k.p.p	0.615 k.p.p	1.335 j.i.i	52.00 i.c.k
36	L	64#	1.8767 k.l	7.30 d.c.i	0.505 n.c.q	0.371 m.c.q	0.876 l.n.n	48.66 j.i.i
35	L	63#	1.1900 l.m	4.91 i.n.n	0.196 p.q	0.195 o.c.q	0.391 m.n	32.00 k.c.m
19	L	57#	1.1033 l.m	5.25 i.m.m	0.325 o.c.q	0.206 o.c.q	0.411 m.n	32.00 k.c.m
6	L	22#	0.7800 m	4.16 l.n.n	0.200 p.q	0.158 o.c.q	0.358 m.n	28.66 l.m
27	L	59#	0.6417 m	4.91 j.n.n	0.123 p.q	0.146 o.c.q	0.271 m.n	18.00 m
15	L	123#*	0.4733 m	4.75 k.n.n	0.153 p.q	0.101 p.q	0.255 m.n	15.33 n
3	L	36#	0.4050 m	4.00 m.n	0.070 q	0.085 q	0.155 n	12.66 m
14	L	122#*	0.3300 m	2.41 n	0.088 p.q	0.288 n.c.q	0.160 n	14.00 m

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales * Mont. 94

comportamiento; los más vigorosos de todos fueron los híbridos triples CPS-HT-16E, CPS-HT-15E, CPS-HT-5I y CPS-HT-4I, y dentro de las cruza simples, la 50x51 y 56x57; de las líneas resultaron sobresalientes 397#, 51#, 56# y 37#.

Los materiales con el vigor más bajo son los híbridos triples CPS-HT-11EI y CPS-HT-3I, las cruza simples 36x37, 21x20 y 63x64, y las líneas 36#, 122# (Mont. 84), 123# (Mont. 84), 59# y 63#.

Las variedades de polinización libre siempre fueron mejores que el híbrido doble, y ninguna cruza simple las superó; sin embargo hubo líneas como la 56# que superó a la variedad CPS-V-20I en Índice de Vigor, en tanto que la línea 397# superó en altura de plántula a la variedad CPS-V-19I.

En el Cuadro 8 se presentan los valores de heterosis obtenidos en el híbrido de cruza doble, los híbridos de tres líneas y en las cruza simples. Se puede observar que en promedio, las cruza simples obtuvieron la mayor magnitud de heterosis, en seguida el híbrido doble y por último los híbridos de tres líneas. El mayor valor de heterosis se obtuvo para la variable peso seco total y la de menor valor fue para altura de plántula.

El mayor promedio de heterosis por genotipo se obtuvo para la crza simple 122x123 (Mont 84), el menor fue para la cruza simple 36x37. De los híbridos triples el de más alto valor es el CPS-HT-4I y el menor para el CPS-HT-9E.

La línea de alto vigor *per se*, 397#, es progenitor macho de los híbridos triples CPS-HT-3I y CPS-HT-11EI, al cruzarse con las cruza

Cuadro 8. Heterosis para las distintas variables bajo estudio en el híbrido doble, híbridos triples y cru-
zas simples.

Var	Genealogía	Origen Mont. 84	Índice de vigor	Alt. Pl.	P.S.R.	P.S.P.A.	P.S.T.	Porcentaje de germinación	Promedio por genotipo	
1	CPS-HD-21	2x4	117.29	119.38	131.05	172.37	153.23	108.92	133.70	
8	CPS-HT-3I	2x397	103.87	101.62	83.61	99.80	76.17	99.25	94.05	
10	CPS-HT-4I	4x25	138.01	124.73	193.17	238.39	205.97	127.46	168.32	
12	CPS-HT-5I	8x25	123.97	138.37	216.99	180.82	197.21	112.87	161.70	
16	CPS-HT-9E	15x48	112.02	101.73	132.22	122.69	126.47	107.40	117.08	
21	CPS-HT-10E	15x62	109.99	111.30	120.20	137.44	130.58	105.18	119.11	
23	CPS-HT-11E	15x397	90.68	95.93	57.40	70.03	69.84	87.40	78.54	
24	CPS-HT-12E	16x50	119.05	112.72	170.52	125.39	142.06	109.92	129.94	
29	CPS-HT-15E	3x66	111.91	118.75	113.31	151.49	133.95	105.88	122.54	
33	CPS-HT-16E	18x51	133.40	115.92	170.34	158.05	163.54	119.16	143.40	
2	CS	36x37	80.02	100.00	61.20	78.95	71.04	74.41	78.43	
5	CS	20x21*	100.00	147.61	163.07	141.32	151.35	98.24	133.73	
13	CS	12x123*	704.98	150.87	105.51	382.69	798.03	628.57	461.77	
17	CS	56x57	96.70	95.38	127.70	125.21	125.58	101.50	111.52	
25	CS	58x59	120.63	97.34	120.47	153.02	139.38	119.09	125.07	
30	CS	50x51	117.93	91.14	125.15	105.25	113.16	113.33	110.99	
34	CS	63x64	160.12	121.11	133.32	200.43	161.26	136.58	152.20	
Valores promedio			HD	117.29	119.38	131.05	172.37	153.23	108.92	133.70
			HT	115.87	113.45	139.77	140.45	138.42	108.50	126.07
			CS	197.31	114.84	119.56	169.41	222.82	182.44	167.73
Promedio general por variable				143.49	115.89	130.12	160.74	171.49	133.28	

* Mont. 84

simples 36x37 y 56x57 respectivamente, la primera de bajo y la segunda de alto vigor; resultaron ser las de menor vigor de su grupo y aún que su progenitor macho. Caso contrario, ocurre con la línea 25#, que no se destaca como muy vigorosa, y es progenitor macho de los híbridos triples de alto vigor CPS-HT-5I y CPS-HT-4I al cruzarse con las cruza simples 122x123 (Mont 84) y 21x20 (Mont 84) respectivamente; la primera de vigor medio y la segunda de bajo vigor. Destaca también la línea 51# con alto vigor, progenitor macho de la cruza simple 50x51 vigorosa, y progenitor macho del híbrido triple CPS-HT-16E, el más vigoroso, al cruzarse con la cruza simple 63x64 de bajo vigor.

En el Cuadro 9 se presentan los promedios de los valores obtenidos para cada tipo de cruzamiento (CS, HD, HT), variedades de polinización libre, líneas de mejor y peor comportamiento de las cruza simples y las líneas macho de los híbridos triples. Los materiales que destacan son los híbridos de tres líneas y las variedades de polinización libre; le sigue el híbrido doble y en seguida las cruza simples; después las líneas mejores de las cruza simples y por último las líneas de menor comportamiento, componentes de las cruza simples que obtuvieron el valor promedio más bajo a través de todas las variables analizadas.

Cuadro 9. Promedio de los valores obtenidos por cada uno de los grupos de materiales genéticos evaluados.

Tipo de cruza	Vel. Ger	Alt pl.	P.S.R.	P.S.P.A.	P.S.T.	P.N.E.
Híbrido doble	3.4700	9.75	1.0900	1.4767	2.5667	20.333
Híbrido triple	4.1425	10.28	1.4177	1.9035	3.2718	23.389
Variedades de P.L.	4.0325	10.20	1.5341	1.9063	3.4425	23.333
Cruza simples (CS)	3.3692	8.50	0.8740	1.1435	2.0215	20.333
Líneas macho de los híbridos triples	3.1286	8.41	0.9579	1.0966	2.0364	18.999
Líneas mejores de las CS	2.7476	7.78	0.7582	0.8502	1.2773	16.661
Líneas peores de las CS	0.9085	4.60	0.2535	0.2153	0.4404	8.762

4.3 Evaluación comparativa de Vigor y Longevidad en 34 Genotipos de Maíz con y sin Tratamiento de Envejecimiento Acelerado

Esta última evaluación se realizó debido a que en el experimento anterior la comparación de vigor y longevidad fue entre genotipos con tratamiento previo de envejecimiento acelerado, sin incorporar testigos sin tratamiento. Ahora se integran los testigos dentro del diseño experimental con el fin de conocer su estado de vigor inicial, así como el efecto que el tratamiento tiene en cada uno de los 34 materiales (se utilizaron solamente estos debido a la falta de semilla de los otros cuatro). Adicionalmente se incrementó el tiempo de tratamiento a 135 horas, por ser necesario un efecto más drástico para agudizar las diferencias entre genotipos; además de que se llevó un mejor control de la temperatura pues se conoció la de la estufa, y además se monitoró la de la cámara de envejecimiento.

4.3.1 Análisis de varianza.

En el Cuadro 10, donde se presentan los cuadrados medios de las variables analizadas, se observa que para todas ellas existen diferencias altamente significativas ($p \leq 1\%$) debidas al genotipo, excepto para plantas deformes y semillas con sólo coleóptilo que presentaron diferencias significativas al nivel del 5%. El efecto del envejecimiento acelerado también obtuvo diferencias significativas al 1% para la mayoría de las variables, y sólo para el peso inicial de semilla la significancia fue del 5%; en tanto que no hubo efecto para semillas con sólo radícula. La interacción (Genotipo-Envejecimiento Acelerado) tuvo significancia al 1% en las variables porcentaje de germinación, semillas

Cuadro 10.. Análisis de varianza de los componentes del vigor medidos en la evaluación, bajo la prueba de envejecimiento acelerado de 34 genotipos de maíz.

Variable	Repeticiones	F.C.	FV (genotipo)	F.C.	FGxREP (Error A)	PCH (Enveje- cimiento)	F.C.	PCHxPG (In- teracción)	F.C.	PCBxPGxREP (Error B)	(V 2)
Peso inicial de semilla	0.0925754		27.650807	739.43**	0.0373944	0.24720588	4.77*	0.0593066		0.051781	30.78097
Peso seco de raíz	0.799818	4.28**	0.4961602	26.58**	0.0186628	7.61307206	277.42**	0.0201296	2.13**	0.009417	56.4635
Peso seco parte aérea	0.1188573	4.16**	1.1922432	41.76**	0.0285437	8.45647647	291.53**	0.0551552	1.90*	0.0290068	46.6682
Plantas deformes	0.3664215		0.4185606	1.72*	0.2426841	0.03308824	35.93**	0.3285427	1.85*	0.2316176	277.634
Plantas débiles	7.2598036		7.2009802	2.27**	3.1638442	70.01470588	35.53**	3.6759178	1.85*	1.9705882	155.420
Semillas solo coleoptilo	1.0136803		2.4319295	1.70*	1.4250964	110.03308824	77.87**	2.5255124	1.79*	1.4129901	180.480
Semillas reventadas	2.2791666	3.64*	1.5847816	2.58**	0.613005	26.5625	34.79**	1.2443181		0.7634313	178.1852
Semillas muertas	1.3860294		99.6774030	16.92**	2.3506758	484.44485	205.62**	22.291337	9.42*	2.3664215	166.3576
Semillas sólo radícula	0.2487745		0.7309491	2.76**	0.2639260	0.09191176		0.3949420		0.3468137	249.6600
Vigor (visual)	3.9583333		8.8129454	19.57**	0.4501262	36.03308824	175.54**	0.1827094		0.2052696	44.2684
Porcentaje de germinación	89.411763		1175.151500	13.99**	83.957217	36340.941176	464.04**	398.27448	5.09**	78.313725	24.5851
Peso seco total	0.2919029	4.70**	3.0736945	44.26**	0.0694284	20.47111912	345.45**	0.122988	2.08**	0.0592585	48.3717
Peso unitario de raíz	0.0001276	4.34**	0.0008555	29.19**	0.0006293	0.00110656	78.88**	0.0000180		0.0000140	46.5982
Peso seco unitario p.a.	0.00002557	6.32**	0.0017383	43.02**	0.0000404	0.00248331	69.27**	0.00000474		0.0000358	34.5296
Peso seco unitario total	0.0004738	5.65**	0.0047283	56.42**	0.0000838	0.00690524	101.43**	0.0000846		0.0000680	36.66266

* Diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$)

mueratas, peso seco de raíz y peso seco total; mientras que el efecto fue significativo al 5% para peso seco de parte aérea, plantas deformes, plantas débiles y semilla con sólo coleóptilo.

4.3.2 Comparación de medias.

4.3.2.1 Efecto del envejecimiento acelerado. Como efecto del envejecimiento acelerado, los diferentes parámetros para la evaluación de germinación y de vigor tienden a disminuir significativamente, salvo semillas reventadas y semillas muertas que presentan valores más altos en las semillas sin tratar (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedios de los tratamientos de envejecimiento para las 15 variables en estudio.

Variable	Sin tratamiento	Con tratamiento	Proporción de reducción (%)
Peso inicial de semilla	6.0288 a ^{i/}	5.9685 b ^{i/}	1.00
Peso seco de raíz	0.6105 a	0.4145 b	32.10
Peso seco parte aérea	1.1483 a	0.7956 b	30.71
Plantas deformes	0.1985 a	0.1764 a	11.11
Plantas débiles	1.7206 a	0.7059 b	58.97
Semillas con sólo radícula	0.2647 a	0.2279 a	13.89
Semillas con sólo coleóptilo	1.4338 a	0.1618 b	88.71
Semillas reventadas	0.2426 b	0.8676 a	72.03
Semillas muertas	0.6691 b	3.3382 a	79.95
Vigor (visual)	3.1433 a	2.4154 b	23.15
Porcentaje de germinación	91.55 a	64.441 b	29.61
Peso seco total	1.7589 a	1.2102 b	31.19
Peso seco unitario de raíz	0.0262 a	0.0222 b	15.34
Peso seco unitario de parte aérea	0.0495 a	0.0434 b	12.20
Peso seco unitario total	0.0758 a	0.0657 b	13.29

1/ Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.3.2.2 Porcentaje de reducción por efecto del envejecimiento acelerado. Aun cuando no se aplica una prueba que nos diferencie estadísticamente por sensibilidad, se puede apreciar (Cuadro 12 y Fig. 3) que las líneas y el híbrido doble siempre fueron proporcionalmente más afectados que las cruzas simples, mientras que los menos sensibles fueron los híbridos triples. Destacan también los siguientes hechos: Dentro del mismo tipo de material (híbridos triples, cruzas simples, líneas y variedades de polinización libre) la sensibilidad de los genotipos es diferente, y que los genotipos son más sensibles para una variable que para otra, o dicho en otras palabras, el tratamiento de envejecimiento acelerado afecta diferencialmente a cada una de las variables y la proporción del efecto depende del genotipo.

En general, el envejecimiento acelerado actuó mayormente sobre el peso seco de raíz y peso seco unitario de raíz, que sobre la parte aérea.

Todos los materiales fueron sensibles al envejecimiento acelerado en las variables de peso seco que consideran a la parcela total; aunque hubo algunos genotipos que no fueron sensibles para peso seco unitario de raíz, como las líneas 64#, 48#, 56#, y el híbrido CPS-HT-16E. Además, otros materiales como el CPS-HT-10E y la línea 56# no fueron sensibles, para peso seco unitario de la parte aérea y peso seco total, respectivemente.

4.3.2.3 Comparación de vigor entre los 34 genotipos de maíz. De la observación de los promedios de las variables relacionadas con el vigor, se aprecia en general un comportamiento similar de los genotipos, donde los híbridos de tres líneas y las variedades de polinización libre presentaron valores superiores a los híbridos de cruce simple y éstos a su

Cuadro 12. Proporción de reducción, caso efecto del empesamiento acelerado, sobre las variables de peso seco para los 34 genotipos de maíz (%)

Var	Genealogía	Origen Mont. 85	1 de Ger minación	Peso seco de raíz	Peso seco P. A.	Peso seco total	Peso seco unitario raíz	Peso seco unitario parto, aerea	Peso seco total	Vigor	% Int.		% total
											Parto	Unit.	
3	L	360	75.90	87.62	79.12	81.84	41.26	11.71	11.71	71.42	79.18	24.69	58.74
15	L	570	67.50	81.04	74.41	71.79	51.23	10.59	37.28	57.14	72.19	39.70	60.01
32	L	640	90.00	46.92	55.04	52.57	(-) 2.82	16.79	18.83	47.05	50.31	9.20	34.54
31	L	630	46.66	70.17	62.50	64.91	44.35	29.69	34.41	56.25	60.09	36.11	51.10
1	CPS-HT- 21	284	43.47	57.44	50.70	55.72	25.10	19.59	41.26	20.00	45.46	21.55	36.53
23	L	590	41.77	53.93	55.83	55.24	27.75	26.31	26.76	45.45	50.44	26.94	41.63
4	L	370	39.30	61.25	50.19	53.71	36.28	17.97	23.79	39.13	48.73	26.01	40.46
11	L	450	35.16	59.63	45.45	47.11	26.64	17.29	21.03	52.94	46.05	21.65	36.90
24	L	500	32.63	47.12	39.43	40.25	14.19	15.85	11.55	31.04	37.09	3.72	20.82
16	L	480	32.72	28.30	35.82	34.21	(-) 1.54	6.49	4.76	26.31	31.37	11.83	27.62
6	L	220	31.81	54.83	40.80	46.03	38.39	18.16	24.26	21.62	38.97	26.24	34.20
9	L	3970	31.76	40.30	49.19	45.83	12.83	24.96	20.48	40.74	41.56	19.42	33.26
14	L	560	30.10	24.40	24.22	22.50	(-) 7.05	11.94	(-)10.52	28.08	25.06	3.98	17.15
18	L	620	28.26	39.53	44.98	43.18	16.10	23.92	21.32	36.84	38.55	20.44	31.76
27	L	510	24.44	42.99	38.28	39.80	22.99	17.73	19.43	9.37	30.97	20.05	26.87
7	L	230	23.91	53.23	35.38	40.54	39.06	14.62	21.74	33.13	37.27	25.14	32.72
21	CS	5859	21.00	28.44	27.75	28.03	11.52	7.40	4.11	19.23	24.89	9.34	16.06
33	CPS-V-191	P1428	20.23	42.98	31.78	28.31	4.97	1.44	2.68	18.18	28.26	16.57	23.88
19	CPS-HT-11E1	15x397	19.35	22.99	20.11	21.13	7.01	15.72	12.31	20.00	24.66	11.68	19.79
30	CS	63x64	19.00	28.11	35.89	33.33	12.04	20.17	15.00	25.00	29.35	3.03	13.85
5	CS Mont. 86	21x20 ^A	18.94	10.10	20.10	16.89	6.72	5.57	1.63	33.13	19.87	4.64	14.16
34	CPS-V-20E1	P1433	18.75	27.22	23.55	25.00	10.29	6.06	7.70	23.52	23.60	8.01	17.76
17	CPS-HT-10E	15x62	18.08	43.83	16.70	28.01	31.81	(-) 3.34	11.33	12.50	23.82	14.38	20.28
8	CPS-HT-11	2x397	17.89	29.37	31.53	30.80	14.07	16.86	15.93	13.79	24.67	15.08	20.91
22	L	580	17.85	34.02	26.64	29.28	20.89	10.55	14.21	14.28	24.41	17.30	21.46
13	CS	56x57	14.58	37.58	22.55	28.47	26.19	9.59	16.12	16.66	23.96	10.78	11.78
26	CS	50x51	13.40	20.86	14.73	16.96	8.80	0.61	4.07	5.88	16.36	4.49	10.66
2	CS	36x37	12.37	14.58	14.28	14.39	3.22	1.51	2.85	21.73	15.47	2.52	10.61
28	L	600	9.57	34.75	26.03	27.93	7.18	18.84	20.86	23.07	24.27	22.60	23.64
10	CPS-HT 41	4x25	8.24	15.40	28.02	22.99	7.18	21.74	15.99	14.70	17.85	14.97	16.77
29	CPS-HT-16E	18x51	6.25	4.67	6.75	5.98	(-) 1.53	0.94	0.02	7.89	6.30	4.32	4.06
20	CPS-HT-12E	16x50	5.10	16.52	14.88	15.45	11.22	10.42	10.70	10.00	12.39	10.78	11.78
25	CPS-HT-19E	3x60	5.10	10.67	18.27	15.99	6.03	13.79	11.46	7.89	11.58	10.42	11.15
12	CPS-HT-0E	15x48	2.08	16.56	3.07	7.78	15.32	0.88	5.93	5.88	7.07	7.37	7.18

* Montecillos 84

10

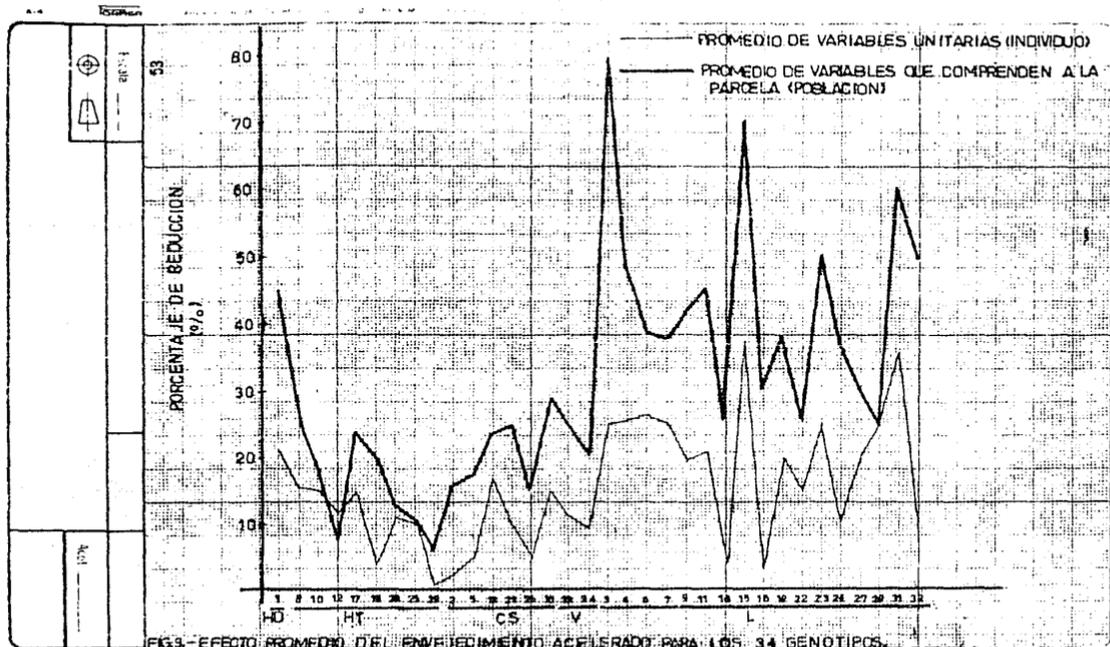
vez lo fueron en relación a las líneas. Para la variable peso inicial de semilla el comportamiento es similar, pero la secuencia no es igual a la de las otras variables. Los materiales que se destacan son los híbridos de tres líneas CPS-HT-4I, CPS-HT-15E y el CPS-HT-16E, siendo las cruza simples superiores 50x51 y 58x59, en tanto que de las líneas sobresalieron 51# y 357#, las cuales obtuvieron mayores pesos que la mayoría de las cruza simples y que dos híbridos triples. Por otro lado, destacan como de comportamiento más bajo los híbridos triples CPS-HT-10E, CPS-HT-11E; las cruza simples 36x37, 63x64, 21x20 (Mont 84), y las líneas 36#, 57#, 22#, 59#.

Por lo que respecta al vigor, de similar tendencia, destacan los materiales como el híbrido triple CPS-HT-12E, la cruza simple 50x51 y la línea 51#. Los menos vigorosos fueron el híbrido triple CPS-HT-10E, la cruza simple 36x37 y las líneas 36# y 59# (Cuadro 13).

4.3.2.4 Comportamiento de la germinación en los 34 genotipos de maíz.

El análisis del comportamiento en la prueba de germinación (Cuadro 14) permite señalar que los híbridos de tres líneas tuvieron el porcentaje de germinación más alto, en seguida las cruza simples y por último las líneas junto con la variedad de polinización libre CPS-V-19I y el híbrido de cruza doble; destacando los híbridos triples CPS-HT-12E, CPS-HT-15E, CPS-HT-9E, las cruza simples 36x37, 63x64, 50x51 y la línea 66#. Los materiales con valores más bajos para estas variables fueron los híbridos triples CPS-HT-10E y CPS-HT-11E, la cruza simple 21x20 y las líneas 57# y 36#.

Para las variables plantas deformes y semillas con sólo coleoptilo, aun cuando presentaron diferencia estadística al 5%, la prueba de Tukey



Cuadro 13. Comparación de medias en las variables bajo estudio en la evaluación de 34 genotipos de maíz a las que se aplicó la prueba de envejecimiento acelerado.

Var	Genealogía	Origen Mont. #5	Peso seco total	Peso seco unitario total	Peso seco Raíz	Peso seco parte aérea	Peso seco unitario de Raíz	Peso seco unitario parte aérea	Vigor (visual)	Peso inicial de semilla
10	CPS-HT-41	4x25	2.5975 A ^{1/}	0.111391 A	1.07125 A	1.52625 AB	0.04613 A	0.065255 AB	3.937 A..E	9.4425 A
25	CPS-HT-15E	3x66	2.5162 AB	0.105266 A..C	0.73625 B..D	1.74000 A	0.03252 B..D	0.072745 A	4.562 AB	8.0837 C
29	CPS-HT-15E	18x51	2.5125 AB	0.107875 AB	0.94000 AB	1.57250 AB	0.04045 AB	0.067421 AB	4.562 AB	8.4200 BC
20	CPS-HT-12E	16x50	2.3575 A..C	0.098667 A..D	0.81875 A..C	1.53875 AB	0.03434 B..D	0.066318 AB	4.750 A	7.6537 D
26	CS	50x51	2.1712 AD	0.095770 A..D	0.72250 B..D	1.37875 B..D	0.03398 B..D	0.061788 AB	4.250 A..C	6.6900 E
12	CPS-HT-9E	15x48	2.1600 AD	0.093773 B..F	0.72000 B..F	1.4400 A..C	0.03013 B..C	0.060586 A..C	4.125 A..E	6.7400 E
34	CPS-V-20E1	P1433	2.1262 A..E	0.097213 A..D	0.82500 A..C	1.30125 B..F	0.03776 A..C	0.05944 B..D	3.750 A..G	8.6750 B
8	CPS-HT-31	2x397	2.0112 B..F	0.091962 B..F	0.68250 B..F	1.32875 B..E	0.03101 B..F	0.060948 A..C	3.375 B..H	7.5387 D
27	L	51#	1.8962 C..G	0.094898 A..F	0.60750 C..F	1.29375 B..C	0.02005 D..H	0.066356 AB	3.812 A..F	6.9025 E
33	CPS-V 191	P1428	1.8262 C..G	0.094520 A..E	0.74125 B..D	1.08500 D..J	0.03805 A..C	0.056465 B..E	2.812 D..K	8.6687 D
19	CPS-HT-11E1	15x397	1.8200 D..H	0.086991 D..H	0.63500 C..H	1.18500 C..H	0.02988 B..H	0.056203 B..E	3.750 A..G	6.8137 E
21	CS	58x59	1.7325 D..I	0.076927 E..I	0.71625 B..E	1.01625 E..L	0.03147 B..E	0.045452 E..H	2.9375C..J	6.1775 FG
9	L	397#	1.7125 E..L	0.093318 A..F	0.65875 C..G	1.05375 E..K	0.03096 A..D	0.057451 B..E	2.687 E..L	6.0850 C
13	CS	56x37	1.6637 D..J	0.074261 F..I	0.62125 C..H	1.00250 E..N	0.02761 C..I	0.046363 E..G	2.750 E..L	6.0900 GH
1	CPS-HD-2I	4x25	1.6212 E..J	0.087494 C..G	0.59875 C..I	1.02250 F..L	0.02415 B..D	0.055338 B..E	2.812 D..K	7.4900 D
17	CPS-HT-10E	15x62	1.5887 F..K	0.074054 F..I	0.60125 C..I	0.98750 F..M	0.02756 C..I	0.046485 G..F	2.812 D..K	6.5850 E
24	L	50#	1.4137 G..K	0.07198 G..J	0.42625 F..I	0.98750 F..M	0.02223 E..J	0.048962 C..F	3.062 C..I	5.3937 IJ
28	L	66#	1.3937 G..K	0.061875 J..L	0.29125 J..N	1.10250 D..J	0.01292 J..N	0.048952 C..F	2.875 D..K	6.5500 EF
4	L	57#	1.3787 G..K	0.067078 L..K	0.41625 F..N	0.96250 G..M	0.01981 G..N	0.047259 D..F	2.312 H..O	6.3500 JF
5	CS	63x64	1.3750 H..E	0.060225 L..L	0.46625 F..K	0.90875 H..M	0.02039 F..L	0.039832 F..I	3.062 C..I	4.0637 L
30	CS	21x20*	1.3412 H..E	0.061489 L..L	0.44625 F..L	0.89500 H..M	0.02053 F..K	0.040958 F..I	2.812 D..K	5.7325 HI
11	L	25#	1.3262 H..E	0.068200 H..K	0.51875 D..J	0.80750 L..N	0.02646 D..I	0.041732 F..I	1.562 K..O	7.6525 D
14	L	56#	1.2887 I..L	0.065867 L..K	0.48875 H..N	0.92000 H..M	0.01874 L..N	0.047120 D..F	2.500 F..M	5.3225 J
2	CS	36x37	1.1925 J..L	0.052249 J..M	0.44500 F..L	0.74750 K..O	0.09439 H..M	0.032810 L..L	2.562 F..M	3.4900 M
16	L	58#	1.1587 J..L	0.059888 L..L	0.40250 H..M	0.75625 J..O	0.02071 F..J	0.039172 F..I	2.437 G..N	5.1037 JK
18	L	62#	1.0212 K..M	0.050581 K..M	0.34500 J..N	0.67625 M..P	0.01717 L..N	0.033403 H..K	1.9375J..O	4.7637 K
7	L	23#	0.9587 K..M	0.045557 L..O	0.25500 J..N	0.70375 L..O	0.01224 J..N	0.034315 G..J	1.562 K..O	4.3175 L
32	L	64#	0.7887 L..O	0.046148 L..O	0.24875 K..N	0.54000 N..O	0.01503 J..N	0.031110 L..L	1.625 J..O	5.0250 K
31	L	63#	0.6112 M..O	0.033374 N..O	0.18500 L..N	0.42625 O..O	0.00990 K..N	0.031110 L..L	1.625 J..O	3.1750 LM
23	L	59#	0.5175 M..O	0.031487 O..O	0.16250 M..P	0.35500 P..O	0.00977 L..N	0.021712 K..I	1.062 O	2.9237 NO
6	L	48#	0.4850 N..O	0.036757 H..O	0.16875 M..P	0.31625 Q	0.01170 J..N	0.023056 J..L	1.5625 K..N	4.9025 K
3	L	36#	0.4475 NO	0.032617 NO	0.13625 N	0.31125 Q	0.00929 MN	0.023327 J..L	1.125 NO	2.7812 O
15	L	57#	0.4267 O	0.029186 O	0.13625 N	0.30250 Q	0.00864 N	0.020544 L	1.250 M..O	2.6950 O

1/ Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales

* Mont. 84

Cuadro 14. Promedios de las diferentes variables medidas en la prueba de germinación de los 14 genotipos de maíz evaluados

Var.	Genealogía	Origen	PROMEDIOS						
			Plantas deformes	Semillas con solo coleoptilo	Porcentaje de Plántulas germinación	Semillas débiles	Semilla sola con radícula	Semillas reventadas	Semillas muertas
20	CPS-HT-12E	16x50	0.250 A 1/	0.125 A	95.50 A	0.500 B	0.000 B	0.125 AB	0.125 H
25	CPS-HT-15E	3x66	0.125 A	0.125 A	95.50 A	0.375 B	0.125 B	0.125 AB	0.125 H
12	CPS-HT-9E	15x48	0.125 A	0.375 A	95.00 A	0.125 B	0.000 B	0.250 AB	0.375 H
10	CPS-HT-41	4x25	0.125 A	0.625 A	93.00 AB	0.750 B	0.000 B	0.250 AB	0.000 H
29	CPS-HT-16E	18x51	0.750 A	0.125 A	93.00 AB	0.500 B	0.250 B	0.375 AB	0.125 H
2	CS	36x37	0.000 A	0.375 A	91.00 A.C	0.375 B	0.000 B	0.000 B	1.125 GH
0	CS	53x64	0.250 A	0.250 A	90.50 A.C	0.625 B	0.000 B	0.000 B	1.250 GH
26	CS	50x51	0.375 A	0.250 A	90.50 A.C	0.375 B	0.500 B	0.250 B	0.625 GH
21	CS	58x59	0.125 A	0.150 A	89.50 A.D	1.000 B	0.000 B	0.000 B	1.250 GH
28	L	66#	0.000 A	0.250 A	89.50 A.D	1.125 B	0.250 B	0.000 B	1.000 GH
13	CS	56x57	0.000 A	0.750 A	89.00 A.E	0.500 B	0.125 B	0.750 AB	0.625 GH
34	CPS-V-20E1	P1433	0.000 A	0.375 A	87.00 A.E	1.375 AB	0.375 B	0.750 AB	0.375 H
8	CPS-HT-31	2x397	0.500 A	1.000 A	86.50 A.F	0.625 B	0.000 B	0.500 AB	0.750 GH
5	CS	21x20*	0.000 A	1.000 A	86.00 A.F	1.000 B	0.000 B	0.375 AB	1.000 GH
17	CPS-HT-10E	15x62	0.000 A	0.875 A	85.50 A.F	0.127 B	0.250 B	1.625 A	0.750 GH
19	CPS-HT-11E1	15x397	0.125 A	0.875 A	84.00 A.F	1.000 B	0.250 B	1.375 AB	0.375 H
7	L	23#	0.125 A	1.000 A	81.00 A.G	1.375 AB	0.125 B	0.500 AB	1.625 E..H
4	L	37#	0.000 A	1.625 A	79.50 A.H	1.000 B	0.125 B	0.875 AB	1.500 F..H
24	L	50#	0.000 A	0.875 A	79.50 A.H	1.000 B	0.000 B	0.250 AB	3.000 D..H
18	L	62#	0.250 A	0.625 A	79.00 A.H	0.875 B	0.500 B	1.000 AB	2.000 D..H
14	L	56#	0.375 A	1.625 A	79.00 A.H	1.375 AB	0.000 B	0.375 AB	1.500 F..H
27	L	51#	0.875 A	0.875 A	79.00 A.H	1.375 AB	0.500 B	1.000 AB	0.625 GH
23	L	58#	0.125 A	1.125 A	76.50 B..H	0.875 B	0.250 B	1.000 AB	2.500 D..H
33	CPS-V-191	P1428	0.875 A	1.375 A	73.50 B..H	2.125 AB	0.000 B	0.625 AB	1.125 GH
16	L	48#	0.000 A	0.375 A	75.50 B..H	0.750 B	0.250 B	0.250 AB	4.500 B..F
11	L	25#	0.125 A	0.250 A	75.00 C..H	3.250 AB	0.250 B	0.625 AB	1.750 E..H
1	CPS-HD-21	4x25	0.250 A	2.000 A	72.00 D..I	2.250 AB	0.375 B	1.625 A	0.500 G..H
9	L	397#	0.500 A	0.500 A	71.50 E..I	2.625 AB	0.500 B	1.250 AB	1.750 E..H
31	L	63#	0.125 A	0.375 A	69.00 F..J	1.500 AB	0.500 B	0.375 AB	4.875 B..D
32	L	64#	0.375 A	1.375 A	64.50 G..J	1.875 AB	0.250 B	0.375 AB	4.625 B..E
23	L	59#	0.000 A	1.000 A	62.50 H..J	1.375 AB	0.250 B	0.625 AB	6.250 BC
6	L	22#	0.000 A	2.225 A	55.50 I.J	4.625 A	0.375 B	0.375 AB	3.500 C..G
15	L	57#	0.000 A	1.000 A	53.00 J	2.750 AB	1.750 A	0.000 B	6.750 AB
3	L	36#	0.125 A	1.125 A	51.50 J	0.375 B	0.375 B	0.375 AB	9.750 A

1/ Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales.

* Mont. 84

no detectó diferencias entre los genotipos.

Para semillas con sólo radícula no se aprecia ninguna tendencia, aunque se puede destacar que la línea 57# fue la más acentuada para esta característica.

En los promedios para la variable plantas débiles, la tendencia que se observa es que las líneas se ubican en primer lugar; luego las variedades de polinización libre y el híbrido doble, enseguida están las cruza simples y al final los híbridos triples.

Semillas reventadas no presenta tendencia alguna, y sólo se destacan el híbrido doble y el híbrido triple CPS-HT-10E.

Para semillas muertas, las líneas son las que resultaron más dañadas, enseguida las cruza simples y por último los híbridos triples; las variedades y el híbrido doble se encuentran entre las cruza simples y los híbridos triples.

4.3.3 Correlación entre variables.

Los coeficientes de correlación y su probabilidad estadística, entre las variables indicadoras del vigor estudiadas, se presentan en el Cuadro 15. Se aprecia que las variables de peso seco tuvieron correlaciones altas entre ellas mismas. Las correlaciones más altas se presentaron entre las variables V_1 , V_2 , V_3 , V_{10} , V_{11} , V_{12} , V_{13} , V_{14} y V_{15} ; lo cual indica que todas estas variables dependen del peso inicial de semilla (V_1), unas en mayor o menor proporción que otras; en este caso, el porcentaje de germinación (V_{11}) tiene una correlación significativa estadísticamente, pero con menor dependencia que las demás variables, en

Cuadro 15. Coeficientes de correlación y su significancia estadística entre características de la semilla, desarrollo de plántula y anomalías en la germinación.

V P	1 PIS	2 PSR	3 PSPA	4 PDF	5 PD	6 SCR	7 SCC	8 SR	9 SM	10 V	11 PG	12 PST	13 PSUR	14 PSUPA	15 PSUT
1	Peso inicial de semilla	- 0.76480 **	0.70321 **	0.15117 **	-0.01258 NS	-0.16011 **	-0.06462 NS	0.11279 NS	-0.49452 **	0.62080 **	0.33936 **	0.75244 **	0.84230 **	0.80269 **	0.86387 **
2	Peso seco de raíz	-	0.86132 **	0.04626 NS	-0.32982 **	-0.17026 **	-0.37330 **	-0.14524 **	-0.58061 **	0.78287 **	0.67908 **	0.94548 **	0.95505 **	0.79169 **	0.90621 **
3	Peso seco de la parte aérea	-	-	0.03905 NS	-0.38496 **	-0.21657 **	-0.41790 **	-0.18470 **	-0.63324 **	0.86426 **	0.76555 **	0.97881 **	0.76461 **	0.93260 **	0.91040 **
4	Plantas deformes	-	-	-0.04088 NS	-0.06267 NS	0.05567 NS	0.09092 NS	-0.8972 NS	0.05617 NS	-0.06920 NS	0.04431 NS	0.12125 NS	0.13785 *	0.14077 *	
5	Plantas débiles	-	-	-	0.04045 NS	0.10563 NS	0.11237 NS	0.09674 NS	-0.39157 **	-0.50861 **	-0.37609 **	-0.17762 **	-0.21226 **	-0.20877 **	
6	Semillas con radícula	-	-	-	-	0.01895 NS	-0.00725 NS	0.09136 **	-0.19614 **	-0.21233 **	-0.20542 **	-0.12726 **	-0.17674 **	-0.16484 **	
7	Semillas con coleóptilo	-	-	-	-	-	0.20864 **	0.27539 **	-0.30228 **	-0.56549 **	-0.41443 **	-0.25569 **	-0.26533 **	-0.27564 **	
8	Semillas reven-tadas	-	-	-	-	-	-	-0.01853 NS	-0.11427 NS	-0.28374 **	-0.17521 NS	0.00242 NS	-0.02118 NS	-0.01205 NS	
9	Semillas muertas	-	-	-	-	-	-	-	-0.58688 **	-0.79430 **	-0.63400 **	-0.50828 **	-0.53417 **	-0.55211 **	
10	Vigor (visual)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.68160 **	0.84818 **	0.70709 **	0.77741 **	0.78930 **	
11	Porcentaje de germinación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75746 **	0.49095 **	0.53528 **	0.54524 **	
12	Peso seco total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.86790 **	0.90818 **	0.94031 **	
13	Peso seco unitario de raíz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.92576 **	0.95276 **	
14	Peso seco unitario de la parte aérea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.96388 **	
15	Peso seco unitario total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$)

NS = No significativa.

tanto que el número de semillas muertas (V_9) correlacionó negativamente con V_1 . El porcentaje de germinación (V_{11}) se asocia en forma directa con V_2 , V_3 , V_{10} , V_{12} , V_{13} , V_{14} y V_{15} , y negativamente con V_5 , V_7 y V_9 .

4.3.4 Comparación de heterosis.

4.3.4.1 Heterosis de los híbridos sin exposición al tratamiento de envejecimiento acelerado. Considerando la semilla sin tratamiento de envejecimiento acelerado, en el Cuadro 16, donde se presenta la heterosis estimada para cada variable en los distintos híbridos, se aprecia que el híbrido doble fue el que logró mayor magnitud de heterosis para el promedio de todas las variables; en segundo lugar fueron las cruza simples y por último los híbridos triples.

Dentro de las cruza simples la que mayor heterosis mostró es la 63x64, y dentro de los híbridos triples el CPS-HT-4I, que fue el que manifestó heterosis superior a todos los híbridos, en tanto que los de menor heterosis fueron el híbrido triple CPS-HT-11EI y la cruza simple 36x37.

El promedio mayor de heterosis por variable fue para peso seco de raíz y la menor fue para porcentaje de germinación.

4.3.4.2 Heterosis de los híbridos bajo el tratamiento de envejecimiento acelerado. La heterosis por variable y para cada híbrido después del tratamiento de envejecimiento acelerado se presenta en el Cuadro 17, donde es notable que las cruza simples fueron las de mayor magnitud; enseguida los híbridos triples y por último el híbrido doble. La cruza simple que se destacó por su mayor magnitud de heterosis fue la 63x64, y de los híbridos triples fue el CPS-HT-4I, que tanto con tratamiento como sin

Cuadro 16. Valores de heterosis para cada variable en todos los híbridos, a partir de semilla sin tratamiento de envejecimiento acelerado.

Genealogía	Origen Mont. 85	% de Germinación	Peso seco de raíz	Peso seco parte aérea	Peso seco total	Peso seco unitario de raíz	Peso seco unitario parte aérea	Peso seco unitario total	Vigor (visual)
CPS-HD-21	2x4	94.84	175.00	141.45	153.41	184.07	145.59	157.92	100.00 144.03
CPS-HT-31	2x397	97.93	96.96	112.88	185.01	86.80	101.39	96.00	125.58 112.81
CPS-HT-41	4x25	102.10	168.11	169.85	169.16	156.71	160.27	158.84	140.00 153.13
CPS-HT-9E	15x48	100.00	102.61	124.46	115.85	102.86	124.20	115.81	150.00 116.97
CPS-HT-10E	15x62	97.91	100.65	91.70	95.23	103.15	91.53	97.18	102.27 97.45
CPS-HT-11E1	15x397	96.87	86.96	94.27	104.89	79.75	86.23	83.84	136.36 96.14
CPS-HT-12E	16x50	98.00	106.88	135.16	126.79	108.95	131.05	129.33	155.10 123.90
CPS-HT-15E	3x66	101.03	95.07	126.82	115.27	94.39	125.58	114.22	107.35 109.96
CPS-HT-16E	18x51	96.00	126.05	101.71	109.39	118.23	95.20	102.64	119.67 108.61
CS	36x37	97.97	80.00	62.64	68.16	81.59	64.03	69.61	110.81 79.35
CS 84	21x20*	103.26	135.25	116.37	121.85	130.56	113.80	118.68	180.00 127.47
CS	56x57	103.22	182.14	113.52	133.33	175.50	110.18	129.08	110.00 132.13
CS	58x59	119.00	172.16	135.24	148.43	145.02	113.89	125.01	120.51 134.90
CS	50x51	102.10	113.86	94.37	100.21	89.84	115.07	93.02	111.47 102.49
CS	63x64	111.11	166.92	149.66	154.20	143.33	130.44	136.50	188.46 147.57
HD		94.84	175.00	141.45	153.41	184.07	145.59	157.92	100.00 144.03
HT		98.73	110.41	119.60	127.69	106.35	114.43	112.23	129.54 114.87
CS		106.11	141.72	111.96	121.03	127.64	107.90	111.98	136.87 121.65
			101.22	142.37	124.33	134.04	139.35	122.64	127.37 122.13

* Mont. 84

Cuadro 17. Valores de heterosis por cada variable en todos los híbridos, considerando el tratamiento de envejecimiento acelerado.

Genealogía	Origen Mont. 85	I de Germi- nación		Peso seco de raíz	Peso seco parte aérea	Peso seco total	Peso seco unitario raíz	Peso seco unitario parte aérea	Peso seco unitario total	Vigor (visual)	
		Mont. 85	nación								
1	CPS-HD-2I	2x4	61.17	84.61	80.18	81.72	130.90	124.00	126.40	111.11	100.06
8	CPS-HT-3I	2x397	91.76	114.72	152.11	136.79	85.56	112.34	101.50	138.88	116.70
10	CPS-HT-4I	4x25	115.58	232.54	160.69	185.62	198.28	144.01	166.79	161.11	170.57+
12	CPS-HT-9E	15x48	114.63	137.17	155.76	149.36	118.02	136.17	129.59	160.00	137.58
17	CPS-HI-10E	15x62	93.90	70.57	92.52	95.85	95.30	106.67	102.74	105.00	98.58
19	CPS-HT-11EI	15x397	91.46	112.18	115.65	115.67	86.94	113.27	102.61	135.00	109.09
20	CPS-HT-12E	16x50	117.72	124.68	165.98	148.96	109.32	131.71	127.07	171.42	137.10
25	CPS-HT-15E	3x66	109.41	107.32	121.55	116.62	97.19	109.77	105.42	109.37	109.58
29	CPS-HT-16E	18x51	111.11	209.71	153.67	170.87	155.88	114.63	127.36	120.68	145.48
2	CS	36x37	141.66	176.34	107.81	126.07	123.94	77.09	88.74	128.57	121.27
5	CS 84	21x20 ^A	110.00	260.00	143.89	170.27	228.67	125.86	149.17	163.63	168.93
13	CS	56x57	126.15	150.39	113.04	123.60	120.99	88.98	97.95	117.64	117.31
21	CS	58x59	114.49	186.71	133.20	151.04	160.58	118.43	132.45	116.66	139.19
26	CS	50x51	123.52	156.00	130.37	138.24	123.97	104.82	110.73	110.34	124.74
30	CS	63x64	168.75	226.08	211.94	216.74	125.17	125.14	125.15	233.33	179.03+
	HD		61.17	84.61	80.18	81.72	130.90	124.00	126.40	111.11	100.06
\bar{x}	HT		105.69	141.11	140.50	139.96	118.31	121.07	120.38	137.68	128.08
\bar{x}	CS		130.76	192.58	140.04	154.32	147.22	106.72	117.36	145.02	141.75
			99.20	139.43	120.24	125.33	132.14	117.29	121.38	131.27	

* Mont. 84

tratamiento resultaron ser los más vigorosos. Los que menor magnitud de heterosis presentaron fueron el híbrido triple CPS-HT-10E y la cruz simple 56x57. Nuevamente para la variable peso seco de raíz se obtuvo la heterosis mayor, y la menor para porcentaje de germinación.

Al observar los valores estimados de heterosis (Cuadros 16 y 17), vemos que cuando se aplica el tratamiento de envejecimiento acelerado la heterosis para el híbrido doble cae, mientras que la heterosis promedio para las cruza simples y para el híbrido triple se incrementan, ya que siempre las cruza simples y los híbridos triples fueron menos sensibles que las líneas y éstas son el punto de referencia para calcular la heterosis de los híbridos que se forman al cruzarse.

4.3.5 Relación entre los diferentes tipos de variables en estudio

En el Cuadro 18 vemos que hay algunos materiales cuyo peso inicial de semilla tienen la misma categoría estadística, pero el promedio del peso seco producido de sus estructuras son diferentes. Relacionando estas diferencias con el porcentaje de reducción, tenemos que los materiales más resistentes al envejecimiento dentro de la misma categoría de peso inicial de semilla, producen más que los que presentan ser más susceptibles. Observamos también que el peso inicial de semilla no guarda relación alguna con la resistencia al deterioro.

Adicionalmente se aprecia una tendencia en el sentido de que los materiales que son resistentes al deterioro, en base a las variables a nivel individuo, heredan a su progenie esta resistencia. Vemos también que al cruzarse dos líneas, el híbrido manifiesta más resistencia que cualquiera de sus progenitores; por ejemplo las líneas 36# y 37# con

Cuadro 18. Relación que guarda el peso inicial de semilla con: el promedio de las variables de peso seco, proporción de reducción y heterosis.

V #	Genealogía	Clasifi Origen Mont. 85	Promedio de cación P.L.S.	Promedio de las variables de peso seco	Promedio de Reducción			Heterosis										
					Nivel par- cela (P.S.)	Nivel indi- viduo (P.S.)	Todas las va- riables (P.S.)	Promedio para todas las variables										
								Tratadas			No tratadas			Diferencia				
10	CPS-HT-41	4x25	A	0.9029	17.85	14.97	16.77	170.57	153.13	17.44								
29	CPS-HT-16E	18x51	BC	0.8734	6.30	0.32	4.06	145.58	108.61	36.87								
25	CPS-HT-15E	3x86	C	0.8738	11.58	10.42	11.15	109.58	109.96	-0.38								
20	CPS-HT-12E	16x50	D	0.8702	12.39	10.78	11.73	137.10	123.90	13.20								
8	CPS-HT-31	2x397	D	0.7010	24.67	15.62	21.28	116.70	112.81	3.89								
19	CPS-HT-11E1	15x397	E	0.6353	20.35	3.03	13.85	109.09	96.14	12.95								
12	CPS-HT-9E	15x48	E	0.7502	7.07	7.37	7.18	137.58	116.97	20.81								
17	CPS-HT-10E	15x62	E	0.5542	23.82	14.38	20.28	98.58	97.45	1.13								
1	CPS-HD-7I	2x4	U	0.5695	45.46	21.65	36.53	100.06	144.03	-43.97								
26	CS	50x51	E	0.7523	14.30	4.43	10.66	124.74	102.49	22.25								
21	CS	58x59	FG	0.6031	24.89	9.39	19.06	139.19	134.90	4.29								
13	CS	56x57	GH	0.5793	23.96	17.30	21.46	117.34	132.13	-14.79								
5	CS	21x20*	HT	0.4675	19.87	4.64	14.16	168.93	117.47	61.46								
30	CS	63x64	L	0.3620	28.26	16.97	23.88	179.03	147.57	31.46								
2	CS	36x37	M	0.4149	15.47	2.52	10.81	121.27	79.35	41.92								
9	L	387#	C	0.6019	41.56	19.42	33.26											
11	L	25#	D	0.4648	46.05	21.65	36.90											
27	L	51#	E	0.6637	30.97	20.05	26.87											
4	L	37#	EF	0.4819	48.73	20.01	40.46											
24	L	50#	HT	0.4948	37.09	11.84	27.62											
28	L	66#	IJ	0.4852	24.27	20.60	23.64											
14	L	56#	J	0.4515	25.06	3.98	17.15											
22	L	58#	JK	0.4775	24.14	15.08	20.91											
32	L	64#	K	0.2782	50.31	9.20	30.50											
6	L	22#	K	0.1732	38.97	26.24	34.50											
18	L	62#	K	0.3572	38.55	20.44	31.76											
7	L	23#	L	0.3350	37.27	25.14	32.72											
16	L	48#	L	0.3590	31.37	9.75	20.82											
31	L	63#	MN	0.2149	60.09	36.11	51.10											
23	L	59#	NO	0.1829	50.44	26.94	41.63											
3	L	36#	O	0.1600	79.18	24.69	58.74											
15	L	57#	O	0.1559	72.19	37.70	60.01											
34	CPS-V-20E1	PL 433	B	0.7411	20.60	8.01	17.76											
33	CPS-V-19I	PL 428	B	0.6402	24.66	11.68	17.79											

58.74% y 40.46% de reducción respectivamente; al producir la cruza simple 36x37, la reducción es sólo del 10.61%.

4.3.6 Interacción genotipo-tratamiento

En las Figuras 4 a 7 se aprecia el comportamiento de la interacción genotipo-tratamiento de envejecimiento acelerado en relación a las variables plantas deformes, plantas débiles, plantas con sólo coleóptilo y semillas muertas, respectivamente.

El tratamiento de envejecimiento afectó diferencialmente a las variables, dependiendo esta respuesta de la susceptibilidad de cada genotipo. A excepción de la Figura 4, la tendencia que presentan las demás es hacia mayor susceptibilidad de las líneas y el híbrido doble que las cruzas simples, variedades de polinización libre y los híbridos triples.

En la Figura 4 se aprecia que la gráfica no tiene una tendencia definida; pues para la mayoría de los genotipos el envejecimiento no tuvo efecto, pero hubo genotipos que se destacaron por su susceptibilidad a deformaciones como el 27 (51#) y 26 (cruza simple 50x51).

La Figura 5 indica que la mayoría de los genotipos son sensibles al envejecimiento acelerado para es la variable número de plántulas débiles, siendo resistentes el 17 (CPS-HT-10E) y 3 (36#); destacándose por susceptibles los genotipos 11 (25#), 15 (57#), el híbrido doble y el 9 (397#).

En la Figura 6 tenemos que el desarrollo de la radícula es inhíbido por el envejecimiento acelerado para la mayoría de los genotipos, destacando por su resistencia los genotipos 26 (CS 50x51), 11 (25#) y

23 (59#), y por su susceptibilidad los genotipos 6 (22#), 1 (híbrido doble), 4 (37#) y 3 (36#).

Al observar la Figura 7 nos damos cuenta que el envejecimiento acelerado actúa matando aquellas semillas cuyo vigor era bajo al iniciar la prueba. Se destacan como resistentes los genotipos 10 (CPS-HT-4I), 12 (CPS-HT-12E), 5 (CS 21x20) y 27 (51#) y como susceptibles los genotipos 3 (36#), 15 (57#), 23 (59#), 31 (63#) y 32 (64#).

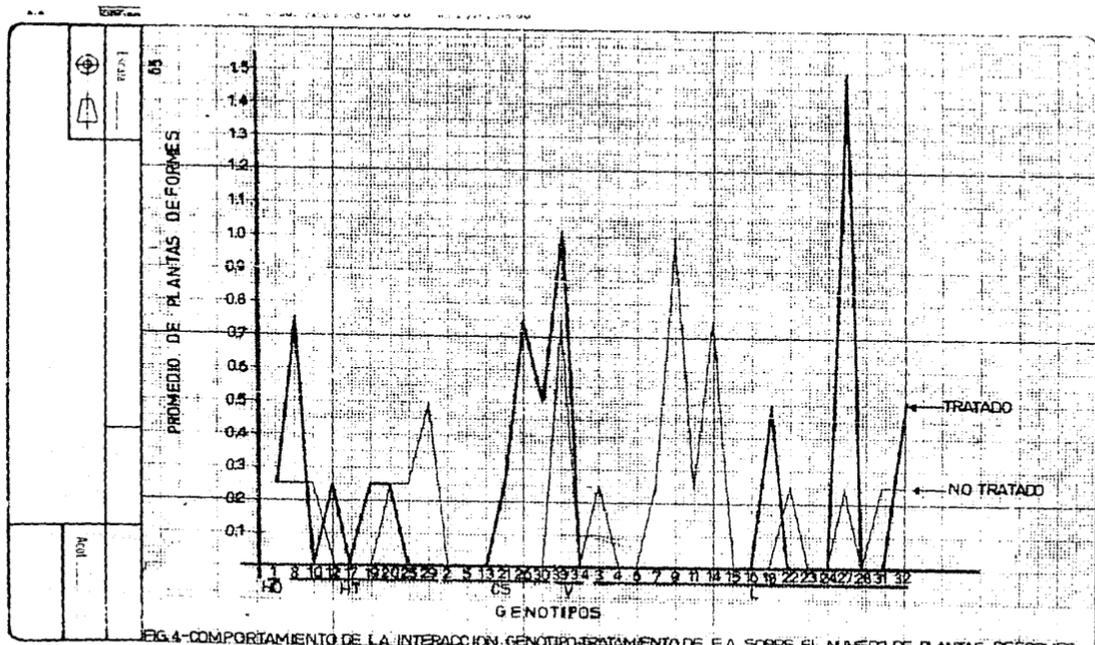


FIG. 4.-COMPORTAMIENTO DE LA INTERACCION GENOTIPO-TRATAMIENTO DE E.A. SOBRE EL NUMERO DE PLANTAS DEFORMES.

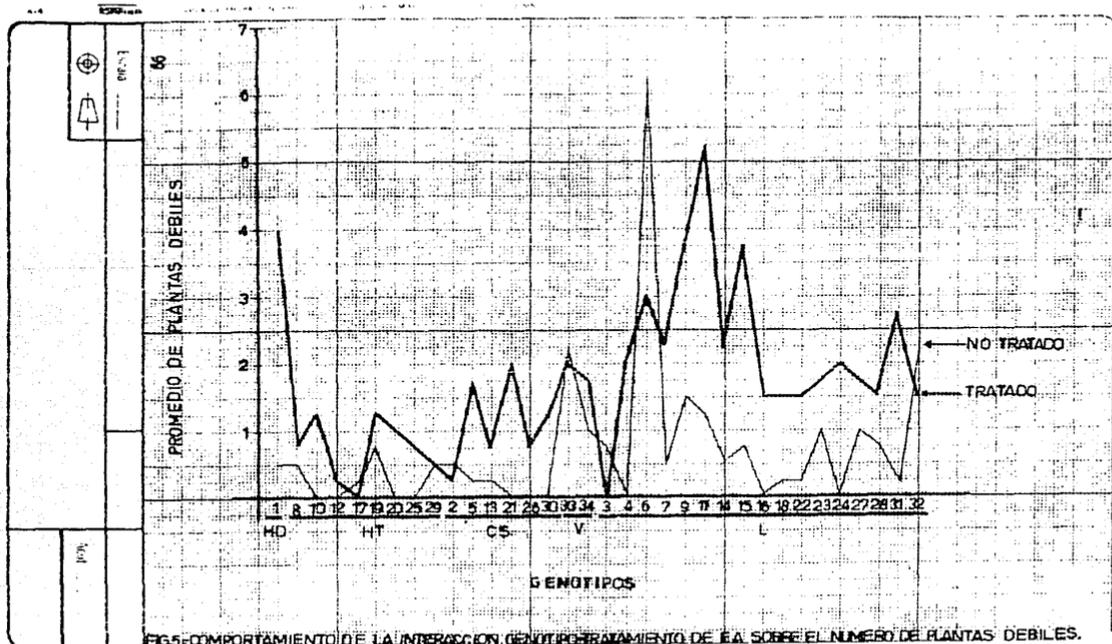
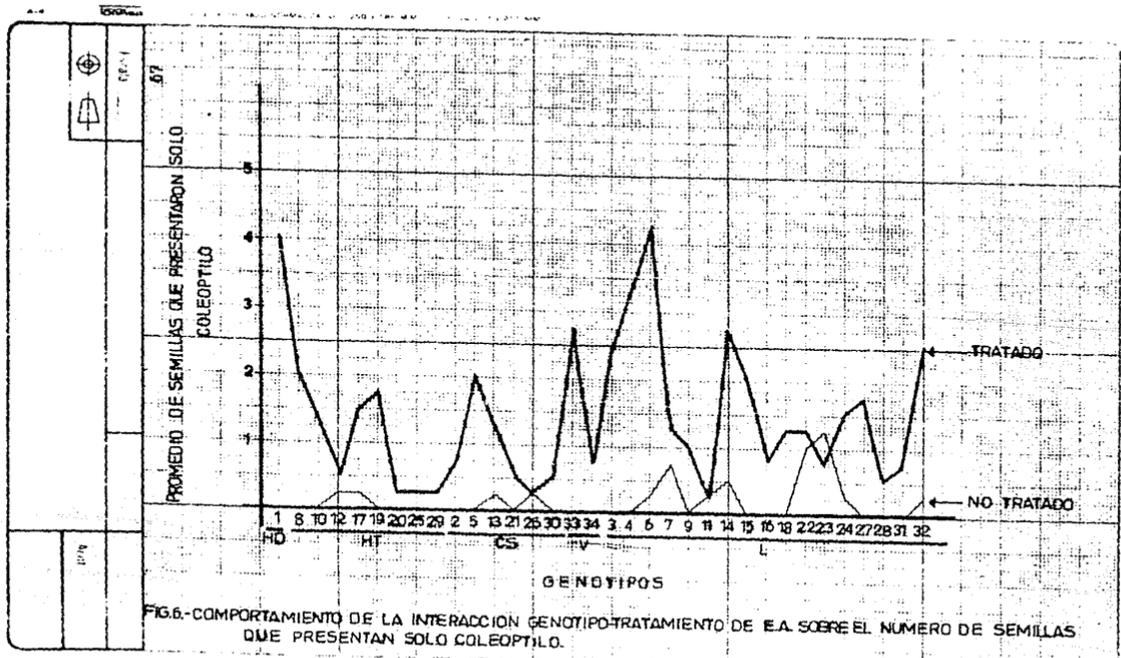
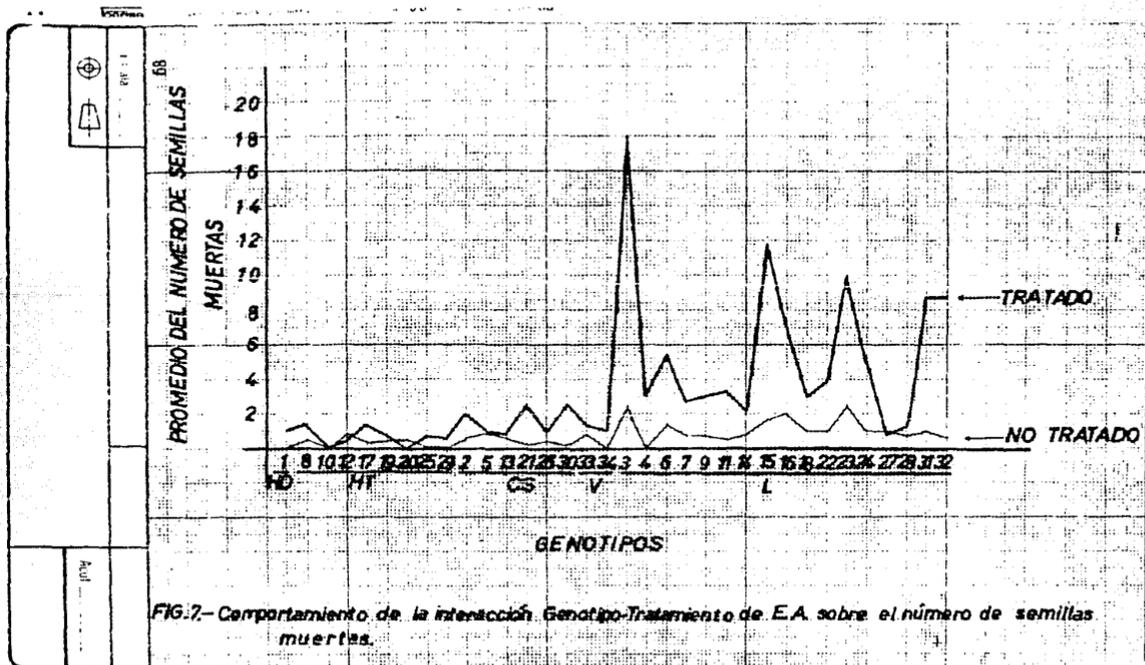


FIG.5.-COMPORTAMIENTO DE LA INTERACCION GENOTIPO-TRATAMIENTO DE EA SOBRE EL NUMERO DE PLANTAS DEBILES.





V. DISCUSION

5.1 Determinación del Tiempo para el Tratamiento de Envejecimiento Ace lerado.

Debido a los resultados no consistentes del tiempo de aplicación en el tratamiento de envejecimiento acelerado obtenidos por Rodríguez (1987) y Chapa (1986); hubo la necesidad de realizar un trabajo preliminar para precisar la técnica a seguir; en el cual se probaron cuatro tiempos de envejecimiento, con y sin secado posterior al término del tratamiento.

Las adaptaciones de la cámara fueron básicamente aislar los sobres que contenían las semillas, de todo contacto con las paredes del recipiente y de la malla de alambre que se colocó en la base; suspendiendo los sobres se evitó el goteo sobre las semillas, en caso de que existiera condensación, propiciando además que todos estuvieran bajo las mismas condiciones.

Para definir el tratamiento más adecuado, el criterio fue considerar aquellos que provocaran un 50% de reducción sobre la germinación, o el que más se acercara a este porcentaje.

Aun cuando no existió diferencia estadística entre los tratamientos de secado (Cuadro 3); se pudo apreciar que aquellos sin secado tuvieron un efecto mayor sobre la reducción en la germinación que los de secado. Existe la posibilidad de que en estos resultados haya habido

influencia de un incremento de la temperatura dentro de la estufa, has ta de 52°C, para los tratamientos sin secado. Al parecer el incremento de temperatura en la etapa final de la prueba tuvo un efecto sobre la germinación estadísticamente igual que las 24 horas de secado a la som bra. Otra causa de este comportamiento pudo haber sido que cuando se sembraron directamente las semillas después del tratamiento de enveja- cimiento acelerado, éstas llevaban esporas de hongos germinando o ger- minadas; en tanto que el efecto de 24 horas de secado pudo interrumpir el proceso infectivo, trayendo consigo menor daño sobre la germina- ción que el tratamiento sin secado. Ambos tratamientos actuaron como efecto drástico.

Como efecto del tiempo de secado (deshidratación) posterior al tratamiento de envejecimiento acelerado, la germinación y la viabilidad es disminuída conforme éste se incrementa (Chapa, 1966; Chiu *et al.*, citado por Chapa, 1986); Thomson (1979) al respecto menciona que la deshidratación de un embrión germinando es letal.

El efecto del incremento de la temperatura y la tendencia de que a mayor tiempo de tratamiento de envejecimiento mayor es la reducción en la capacidad de germinación (deterioro), se puede explicar de acuer do con lo que menciona Perry (1980), en cuanto a que el deterioro de la semilla comienza inmediatamente después de que esta ha logrado la madurez fisiológica, y avanza conforme se incrementa la humedad y tem- peratura, así como el tiempo de exposición a estos factores, conducie ndo finalmente a la muerte (Bass, 1979; Thomás, 1979; Perry, 1980; Ellis y Roberts, 1981). El proceso lleva consigo cambios secuenciados que ba jo condiciones naturales puede durar varios meses o años, pero con el

uso de la técnica de envejecimiento acelerado se pretende provocar el mismo efecto pero en pocas horas (Delouche y Baskin, 1973; Thomson, 1979).

La humedad y temperatura altas en el tratamiento de envejecimiento acelerado pueden tener varios efectos sobre la germinación; uno es que se dañe la membrana celular y esta pierda su permeabilidad (Delouche Y Baskin, 1973; Thomson, 1979) dando lugar a la salida de electrolitos y azúcares, que promueven la actividad fungosa, la cual puede comenzar dentro de la misma cámara de envejecimiento estimulada por la temperatura y humedad relativa altas, y aún cuando estos no se perciban a simple vista, siguen su desarrollo en el suelo al sembrar las semillas; o también puede ser que el proceso de infección se inicie en el suelo favorecido por las sustancias lixiviadas al momento de la imbibición y depositadas en la superficie de la semilla; ambos casos conducen a la pérdida de la capacidad de germinación.

Se ha encontrado que existe correlación entre cantidad de electrolitos lixiviados y el vigor de las semillas (Moreno, 1984), y que la pérdida de electrolitos y azúcares, sin contaminación, también puede debilitar la germinación, dado que son parte de los elementos de reserva de la semilla, esenciales para la alimentación del embrión en crecimiento.

Dentro de la cámara se provocó una humedad relativa alta, la cual aunque no se midió por falta de equipo, se supone estuvo al 100% o muy cerca de este valor, debido a que se observó condensación por cambios de temperatura de 1°C inherentes a la estufa. La humedad relativa alta provocó la existencia de un movimiento de moléculas de agua del aire

circundante hacia el interior de la semilla incrementando la humedad de ésta, hasta lograr el equilibrio con el contenido de humedad del aire (Thomson, 1979; Bass, 1979). Al sacarse las semillas se apreció que estaban hinchadas, quizás a punto de dispararse la germinación, ya que de acuerdo con Thomson (1979), cuando el contenido de humedad de las semillas excede al 30%, éstas pueden empezar a germinar; el mismo autor menciona que bajo una humedad relativa del 70% a 25°C, la humedad de las semillas de cereales es del 14%; sin embargo en la cámara de envejecimiento la humedad relativa fue del 100% y con una temperatura de 41°C, que también de paso hay que señalar, es otro factor que está afectando la humedad de equilibrio (Bass, 1979) de tal forma que si la semilla no llegó al 30% de humedad, lo más probable es que estuvo cerca de este punto. Tal situación pudo provocar que al momento en que se incrementó la humedad (agua de absorción; Moreno, 1984), se hidrataron las células; las que reanudan su actividad acelerando los procesos fisiológicos por las condiciones de la cámara (Thomás, 1979), y al no haber agua libre para el transporte de los productos de la hidrolización de los almidones para alimentar las células del embrión, las células de éste pueden ir muriendo por inanición (Harrington, 1973).

Otro efecto del tratamiento es el deterioro de la respiración, especialmente a través de la vía citocromo; por lo que puede ser importante en la reducción de la germinación y vigor (Leopold y Musgrave; citados por Abdul-Baki, 1980).

De todas las posibles causas que aquí se enumeran, tal vez alguna por si sola puede ser la responsable del efecto deteriorativo sobre la germinación, aunque también pueden estar afectando todas al mismo

mismo tiempo y en diferentes proporciones.

La Figura 1 nos indica que la amplitud de tiempo que abarcaron los tratamientos probados fue adecuado, ya que se observó desde un 100% de germinación del testigo (el estado inicial de la capacidad de germinación se tomó como el 100%), hasta 1.94% para el tratamiento de 168 horas. La tendencia muestra una caída drástica de la germinación, y que la tasa de deterioro es incrementada excesivamente por el efecto del tratamiento de envejecimiento acelerado en comparación con el deterioro natural. Tendencia similar encontraron Delouche y Baskin (1973), y, Justice y Bass (1979).

De acuerdo a los resultados obtenidos, y considerando que se enmascaró el efecto del secado posterior por el deficiente control en la estufa; se optó para la segunda fase, por el tratamiento de 96 horas, con efecto medio sobre la reducción en la capacidad de germinación, siendo de esta forma el tratamiento más adecuado de acuerdo al criterio establecido.

5.2 Evaluación de Vigor y Longevidad en 38 Genotipos de Maíz

En la evaluación de vigor de los 38 materiales de maíz (Cuadro 6) se detectó que existieron diferencias debido a sus características genéticas, tanto individuales como por grupo (híbridos triples, híbrido doble, cruza simple, líneas y variedades de polinización libre); siendo los híbridos de tres líneas los más vigorosos; resultados que apuntan en el mismo sentido que los encontrados por Espinosa (1985), quien en su caso considera que este comportamiento se debe probablemente a una heterosis adicional en la combinación de líneas de razas diferentes.

Espinosa (op cit.) menciona que el alto rendimiento de los híbridos de tres líneas podría deberse a la variabilidad genética de los progenitores y al uso, en algunos casos, de líneas de alto rendimiento.

Aun cuando los híbridos de tres líneas resultaron ser los más vigorosos (Cuadros 7 y 9), al calcular el valor de la heterosis (Cuadro 8) se observa que el promedio para los híbridos triples, fue menor que el promedio de la heterosis obtenida por las cruza simples. Esto quiere decir que existe una proporción de incremento mayor cuando se cruzan dos líneas endogámicas (cruza simple) que cuando se cruza una línea con una cruza simple (híbrido triple). El híbrido de cruza doble tuvo un valor de heterosis mayor que los híbridos de cruza triple y menor que la cruza simple; aunque debe señalarse que este único valor no permite generalizar sobre el comportamiento de las cruza dobles en comparación con los otros dos tipos de cruza.

Los materiales más vigorosos como el CPS-HT-16E, CPS-HT-5I, CPS-HT-15E y CPS-HT-4I fueron los que obtuvieron los valores de heterosis mayor dentro del grupo de los híbridos triples, y los menos vigorosos tienen los valores de heterosis más bajos. Para el caso de las cruza simples, las mas vigorosas, 50x51 y 56x57, tuvieron valores heteróticos bajos dentro del grupo de cruza simples, y de las menos vigorosas, la 36x37 fue la que tuvo el valor heterótico más bajo de todas; en tanto que las cruza 21x20 y 63x64 presentaron bajo vigor, aún cuando tienen valores heteróticos mayores que las cruza más vigorosas. Como se pudo apreciar, no existe un comportamiento definido, aunque hay la tendencia de que el vigor *per se* de los progenitores influye sobre el vigor de la progenie; aun cuando no siempre los progenitores vigorosos

producen la progenie más vigorosa (líneas 397#, 25# y 51#).

Para incrementar el vigor por hibridación, es necesario seleccionar los progenitores con alto vigor *per se*, y además que éstos progenitores tengan entre sí alta aptitud combinatoria (Molina; citado por Espinosa, 1985).

Al observar el comportamiento de la cruz simple 122x123 y sus líneas progenitoras, todas de origen Mont-84, con un año de envejecimiento natural en comparación con los demás materiales; se aprecia que la cruz simple se vio menos afectada en su germinación que las líneas progenitoras, debido al vigor híbrido de la cruz (Cuadro 7), indicando mayor susceptibilidad al deterioro por parte de las líneas; al respecto Jughenheimer (citado por Espinosa, 1985) menciona que las plantas de cruzamiento simple resisten las condiciones adversas mucho mejor que las plantas endocriadas.

El grado de vigor conservado por la cruz 122x123 en relación al deterioro sufrido por las líneas, permite suponer que al hacer la evaluación un año después, se obtengan valores altos de heterosis, y además que al entrar en el promedio de las cruza simples, el valor de éste pudo inflar el resultado del grupo de cruza simples, por lo que se recomienda que para hacer una evaluación de este tipo, los materiales deban tener la misma edad cronológica.

El comportamiento de las variedades de polinización libre fue menor que el de los híbridos triples, pero en la mayoría de los casos dentro de la misma significancia estadística que la generalidad de los híbridos triples, de manera que puede suponerse la efectividad en la

selección y la hibridación como métodos de mejoramiento para producir genotipos vigorosos, mediante el uso de la técnica de envejecimiento acelerado como condición de estress para identificar a los genotipos superiores.

5.3 Evaluación Comparativa de Vigor y Longevidad en 34 Genotipos de Maíz Con y Sin Tratamiento de Envejecimiento Acelerado.

En la investigación de semillas, estudiar los factores que deterioran su vigor es de gran importancia para el análisis e incremento de su calidad. Conocer estos procesos permite idear metodologías que ayuden a evaluar diferentes genotipos en base a su vigor de plántula, y utilizar este caracter como un parámetro de selección para el mejora miento genético de la calidad biológica de las semillas.

5.3.1 Prueba de envejecimiento acelerado y vigor.

Los indicadores para evaluar el vigor son múltiples, y en este ca so los que se utilizaron fueron medidos en condiciones normales y después del tratamiento de envejecimiento acelerado. Ambas evaluaciones permitieron apreciar diferencias de vigor entre los genotipos.

La prueba de envejecimiento acelerado durante 135 horas se consi dera adecuada como prueba de vigor para los fines de este trabajo por dos razones: Permitted afectar el vigor de los genotipos medido a través de las variables en estudio y, diferenció a los genotipos por su vigor y susceptibilidad al deterioro.

En el primer caso pudo apreciarse (Cuadro 11) que por efecto del envejecimiento se redujo en 23% el vigor (visual) de los genotipos, y

se incrementó la presencia de anomalías (11.11% de plantas deformes, 58.97% de plantas débiles, 13.89% de semillas con sólo radícula y 88.71% de semillas con sólo coleoptilo)

El envejecimiento acelerado aparentemente tiene mayor efecto sobre el desarrollo de la raíz (peso seco de raíz y peso seco unitario de raíz) que sobre la parte aérea; resultado que concuerda con lo que encontró Benerjee (citado por Castellanos, 1986) trabajando con cebolla, ya que menciona que el deterioro se inicia en el ápice de la raíz o coleoriza y progresa hacia la región del mesocótilo.

La prueba afectó más al peso seco total (por parcela), por el efecto que éste tiene sobre la germinación, y adicionalmente, redujo la tasa de crecimiento de las plántulas (pesos unitarios); ambos, componentes del peso seco total. Por otro lado, el envejecimiento acelerado permitió diferenciar el vigor entre genotipos (Cuadros 13 y 14), además de la susceptibilidad de estos al deterioro (Cuadro 12 y Figuras 4, 5, 6 y 7), resultando adecuado el tratamiento por tener un efecto medio, pues a los materiales de poco vigor o susceptibles no llegó a matarlos totalmente, y a los más resistentes logró reducir su vigor aunque en algunos casos la reducción fue muy ligera.

Aunque la técnica que se utilizó para el tratamiento de envejecimiento acelerado fue efectiva; es necesario afinarla; buscando la forma de monitorear y controlar la humedad relativa y la temperatura sin necesidad de abrir la estufa durante el tratamiento.

5.3.2 Comparación de vigor entre genotipos.

Para todas las variables que se analizaron los genotipos se

diferenciaron estadísticamente (Cuadro 10). En los Cuadros 13 y 14 se aprecia que existen grandes diferencias por grupos de materiales (híbridos triples, cruzas simples, variedades de polinización libre, híbrido doble y líneas) de acuerdo con la clasificación dada por la prueba de Tukey; hay diferenciación entre ellos, permaneciendo relativamente juntos dentro de un grupo con igualdad estadística, aun cuando también se aprecian diferencias entre los elementos que conforman cada grupo de materiales; teniendo mayor efecto la endogamia en algunas líneas o el vigor híbrido para algunas cruzas. En general las líneas, debido a la endogamia, presentaron el vigor menor en comparación de los demás materiales, en tanto que los híbridos siempre manifestaron mayor vigor, dado que es el efecto de heterosis que se manifiesta en la F_1 de progenitores no relacionados (Allard, 1967); sin embargo, los híbridos triples fueron superiores en vigor (tomando en cuenta a todas las variables) que las cruzas simples y estas a su vez fueron superiores al híbrido doble. Estos resultados permiten aceptar la primera hipótesis, y rechazar parcialmente la hipótesis número cinco, ya que los híbridos triples fueron superiores en vigor a las cruzas simples, y además la tasa de deterioro fue menor para los híbridos triples que para las cruzas simples.

Partiendo de la suposición de que el deterioro de la semilla bajo el envejecimiento acelerado es un proceso similar que bajo condiciones naturales de almacenamiento, sólo que mucho más rápido (Delouche y Baskin, 1973); la resistencia al deterioro provocado por el envejecimiento acelerado que presenta cada genotipo, manifiesta capacidad de almacenamiento y/o más longevidad; es decir, mayor tiempo presentando

el nivel o cerca del nivel de vigor que este logró al momento de su ma durez fisiológica; así por ejemplo, existen genotipos que inicialmente son más vigorosos, (CPS-HT-4I) que otros (CPS-HT-16E y CPS-HT-9E), pero los primeros pierden esta condición con una tasa mayor (16.77% promedio) que los segundos (4.06 y 7.18% respectivamente); se pudo apre ciar por otro lado, que hay un comportamiento similar de variación para las cruzas simples y para las líneas; sin embargo, por grupos la mayor resistencia al deterioro la presentaron los híbridos triples, en segundo lugar los híbridos de crusa simple, después las variedades de polinización libre, y las líneas y, por último, el híbrido doble. Cabe aclarar que dentro del grupo de líneas hay algunas cuya susceptibilidad al deterioro es alta (60%), en tanto que hay otras que son tan resistentes como algunas cruzas simples.

Es necesario distinguir dos componentes del vigor; uno es el nivel de vigor que la semilla presenta, manifestando a través de variables tales como peso seco producido, porcentaje de germinación y anomalías de ésta, y el vigor (visual) antes y después de la prueba; el otro es la tasa de decremento de ese vigor o resistencia al deterioro. También es de interés conocer la capacidad de resistencia de los materiales, dado que hay variación importante, pues algunos después de la prueba conservaron mayor vigor que otros, indicando resistencia genética al deterioro.

El grado de susceptibilidad medido en los genotipos no fue el mismo cuando se consideró al individuo (pesos unitarios) que cuando se consideró a la unidad experimental (parcela o población); de tal forma que pueden considerarse dos criterios para medir el vigor de un lote.

Al considerar la población, el porcentaje de deterioro siempre fue mayor que a nivel individual (excepto para el CPS-HT-9E).

Otras apreciaciones que pueden hacerse en la medición del vigor, es el hecho de que por un lado se contabilizan las fallas de germinación que en esta prueba aparecen, y que es la reducción de cierto grado de vigor de la semilla hasta el nivel que ya no se contabiliza (débil, deforme o muerta), y la otra es para las plántulas que figuran en la prueba de germinación pero cuyo vigor no se ha reducido a cero por efecto de la prueba de envejecimiento acelerado.

La diferencia en porcentaje que los resultados presentan al considerar los dos criterios para evaluar el deterioro (parcela-individuo), puede deberse a condiciones adversas del medio ambiente o de manejo para algunos individuos y mejores para otros, considerando que genéticamente son iguales; o también a que las líneas no son uniformes debido a sus pocas autofecundaciones, pues tanto en las cruzas como en su condición *per se* existe variación, dando individuos más resistentes que otros. Ante la posibilidad de estas dos condiciones, los individuos que se contabilizan después de la prueba, es posible que genéticamente sean más resistentes, y por lo tanto se pueden seleccionar para mejorar a la línea en cuanto a su resistencia al deterioro.

5.3.3 Mejoramiento genético para vigor de semilla.

En el presente estudio se detectaron cuatro variables, que se pueden utilizar en el mejoramiento genético del vigor, éstas son: peso inicial de semilla, porcentaje de germinación, peso seco unitario total y resistencia al deterioro. El peso inicial de semilla está

determinando el comportamiento de las variables de peso seco, vigor (visual) y de la germinación, e influye en relación inversa con el número de semillas muertas (Cuadro 15); hecho que confirma los resultados de Virgen (1983), en el sentido de que el peso de la semilla es un indicador del vigor por el cual podemos predecir el comportamiento posterior de la plántula y, por otro lado el porcentaje de germinación y el peso seco unitario total afectados por el tratamiento de envejecimiento acelerado, tienen relación con el comportamiento de las demás variables por medio de las cuales se mide el vigor.

Es importante destacar que aunque el tamaño de semilla influye en el vigor; no guarda relación alguna con la susceptibilidad al deterioro y por ende en la reducción del vigor, ya que parece ser una característica genética independiente de la que determina el tamaño de semilla (Cuadro 18). Destaca también el hecho de que las líneas de menor susceptibilidad heredan esta característica a su progenie, y de que existen líneas que son susceptibles pero que en cruzamientos manifiestan alta heterosis reflejada por su resistencia al deterioro.

Debe tenerse en cuenta que para la evaluación y mejoramiento del vigor, se deben de considerar como parámetros de selección, el grado en que éste se expresa, de acuerdo con la magnitud de variables tales como tamaño inicial de semilla, porcentaje de germinación, peso seco unitario total, resistencia al deterioro (a nivel parcela y unitario), así como también por la aptitud combinatoria de las líneas para la característica de resistencia y producción de las estructuras de la plántula (pesos secos). Así por ejemplo, una línea ideal es aquella que tenga valores altos en peso inicial de la semilla, porcentaje de

germinación y en peso seco unitario total; que tenga buena aptitud com
binatoria para estas características y para resistencia al deterioro.

Finalmente, se considera de importancia investigar sobre la acción
génica de la resistencia al deterioro, así como el aprovechamiento de
líneas con cualidades en caracteres tales como vigor por se y aptitud
combinatoria específica; mediante pruebas con y sin tratamiento de enve
jecimiento acelerado, que son efectivas en la discriminación de materia
les genéticos distintos.

VI.. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir lo siguiente:

1. El tratamiento de envejecimiento acelerado durante 135 horas es efectivo para evaluar el vigor de la semilla, permitiendo diferenciar por su respuesta a distintos genotipos de maíz.
2. Los materiales genéticos más vigorosos fueron los híbridos de tres líneas y en orden decreciente, siguieron las cruzas simples, las variedades de polinización libre, el híbrido de crusa doble, y las de menor vigor fueron las líneas.
3. Para la tasa de deterioro por efecto del envejecimiento acelerado el comportamiento de menor a mayor fue el siguiente: híbridos de tres líneas, cruzas simples, variedades de polinización libre, crusa doble y líneas.
4. La manifestación de heterosis en la característica de vigor, fue mayor para las cruzas simples, siguiendo en orden las cruzas de tres líneas y por último el híbrido de crusa doble.
5. Es posible mejorar la calidad biológica de la semilla de maíz por medio de la selección y la hibridación, utilizando la técnica de envejecimiento acelerado como prueba de vigor y longevidad.
6. Para propósitos de evaluación de la calidad de lotes de semillas

y para el mejoramiento genético del vigor y la longevidad, se pue
den utilizar como parámetros de selección al tamaño inicial de
semilla, porcentaje de germinación y el peso seco unitario de plán
tula.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, D.J. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Kozlowski, T.T. Ed. Seed Biology. Vol. II. U.S.A. Academic Press. pp. 283-309.
- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, D.J. 1972. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop. Sci.* 13:630-633.
- Abdul-Baki, A.A. 1980. Biochemical aspects of seed vigor. *Hort Sciencie.* 15: 765-770.
- Allard, R.W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega. Barcelona España. pp. 226-246.
- Baskin, C.C. 1981. Accelerated aging test. In: Perry, D.A. (Ed). Handbook: of vigour test methods. International Seed Testing Association. pp. 43-48.
- Bass, N.L. 1979. Fisiology and other aspects of seed preservation. U.S.A. Academic Press. pp. 145-170.
- Carver, M. 1980. The production of quality cereal seeds. In: Hebblethwaite P.D. Ed. Seed Production. Great Britain. Butterworth. pp. 295-306.
- Castellanos S., A. 1986. Efecto del tamaño del bulbo, densidad de siembra y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Chapa E., J.A. 1986. Efecto de los ambientes de producción sobre la calidad y longevidad de la semilla de maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Cervantes M., J.E. 1986. Caracterización de progenitores y estimación de parámetros genéticos mediante cruza dialélicas F₁, F₂ y F₃ de trigo. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Copeland, L.D. 1976. Principles of seed science and technology. U.S.A. Burgess Publishing. 369 p.
- Delouche, J.C. and Baskin, C.C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology.* 1 (2): 427-452.
- Ellis, H.R. and Roberts, E.H. 1981. Towards a rational basis for testing seed quality. In: Hebblethwaite Ed. Seed Production. Great-Britain. Butterworths. pp. 605-635.

- Espinosa C., A. 1985. Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Falconer, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. México. Ed. C.E.C.S.A. pp. 303-315.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, UNAM. Instituto de Geografía. 246 p.
- Harrington, F.J. 1973. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Science and Technology*. 1:453-461.
- Heydecker, E. 1972. Vigour. In: Roberts, E.H. Ed. Viability of seeds. Great Britain. Chapman and Hall. pp. 209-252.
- Heydecker, E. 1980. Stress and seed germination: an agronomic view. In: Khan, A.A. Ed. *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Netherlands. Elsevier/North Holland Biochemical Press. pp. 237-282.
- Jann, C.R. and Amen, D.R. 1980. What is germination?. In: Khan, A.A. Ed. Netherlands. Elsevier/North Holland Biomedical Press. pp. 7-28.
- Jugenheimer, W.R. 1981. Maíz. Ed. Limusa. México. pp. 87-95.
- Justice, L.O. and Bass, L.N. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Publications LTD. Great Britain. pp. 7-9.
- Lindstrom, E.W. 1943. Inheritance of seed longevity in maize inbreds and hybrids. *Genetics*. 27: 154.
- Mackay, O.B. 1972. The measurement of viability. In: Roberts, E.H. Ed. *Viability of Seeds*. Great Britain. Chapman and Hall. pp. 172-208.
- Mackay, J. 1976. Genetics and evolutionary principles of heterosis. In: Janossy, A. and Lupton, F.G.H. Eds. *Heterosis in plant breeding*. Elsevier Scientific Publishing Co. Hungary. pp. 17-33.
- Maguire, D.J. 1980. Seed quality and germination. In: Khan, A.A. Ed. *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. Netherlands. Elsevier/North Holland Biomedical Press. pp. 220-235.
- Moore, R.P. 1972. Effects of mechanical injuries on viability. In: Roberts, E.H. Ed. *Viability of Seeds*. Great Britain. Chapman and Hall. pp. 94-114.
- Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. Méx. pp. 223-249.

- Neal, N.P. and Davis, T.R. 1952. Seed viability of corn inbred lines as influenced by age and conditions of storage. *Agron. Jour.* 40: 383-384.
- Perry, D.A. 1980. The concept of seed vigour and its relevance to seed production techniques. In: Hebblethwaite, P.D. Ed. *Seed Production Great Britain*. Butterworth. pp. 565-591.
- Pollock, M.B. and Roos, E.E. 1972. Seed and Seedling vigor. In: Kozlowzki, T.T. Ed. *Seed Biology*. U.S.A. pp. 314-376.
- Ramírez, G.M. 1983. Conferencia inaugural. In: Moreno, M.E. y Ramírez, M.M. Ed. *Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados*. Instituto de Biología. UNAM. Méx. pp. 30-36.
- Roberts, E.H. 1972. Storage environment and the control of viability. In: Roberts, E.H. Ed. *Viability of Seeds*. Great Britain. Chapman and Hall. pp. 14-58.
- Roberts, E.H. 1972. Viability of seeds. Introduction. Great Britain. Chapman and Hall. pp. 1-14.
- Rodríguez G., E. 1987. Evaluación de líneas de maíz por su comportamiento a la prueba de envejecimiento acelerado. Tesis profesional. FES-C. Cuautitlán Izcalli. Edo. de Méx.
- Tekrony, D.M., Egli, D.B. and Bales, J. 1980. The effect of field production environment on soya bean seed quality. In: Hebblethwaite, P.D. Ed. *Seed Production*. Great Britain. Butterworth. pp. 403-426.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Great Britain. Leonard Hill. 252 p.
- Villaseñor M., H.E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor de plántulas en maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Virgen V., J. 1983. Evaluación de vigor en maíz (*Zea mays* L.) en base a características de semilla y plántula. Tesis profesional. FES-C. Cuautitlán Izcalli. Edo. de Méx.
- Weiss, G.M. and Wentz, B.J. 1937. Effect of luteus genes on longevity of seed in maize. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 27: 63-75.
- Wright, L.N. 1977. Germination and growth of seed weing genotypes of *Panicum antidotale* Retz. *Crop Science* 17: 76-78.