



30  
2 y

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**" CUAUTITLAN "**

**" EVALUACION DEL MAIZ HIBRIDO H-422 Y DE SUS LINEAS  
PROGENITORAS POR CARACTERISTICAS DE SEMILLA  
Y PLANTULA "**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA**

**PRESENTA**

**C E S A R L O P E Z D I A Z**

**Director de Tesis**

**DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO**

**Cuautitlán Izcalli, Edo, de Méx.**

**1991**



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.



30  
2 y

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

"CUAUTITLAN"

"EVALUACION DEL MAIZ HIBRIDO H-422 Y DE SUS LINEAS  
PROGENITORAS POR CARACTERISTICAS DE SEMILLA  
Y PLANTULA"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTA

CESAR LOPEZ DIAZ

Director de Tesis

DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	I
I . INTRODUCCION.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
II . REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Mejoramiento Genético del Maíz.....	4
2.1.1. Hibridación en maíz.....	4
2.1.2. Depresión endogámica.....	5
2.1.3. Heterosis.....	7
2.2. El Híbrido de Maíz H-422.....	10
2.3. Concepto de Semilla.....	11
2.4. Importancia de la Investigación en Semillas.....	12
2.5. Calidad de la semilla.....	13
2.6. Deterioro de Semillas.....	16
2.7. Vigor.....	17
2.7.1. Factores que determinan el vigor de la semilla.....	18
2.7.2. Pruebas de vigor.....	22
2.8. Envejecimiento Acelerado.....	23
III. MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1. Lugar de Realización del Experimento.....	25
3.2. Material Genético.....	25
3.3. Diseño Experimental.....	26
3.4. Preparación de la Semilla.....	27
3.5. Cámara de Envejecimiento Acelerado.....	28

3.6.	Cama de Siembra.....	29
3.7.	Siembra.....	30
3.8.	Conteos de Plántulas Emergidas.....	31
3.9.	Extracción de Plántulas.....	31
3.10.	Variables Analizadas.....	31
3.10.1.	Peso inicial de semilla.....	31
3.10.2.	Semillas germinadas.....	32
3.10.3.	Velocidad de germinación.....	32
3.10.4.	Peso seco.....	32
3.10.5.	Peso seco por plántula.....	33
3.10.6.	Plántulas emergidas.....	33
3.10.7.	Plántulas normales.....	33
3.10.8.	Plántulas deformes.....	33
3.10.9.	Porcentaje de asimilación.....	33
3.10.10.	Porcentaje de asimilación por plántula.....	34
3.10.11.	Heterosis.....	34
3.10.12.	Proporción de reducción.....	34
3.11.	Análisis Estadístico.....	35
IV .	RESULTADOS.....	36
4.1.	Peso Inicial de Semilla.....	36
4.2.	Análisis de Varianza.....	36
4.3.	Prueba Comparativa de Medias.....	38
4.3.1.	Genotipo.....	38
4.3.2.	Envejecimiento acelerado.....	41
4.3.3.	Interacción genotipo x forma de semilla.....	41
4.4.	Proporción de Reducción.....	43
4.5.	Heterosis.....	45
V .	DISCUSION .....	46
VI .	CONCLUSIONES.....	55
	BIBLIOGRAFIA.....	57

INDICE DE CUADROS.

Pág.

- CUADRO 1. CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE CADA UNA DE LAS VARIABLES BAJO ESTUDIO, EN H-422 Y SUS LINEAS PROGENITORAS PARA DOS FORMAS DE SEMILLA, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO..... 37
- CUADRO 2. COMPARACION DE MEDIAS MEDIANTE LA PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE TUKEY (0.054) PARA LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTUDIO, EN EL H-422 Y LINEAS PROGENITORAS PARA DOS FORMAS DE SEMILLA, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO..... 39
- CUADRO 3. PROPORCION DE REDUCCION, POR EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO SOBRE LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTUDIO EN DOS FORMAS DE SEMILLA DE LAS CRUZAS DIRECTA Y RECIPROCA Y LINEAS PROGENITORAS DEL H-422... 44
- CUADRO 4. VALORES DE HETEROSIS PARA LAS DISTINTAS VARIABLES BAJO ESTUDIO EN DOS FORMAS DE SEMILLA EN LAS CRUZAS DIRECTA Y RECIPROCA DE H-422, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO..... 46

## RESUMEN

En la Sección de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillos Edo. de México; se hizo una evaluación de la calidad fisiológica de la semilla del maíz híbrido H-422 y de sus líneas progenitoras. Dicho experimento fue establecido en un diseño de bloques al azar, considerando al híbrido en sus cruzas directa y recíproca así como sus líneas progenitoras T-37 y T-38; para cada material se seleccionaron dos formas de semilla: bola y plano, a las cuales se aplicaron los tratamientos: con envejecimiento acelerado y sin envejecimiento acelerado. Este último consistió en someter a las semillas, durante 135 horas, a una temperatura de 42 grados centígrados y humedad relativa del 100%.

La siembra se hizo en invernadero tipo túnel, donde el sustrato utilizado fue arena de río. Los parámetros considerados para la evaluación fueron: velocidad de germinación, materia seca de las plántulas, porcentaje de asimilación, porcentaje de germinación y proporción de reducción por efecto del envejecimiento acelerado.

De acuerdo con los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, se formularon las siguientes conclusiones:

1. La calidad fisiológica de la semilla del maíz híbrido H-422 está determinada por el progenitor hembra que se utilice.
2. Para las variables de peso seco de plántula, el

comportamiento de la crucea reciproca (T-38 x T-37) es superior en un 17.64% sobre la crucea directa (T-37 x T-38).

3. La crucea directa (T-37xT-38) es la mas adecuada para producir el H-422, considerando su mayor resistencia al deterioro, que le permite tolerar el almacenamiento prolongado en las condiciones del trópico.
4. La crucea reciproca (T-38xT-37) produce semillas grandes con mejores condiciones de desarrollo inicial de plántula.
5. La influencia de la linea T-37 es determinante en la resistencia al deterioro bajo condiciones de almacenamiento.
6. La linea T-38 influye positivamente en el tamaño de semilla al ser utilizada como hembra.
7. Para las características de calidad fisiológica de la semilla, la expresión de heterosis, varió del 0.68 al 9.35 %.
8. Para la característica de resistencia al deterioro no hay efecto de heterosis.



## I. INTRODUCCION

El maíz, cereal en que se basa la alimentación del pueblo de México, ocupa uno de los principales sitios en el ámbito de la investigación agrícola nacional, provocado por la creciente demanda que de este grano exige la población para satisfacer sus necesidades alimentarias. Existen dos alternativas para aumentar la producción de este cultivo; una de ellas consiste en incrementar la superficie que ocupa, y la otra es elevar los rendimientos por hectárea; para este fin, el uso de variedades híbridas de alto rendimiento es una alternativa viable, ampliamente probada en otros países, y cuyos resultados, en general, son bastante aceptables y justifican la implementación de esta técnica.

El uso de materiales híbridos, sobre todo los provenientes de cruza simples, implica un conocimiento preciso acerca de las características de los progenitores del material en cuestión, debido a que la homogeneidad genética de este tipo de variedades restringe su capacidad de adaptación y hace necesaria una caracterización específica y lo mas completa posible, tanto del híbrido como de sus progenitores, con el fin de precisar el cómo, dónde y cuando producirlos. Estos aspectos son de vital importancia sobre todo en cuanto se pretende establecer un programa de producción comercial de semillas, debido a que el fitomejorador no debe considerar unicamente mejoras en el rendimiento, resistencia a enfermedades, o de cualquier tipo de calidad, sino que ademas es necesario considerar que la variedad que se ha de liberar no presente dificultades en su mantenimiento

y multiplicación.

El maíz H-422, objeto de estudio del presente trabajo, es un material adaptado a las condiciones del trópico seco, en el que intervienen las líneas T-37 y T-38, liberado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), originalmente como la cruz T-37 x T-38. La Productora Nacional de Semillas (PRONASE), al iniciar su multiplicación, encontró inadecuado el tamaño de la semilla obtenida al utilizar la línea T-37 como progenitor hembra, debido a que dicha semilla es mas pequeña que la obtenida al invertir el orden de cruzamiento, es decir, utilizando como progenitor hembra a la línea T-38; lo cual además facilita la cosecha.

Esta inversión en el orden de la cruz, teóricamente da origen a un híbrido genéticamente igual al proveniente de la cruz original; sin embargo, en el proceso de multiplicación del híbrido surgió un nuevo inconveniente: la línea T-38 presenta susceptibilidad al ataque del *Fusarium* (*Fusarium spp.*), lo que provoca la eliminación de gran parte de los lotes de producción y disminuye la cantidad de semilla producida.

Cabe señalar entonces, que en principio las únicas razones para seguir utilizando la línea T-38 como progenitor hembra es el tamaño de la semilla y la facilidad para cosechar, en contra de todas las dificultades de manejo que ello implica; sin embargo, aun cuando se supone que los híbridos resultantes son similares, no se tiene la certeza de que la cruz recíproca sea igual en su comportamiento al proveniente de la cruz directa, originalmente

propuesta.

El presente trabajo de investigación pretende servir como elemento de apoyo en la caracterización del maíz H-422, así como de sus líneas progenitoras; al comparar, en pruebas de calidad de semillas, el vigor *per se* de las líneas y el comportamiento del híbrido, en sus cruza directa y recíproca, con respecto al de sus progenitores.

### 1.2. O b j e t i v o s .

Evaluar la calidad física y fisiológica de las semillas del híbrido de maíz H-422 en sus cruza directa y recíproca y en sus líneas progenitoras.

Aplicar la técnica de envejecimiento acelerado de semillas en el H-422 y sus líneas progenitoras para detectar posibles diferencias para tolerar el almacenamiento prolongado en las condiciones del trópico.

### 1.3. H i p ó t e s i s .

Es diferente el comportamiento entre las cruza directa y recíproca del híbrido H-422, en las características de calidad fisiológica de semillas.

Existe heterosis en el híbrido H-422 para las características de calidad fisiológica de la semilla.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Mejoramiento Genético del Maíz

El fin que persiguen la mayoría de los mejoradores de plantas es un aumento del rendimiento. Algunas veces esto se ha podido llevar a cabo, no con mejoras específicas tal como la resistencia a enfermedades, sino mediante la obtención de variedades básicamente más productivas, como resultado de una eficiencia fisiológica generalmente mayor (Allard, 1975).

Poehlman (1979) menciona que el mejoramiento genético del maíz se ha dado desde las épocas más remotas de su cultivo, tanto a través de la selección natural como mediante una selección objetiva hecha por el hombre. El mismo autor comenta que hacia el año 1900 ya era bien conocida la práctica del mejoramiento del maíz por medio de la selección en masa, además de que ya se habían sugerido desde entonces otros métodos de mejoramiento: la selección mazorca por surco y la hibridación de variedades.

#### 2.1.1. Hibridación en maíz.

La hibridación vino a ser el método por el cual se pudiera controlar debidamente el genotipo, a fin de que sólo se produjeran plantas de alto rendimiento en un determinado campo de maíz (Poehlman, 1979).

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra:

- La obtención de líneas autofecundadas, por autopolinización controlada;
- La determinación de cuáles de las líneas

autofecundadas pueden combinarse en cruzas productivas, y c) Utilización comercial de las cruzas para la producción de semilla (Poehlman, 1979).

Una línea autofecundada se produce mediante autofecundación y selección, hasta que se obtienen plantas aparentemente homocigóticas. Esto requiere generalmente de cinco a siete generaciones (Poehlman 1979).

### 2.1.2. Depresión endogámica.

East y Shull (citados por Allard, 1975) señalan los efectos mas importantes de la consanguinidad prolongada: 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 mas uniformes en cuanto a sus diferencias en los diversos caracteres morfológicos y funcionales, por ejemplo, altura, longitud de la mazorca y maduración; 3) el vigor y fecundidad de muchas líneas disminuye hasta el punto de que estas no puedan conservarse ni en condiciones optimas de cultivo, y 4) las líneas que sobreviven muestran una disminución general de tamaño y vigor.

Genter (1971) en el estudio de los efectos de la depresión endogámica en maíz a lo largo de sus ciclos generacionales, reporta daños por efectos de la homocigosis; aunque menciona también que los genes recesivos involucrados pueden ser deseables.

Ramirez (1989), acerca de la depresión endogámica, menciona

que los individuos alogamos poseen un gran número de genes recesivos deletéreos, dada su condición heterocigótica; la condición homocigótica de éstos es expresada si se autofertiliza el individuo.

La hipótesis genética de la dominancia es la mas aceptada para explicar la depresión producida por la consanguinidad y el fenómeno inverso del vigor híbrido. Esta hipótesis comienza con el supuesto de que las especies alogamas estan compuestas por un gran número de individuos genéticamente diferentes, muchos de los cuales llevan genes recesivos perjudiciales ocultos en los heterocigotes. Cuando se autofecundan dichos individuos, aumenta la homocigosis, apareciendo varios tipos deletéreos homocigóticos recesivos, tales como plantas sin clorofila, con flores anormales, semillas defectuosas, etc., que como son incapaces de reproducirse quedan eliminados (Davenport, Bruce, Keeble y Pellew; citados por Allard, 1975). Los genes perjudiciales segregan como consecuencia de la consanguinidad y, despues de la fijación producida por homocigosis, producen líneas que poseen diferentes genes o complejos de genes. Algunas líneas reciben mas genes favorables que otras, lo que explica las diferencias observadas en el grado de depresión producida por la consanguinidad en diferentes líneas; por tanto, la depresión producida por la consanguinidad 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 consanguinidad en sí mismo, sino que están relacionados con el número y las clases de caracteres mendelianos

heterocigóticos de la población original (Allard, 1975).

Shull y East (citados por Allard, 1975) propusieron la hipótesis de sobredominancia, en la que 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 loci en que el heterocigoto es superior a cualquiera de los homocigotos, y que el vigor aumenta en proporción a la cantidad de heterocigosis.

### **2.1.3. Heterosis.**

La palabra heterosis es una contracción de la palabra heterocigosis que fue propuesta por Johansen; posteriormente fue modificada y explicada por Shull, adoptándose como sinónimo el término vigor híbrido (Shull; citado por Espinosa, 1985).

Allard (1975) menciona que el vigor híbrido o heterosis puede ser considerado como el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad.

El efecto benéfico de la hibridación es un fenómeno mucho más conocido que la depresión debida a la endogamia, por que se observa en casi todos los híbridos F1 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 las variedades de polinización abierta que son semejantes (Allard, 1975).

East (1936) indica que a mayor diversidad genética mayor es el grado de vigor híbrido, como resultado de la cruce; basado en

Jones, rechaza que los factores de dominancia jueguen un papel importante en la heterosis y propone la hipótesis de que la heterosis se debe a "efectos parcialmente aditivos de alelos múltiples" en un locus, en el cual cada alelo desarrolla una función divergente.

Mather y Jinks (citados por Cervantes, 1986), definen a la heterosis como el fenómeno en el cual la "media" de una familia excede a su mejor progenitor.

La heterosis es por definición el incremento en tamaño, rendimiento, vigor, etc.; de tal forma que si no hay incremento no hay heterosis (Shull; citado por Espinosa, 1985).

De acuerdo con Shull (citado por Espinosa, 1985), 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 los genes dominantes aportados por éstos.

La teoría de la heterocigosis propuesta por Shull en 1911, y por East y Hayes en 1912 en términos fisiológicos, fue modificada por East en 1936. Esta teoría se basa en la explicación del fenómeno por la heterocigocidad, según la cual, entre mayor sea el número de genes en condición de heterocigosis, mayor será su vigor, por la acción fisiológica complementaria. De acuerdo con esta teoría, la diversidad del germoplasma afecta definitivamente el grado de heterosis (Espinosa, 1985).

Allard (1975) menciona que hasta ahora el estudio del vigor híbrido se ha concentrado en el tamaño y productividad, aunque



debe subrayarse que la heterosis puede manifestarse de muchos otros modos; estos 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.

Mc Daniel y Sarkissian (citados por Maquire, 1980) presentaron evidencias para la asociación de respiración mitocondrial con el vigor de plántula (heterosis) en maíz. La superioridad bioquímica mitocondrial en tales híbridos está muy asociada con el vigor y el rendimiento potencial. Copeland (1976) al respecto, menciona que el vigor superior de la semilla híbrida ha sido asociado con mitocondrias super eficientes y un sistema enzimático extra activo para asimilación, indicando una relación favorable de recombinación de materiales nucleares.

La heterosis es un fenómeno que no solamente es regulado por el genoma; el plasma puede ser involucrado parcialmente a través de una interacción entre genes nucleares y citoplasma, pero hay pocas evidencias de esto (Mackay, 1976).

Hanson, et al (citados por Mackay, 1976) reportaron que la actividad mitocondrial en plántulas de maíz híbrido está correlacionada con el grado de heterosis; se ha visto también que existen polimorfismo y complementación de mitocondrias en maíz, sorgo, trigo, centeno, triticale, chicharo 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, cuya entidad es heredable aunque su reproducción está parcialmente supeditada al núcleo. Se ha observado también que hay diferencias en la 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 hibridación. Menciona también que las mitocondrias son importantes para mantener la homeostasis intercelular, dando una explicación de la gran estabilidad genotípica de híbridos cuando son expuestos a tensiones ambientales.

Mc Daniel y Sarkissian (citados por Maguire, 1980) señalan que aunque el control genético es bajo, la mitocondria fosforilantemente activa regula la respiración de las semillas y ayuda a agudizar las diferencias genotípicas observadas en semillas de diferentes cultivos.

## 2.2. El Híbrido de Maíz H-422

El H-422, híbrido de maíz adaptado a las condiciones del trópico seco, fue liberado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el año de 1982 en Rio Bravo, Tamaulipas; tiene una altura promedio de 2.70 m, la mazorca se ubica a 90 cm de altura, en las condiciones del trópico seco no presenta ahijamiento y su ciclo vegetativo es de 135 días. Es un híbrido resistente al acame y tolerante al ataque

del gusano cogollero (*Heliothis zea*), del huitlacoche (*Ustilago maidis*) y del mildew vellosa (*Sclerospora sorghi* + *Sclerospora macrospora*). Tiene un rendimiento de 8,115 kilogramos por hectarea en condiciones experimentales. Se recomienda para su siembra en las regiones: Norte de Tamaulipas, Valle del Yaqui, La Laguna, Norte de Coahuila y Nuevo León; siempre bajo condiciones de riego. (INIFAP, 1982).

### 2.3. Concepto de Semilla

De acuerdo con Boswell (1961), las semillas son una forma de supervivencia de las especies; son el vehiculo que sirve para que la vida embrionaria, casi suspendida, renueve su desarrollo aún años despues de que sus progenitores han muerto y desaparecido.

El articulo tercero de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas (1961), define a las semillas como los frutos o parte de estos, así como las partes de vegetales o vegetales completos, que pueden utilizarse para la reproducción y propagación de las diferentes especies de la vegetación.

La misma Ley menciona cuatro categorías de semillas, consideradas tanto para la investigación como para la producción de semillas:

- ORIGINALES: Las resultantes de los trabajos de mejoramiento o formación de variedades, mientras permanezcan bajo el control de quienes las formaron o mejoraron. Estas semillas constituirán la fuente inicial.

para la producción de semillas de la siguiente categoría en escala comercial;

- BASICAS: Las que se produzcan incrementando semillas originales siguiendo métodos que garanticen su más alto grado de identidad genética y de pureza;
- REGISTRADAS: Las que descienden de las semillas básicas o de las mismas registradas que conserven satisfactoriamente su identidad genética y pureza varietal, dentro de las especificaciones que al respecto establezcan los reglamentos de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas; y
- CERTIFICADAS: Las que descienden de las semillas básicas, de las registradas o de las propias certificadas que se produzcan para distribución comercial de acuerdo con las normas que para cada clase de cultivo se establezcan en los reglamentos de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Los propios reglamentos especificarán los diferentes grupos dentro de los cuales deben quedar comprendidos para su control las semillas certificadas.

#### 2.4. Importancia de la Investigación en Semillas

Dentro de los factores que intervienen en la productividad agrícola, la semilla constituye uno de los elementos de mayor influencia, por que contiene el potencial genético para el logro de buenos rendimientos; siendo un insumo básico, es indispensable

que esa semilla posea buena calidad y para ello debe de someterse a una serie de controles y procesos. En este sentido, el objetivo de producir semilla para siembra debe ser la obtención de lotes con buena calidad; para lo cual, un sistema de control debe estar vigente en todo el proceso, desde la producción hasta la venta de la semilla, y de esta forma contribuir a asegurar que la semilla de baja calidad nunca llegue a ser vendida a los agricultores (Carballo; citado por Espinosa, 1985).

Badillo (1981) menciona que a la semilla para siembra se le ha conferido un papel central dentro de los insumos físicos del proceso productivo; de hecho, los otros insumos juegan un papel complementario, sobre todo tomando en cuenta que estos proporcionan a la planta características predeterminadas por la herencia, como productividad, altura, vigor, sanidad, resistencia, tamaño de mazorca, forma, peso, color, etc.

Douglas (1982), atinadamente afirma que el análisis no puede hacer que la semilla sea mejor de lo que es, pero con base a los resultados, se puede dar orientación de cómo evitar o remediar la mala calidad de la semilla.

## 2.5. Calidad de la Semilla

Respecto a la calidad de la semilla, Thompson (1979) la define como el medio adecuado para sembrar en su propio terreno, en un cierto tiempo del año y para el propósito particular del agricultor. Ramírez (citado por Martínez, 1987) menciona que el buen establecimiento de un cultivo depende en gran parte de la buena calidad de la semilla, y Moreno (citado por Martínez, 1987)

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.

El nivel mas alto de calidad de la semilla se obtiene en la madurez fisiológica, después de esta etapa, la calidad decrece en forma paulatina. La importancia del manejo adecuado de lotes de semilla es la de procurar la realización del proceso y de los pasos necesarios para mantener la calidad que se logró hasta ese punto (Espinosa, 1985).

El concepto de calidad de la semilla tiene distinto significado para diferentes autores; 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 mas a menudo la consideración principal, y la calidad y el vigor son usados frecuentemente como sinónimos para describir esta condición (Maguire, 1980). Es evidente que la calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios componentes, tales como: pureza analítica, pureza de especie, libre de malezas, pureza varietal, capacidad de germinación, vigor, tamaño de semilla, uniformidad, sanidad y contenido de humedad (Thompson, 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, sólo recientemente se ha reconocido como un factor de calidad definible y tiene sus efectos en el comportamiento de la semilla y del cultivo en el campo (Perry, 1980).

Con base en lo anterior, es necesario definir los conceptos de viabilidad, germinación, vigor y deterioro para delimitar el significado de cada uno y evitar confusiones.

Mackay (1976) define viabilidad como el grado en que la semilla está viva, con metabolismo activo y que posee enzimas capaces de catalizar reacciones metabólicas necesarias para la germinación y crecimiento de la plántula.

Roberts (1972), por su parte, dice que una semilla es viable cuando puede germinar bajo condiciones favorables, previendo cualquier dormancia que pueda presentar.

Moore (1972) menciona que viabilidad es la capacidad de una semilla para desarrollarse en una plántula aceptable, aún bajo condiciones que no pueden ser completamente ideales, tal como ocurre comúnmente en el campo.

De las definiciones de germinación, la de Jann y Amen (1980) sobresale por considerar diversos 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, así como de la transcripción de nuevas porciones del programa genético; bioquímica: es la diferenciación

secuencial de vías oxidativas y sintéticas y la restauración de cambios bioquímicos típicos del crecimiento vegetativo y desarrollo.

## 2.6. Deterioro de Semillas

Como todo organismo vivo, las semillas sufren inevitablemente un proceso de deterioro que implica una reducción en el potencial fisiológico y genético de estas, dicho proceso es definido por Gove (citado por Abdul-Baki y Anderson, 1972), como la caída de un alto a un bajo nivel de calidad, carácter o vitalidad.

El deterioro de la semilla, de acuerdo con Abdul-Baki y Anderson (1972), 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 finalmente a la muerte; aunque con la experiencia y la información acumulada, ahora se puede hacer más lento pero no detenerse este proceso de envejecimiento degenerativo.

Generalmente se considera que el proceso de deterioro se inicia a partir de que la semilla alcanza la madurez fisiológica; sin embargo, Harrington (citado por Rendón, 1989) menciona que el proceso de deterioro puede iniciarse antes de la madurez fisiológica.



Benarjee (1978), trabajando con cebada y cebolla mostró mediante la prueba de tetrazolio que se condujo a un progresivo envejecimiento de semilla, provocando un incremento en el deterioro expresado en forma de tejidos no teñidos. La primera indicación empieza en el ápice de la raíz o coleorriza y aumenta hacia la región del mesocotilo. Casi simultáneamente el deterioro comienza en la cubierta del escutelo y el coleoptilo en la cebada, y en la cubierta del cotiledón en cebolla, el cual también progresa hacia el mesocotilo.

Robert (citado por Benarjee, 1978) considera razonable suponer que puede haber un grupo de células claves, las cuales siguen funcionales y retienen el poder germinativo de la semilla. También indica que los demás tejidos clave están representados por una pequeña fracción del total de la semilla. Del mismo modo que las células involucradas con la asimilación y transporte de nutrientes, si las regiones meristemáticas están vivas, la semilla se mantiene viable y es capaz de germinar.

Entre las manifestaciones fisiológicas de deterioro, se pueden mencionar los cambios en el color de la semilla, retraso en la germinación, disminución de su capacidad de tolerancia a las condiciones adversas durante la germinación, reducido crecimiento de la plántula, reducción de la capacidad de germinación, aumento del número de plántulas anormales y mayor susceptibilidad a fungosis (Abdul-Baki y Anderson, 1972)..

## 2.7. Vigor

Existen diferencias en el vigor de las plantas que es

determinado por su constitución genética; se presenta no sólo entre especies y entre variedades de una misma especie, sino hasta dentro de una misma variedad. Es evidente la diferencia de vigor entre los híbridos y sus progenitores y aun existen entre líneas autofecundadas de maíz (Copeland, 1976).

La definición de vigor adoptada por la International Seed Testing Association (ISTA) (Perry, 1980; 1981) es: "El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades 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.

Delouche y Cadwell (1962) consideran que el vigor de la semilla, dentro de los factores de calidad, es el mas importante; ya que está estrechamente relacionado con una germinación mas rápida y uniforme, así como con plántulas mas vigorosas que subsecuentemente tendrán mayor capacidad competitiva, esperándose que esta característica se refleje en el rendimiento.

El vigor se considera como un factor determinante dentro del análisis de calidad de semillas y factible para ser empleado como criterio de selección para mejorar el vigor en plántulas y posiblemente el rendimiento (Villaseñor, 1984).

### 2.7.1. Factores que determinan el vigor de la semilla.

El vigor es un concepto multicompuesto mas que una simple propiedad cuantificable (Perry, 1981); debido a ésto, existen

diferentes opiniones , de tal manera que Woodstock (1969) y Perry (1972), restringen éstos a algunas causas de origen fisiológico; en cambio Isely (1957) y Heydecker (1969) los extienden a causas endógenas y exógenas. No obstante estas diferentes opiniones , en todos los casos existe la idea de variación en el comportamiento y actividad de la germinación en las semillas.

Kidd y West (citados por Osorio, 1987) mencionan que el medio ambiente durante la maduración de las semillas es determinante para la expresión de vigor, concluyendo que las condiciones ambientales pueden afectar directamente a la semilla por medio de la posición que guarda en la planta, y también afectarla indirectamente por la influencia que ejerce sobre la distribución de la materia seca entre los diversos órganos de la planta.

Isely (1957) describe que el vigor en campo se manifiesta primeramente por una susceptibilidad diferencial de la semillas y plántulas al ataque de microorganismos en el suelo, debido más bien a la condición ecológica en favor de estos últimos ; esto es, que las condiciones físicas adversas de temperatura y humedad por sí mismas, no dan por resultado la muerte de la semilla de malezas sino que más bien crean un balance en favor de los microorganismos del suelo.

Hunter (citado por Villaseñor, 1984), considera que el vigor es altamente complejo, y que dentro de los factores endógenos a nivel bioquímico se incluye la energía y el metabolismo biocinético, la coordinación de las actividades celulares y el

transporte y utilización de sustancias de reserva; además considera que el vigor es una característica genética de la planta expresada en la semilla que se ve afectada por condiciones exógenas como nutrición de la planta madre, daños mecánicos durante el procesamiento y, deterioro durante el almacenaje, que incluye el ataque de plagas y enfermedades.

Ching (1973) afirma que el buen desarrollo de la planta madre depende tanto de procesos bioquímicos como fisiológicos, puesto que los efectos de germinación y desarrollo están altamente relacionados con un mayor número de mitocondrias y mayor actividad de síntesis de ATP.

Copeland (1976) dió más énfasis a la constitución genética de la planta madre, al comparar líneas de maíz que con igual tamaño de semilla presentan diferente expresión de vigor en estado de plántula; dentro de la constitución genética también considera importantes a la maduración de la semilla, uniformidad en la maduración a la cosecha y tamaño de la semilla. Como factores exógenos menciona a la fertilidad del suelo, daños mecánicos, densidad de población, edad de la semilla, grado de deterioro y ataque de microorganismos.

Hartmann y Kester (1976) mencionan que el resultado de una semilla de alta calidad está en el proceso acumulativo, el cual debe hacerse en forma adecuada. Esas semillas deben ser "llenas" y pesadas para su tamaño. Como el crecimiento inicial de la planta depende de los materiales de reserva, las semillas más pesadas deben tener mejor germinación y producir plántulas más

vigorosas. Si algunas condiciones interfieren en este proceso de almacenamiento, en forma tal que se acumulen menos materiales de reserva, las semillas resultaran delgadas, arrugadas y livianas. Mientras mas severas sean dichas condiciones menos podra sobrevivir la semilla a periodos de almacenamiento, su germinación sera deficiente y producirá plantas poco vigorosas.

Perry (1980) menciona que el máximo nivel de vigor accesible para un lote de semillas está determinado por el genotipo, pero debe ser modificado por las condiciones de la planta madre, tales como nutrición y sanidad, que pueden afectar el tamaño de la semilla o su composición.

Isely (1957) y Perry (1981) mencionan que, debido a que el vigor es afectado por una serie de factores que interactúan entre sí, es necesario brindar al genotipo los niveles optimos de cada uno de esos factores para obtener el máximo grado de vigor en un lote de producción de semillas.

Anfinrud y Shneiter (1984) mencionan como componentes del vigor, características de la semilla y plántulas tales como almacenabilidad, tasa de germinación, emergencia uniforme bajo diversas condiciones, habilidad para emerger en suelos encostrados, germinación y emergencia en suelos frios, húmedos e infestados de patógenos, desarrollo normal de plántulas y cómo influyen en el rendimiento del cultivo.

Villasenor (1984), concluye que el tamaño de semilla dentro de genotipos de maíz fue determinante en el mayor consumo y producción de materia seca (vigor), además existió variación en

hembras y machos para producir plántulas mas vigorosas, lo cual habla de cierto efecto materno, razón por la cual plantea que es mejor emplear líneas con mayor tamaño de semilla como hembras pára producir plántulas mas vigorosas.

Osorio (1987) considera que el crecimiento inicial de las plántulas de maíz depende principalmente de la constitución genética de la semilla y de su constitución desde el punto de vista de la cantidad y calidad del endospermo, así como de las condiciones ambientales de que esté rodeada dicha semilla. Resultando adicionalmente que las características que permiten diferenciar plántulas con alto vigor, sean aquellas que acumulen la mayor cantidad de peso seco, además de su valor intrínseco desde el punto de vista del genotipo.

Virgen (1983), en maíz, plantea como un criterio práctico y sencillo, utilizar el tamaño de semilla como un posible indicador de vigor, en base al cual se puede predecir el comportamiento subsecuente de la plántula.

### 2.7.2. Pruebas de vigor.

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

**DIRECTAS:** Son las condiciones de tension 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 esta tipo de pruebas son: la tasa de germinación, la tasa de crecimiento de plántulas, prueba de conductividad eléctrica, prueba de tetrazolio y el envejecimiento acelerado.

#### 2.8. Envejecimiento Acelerado

La prueba de envejecimiento acelerado se puede usar con dos fines; como 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 Mathews (citados por Castellanos, 1986); como posible rutina en las pruebas de vigor, ya que dicha 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 bajo potencial de emergencia, de mejor manera que las pruebas de germinación en el laboratorio.

La prueba de envejecimiento acelerado, consiste en exponer a las semillas bajo condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa, provocando modificaciones en sus procesos enzimáticos, así como la degeneración y lixiviación de nutrientes además de cambios en la permeabilidad de las membranas celulares de los tejidos del embrión. Para el caso del maíz, el tratamiento de envejecimiento acelerado durante 135 horas a 42 grados centígrados es efectivo para evaluar el vigor de la semilla

(Martínez, 1987).

Chapa (citado por Martínez, 1987), encontró que el peso y el volumen de las semillas de maíz no influyen en forma significativa en la respuesta de los genotipos a los tratamientos de envejecimiento acelerado.



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugar de Realización del Experimento

El experimento correspondiente al presente trabajo de investigación fue desarrollado en la Sección de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados, situado en Montecillos Estado de México; cuya localización geográfica es 19 grados 30 minutos, Latitud Norte; y 98 grados 51 minutos, Longitud Oeste; con una altitud de 2240 m.s.n.m.

Se encuentra dentro del Área de influencia de Chapingo; cuya clasificación climática, de acuerdo con el sistema de Koppen modificado por García (1973), corresponde al tipo C(wo)(w)b(i')g; es decir, templado con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco y largo, temperatura media anual entre 12 y 18 grados centígrados; la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es entre cinco y siete grados centígrados y el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano.

#### 3.2. Material Genético

El material genético que se evaluó fue el maíz híbrido H-422 en sus dos modalidades: cruce directa (T-37 X T-38) y cruce recíproca (T-38 X T-37), ambos de categoría certificada; así como sus líneas progenitoras: T-37 y T-38, estas últimas de categoría registrada. Todo el material utilizado fue de origen Cd. Obregón, Sonora, cosechado en 1990 y proporcionado por la Productora Nacional de Semillas. Es preciso destacar que el material se

obtuvo en el estado de materia prima, sin haber sido sometido a ningún proceso de beneficio.

### 3.3. Diseño Experimental

El diseño experimental que se montó fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, considerando:

- 4 genotipos,
- 2 formas de semilla; plano y bola, y
- 2 tratamientos; con y sin envejecimiento acelerado.

de tal modo que resultaron los siguientes dieciséis tratamientos:

- t1 .- T-37 bola sin envejecimiento acelerado.
- t2 .- T-37 bola con envejecimiento acelerado.
- t3 .- T-37 plano sin envejecimiento acelerado.
- t4 .- T-37 plano con envejecimiento acelerado.
- t5 .- T-38 bola sin envejecimiento acelerado.
- t6 .- T-38 bola con envejecimiento acelerado.
- t7 .- T-38 plano sin envejecimiento acelerado.
- t8 .- T-38 plano con envejecimiento acelerado.
- t9 .- T-37 x T-38 bola sin envejecimiento acelerado.
- t10.- T-37 x T38 bola con envejecimiento acelerado.
- t11.- T-37 x T38 plano sin envejecimiento acelerado.
- t12.- T-37 x T38 plano con envejecimiento acierado.
- t13.- T-38 x T37 bola sin envejecimiento acelerado.
- t14.- T-38 x T37 bola con envejecimiento acelerado.
- t15.- T-38 x T37 plano sin envejecimiento acelerado.
- t16.- T-38 x T37 plano con envejecimiento acelerado.

### 3.4. Preparación de la Semilla

Con la muestra de semilla de cada uno de los genotipos se hizo una clasificación por tamaño y forma utilizando para este fin diversas cribas, de tal modo que se obtuvieron dos formas de semilla: plano y bola; con tres tamaños para cada una de ellas: chico, mediano y grande. Dada la posibilidad de que el experimento tuviera que repetirse por cualquier motivo, se optó por utilizar las de tamaño mediano para las dos formas de semilla, debido a que estas fueron las más abundantes.

Posteriormente se hizo una selección visual de las semillas, que se agruparon en dos muestras de cien, igualadas al mismo peso, para las dos formas de semilla (bola y plano) de cada uno de los cuatro genotipos estudiados; de modo que se obtuvo un total de dieciséis muestras.

Las muestras obtenidas se sometieron a un tratamiento ligero con captán (sesenta segundos de inmersión en solución al 20% con secado a la sombra), con el fin de evitar el ataque de hongos, sobre todo en las semillas que se habrían de someter al tratamiento de envejecimiento acelerado.

Una vez tratadas las semillas, cada muestra de cien fue dividida en cuatro grupos de veinticinco, y fueron depositados en sobres de papel debidamente identificados. A los sobres de semillas que se iban a someter al tratamiento de envejecimiento acelerado se les hicieron perforaciones para facilitar el tratamiento y, después de agruparlos en cuatro grupos de ocho correspondientes a las dos formas de semilla para cada uno de los

genotipos, fueron colocados al azar en sargas de hilaza de algodón de aproximadamente 30 cm de largo, cada una de las cuales constituyó una repetición para el tratamiento de envejecimiento acelerado; con el fin de que no se juntaran unos con otros ni se desplazaran a lo largo de la "sarga", los sobres se fijaron a la hilaza con cinta masking tape.

### 3.5. Cámara de Envejecimiento Acelerado

La cámara de envejecimiento se construyó según la metodología planteada por Martínez (1987). A partir de un bote de lámina de base cuadrada con 23 cm de lado y 35 cm de alto, de tapa circular; al cual, 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.

Los extremos de las sargas (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 este 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 de una de sus caras, se aplicó un litro de agua con una jeringa hipodérmica en dirección de la base.

Una vez terminada la cámara y con las sartas en su interior, fue introducida en una estufa previamente calibrada a 42 grados centígrados en la que permaneció 135 horas.

### 3.6. Cama de siembra

La siembra se hizo en dos cajones de madera y ángulo de fierro cuyas dimensiones fueron: 2.4 m de largo, 1.9 m de ancho y 30 cm de altura cada uno.

Los cajones fueron razados con arena de río previamente cernida a una altura de 20 cm y, posteriormente, se hizo sobre este sustrato el "rayado" para facilitar la siembra. La razón por la que se utilizó este sustrato es por que no contiene nutrientes que pudieran influir sobre el desarrollo de las plántulas y, por consiguiente, obtener resultados engañosos que no correspondieran a la expresión genética de los materiales evaluados.

### 3.7. Siembra

La siembra se realizó el 13 de junio de 1990, día en que terminó el tratamiento de envejecimiento acelerado.

Las parcelas experimentales, de 25 semillas cada una, se distribuyeron en cada uno de los bloques de acuerdo al diseño experimental, en dos cajones de madera que previamente se llenaron con arena de río cernida. La siembra se hizo sobre surcos previamente trazados sobre la arena húmeda y razada, colocando las semillas en forma vertical de modo que el embrión quedara hacia abajo y la corona justo al raz del sustrato de siembra, con el fin de que todas las semillas estuvieran sembradas a la misma profundidad. Las dimensiones de las parcelas fueron de 80 cm de largo, de tal modo que las semillas quedaron establecidas a una distancia de 3 cm entre plantas y 14 cm entre tratamientos de cada bloque; en cada uno de los cajones se establecieron dos bloques experimentales, separados a una distancia de 10 cm entre sí y con un margen de 10 cm de cada lado a lo ancho y 15 cm de cada lado a lo largo con el fin de disminuir el efecto de orilla y sombreado del cajon de siembra. Una vez colocada la semilla, se procedió a cubrirla con una capa de 5 cm de arena cernida y finalmente se regó hasta saturar el sustrato.

Las camas ya sembradas se cubrieron con una estructura metálica, a manera de invernadero, de 5.0 m de largo, 2.10 m de ancho y 0.60 m de altura; con cubierta de plástico transparente.

Posteriormente, las camas fueron regadas cada dos días

durante los catorce que duró el experimento.

### **3.8. Conteos de Plántulas Emergidas**

A partir del día 18 de junio, fecha en que empezaron a emerger, se hicieron conteos diarios de las plántulas emergidas, con la finalidad de evaluar la velocidad de germinación.

### **3.9. Extracción de Plántulas**

Al final de la prueba, el 27 de junio, se extrajeron las plántulas completas, se lavaron con agua para eliminar los residuos de arena y fueron separados sus tres componentes: parte aérea, raíz y residuos de semilla; para cada uno de los tratamientos de los cuatro bloques. Estas partes se depositaron en bolsas de papel previamente identificadas y perforadas, de tal modo que se mantuvieran, dentro de la bolsa, separadas entre sí. Después de embolsar todos los tratamientos, se metieron a una estufa de secado, previamente calentada a 70 grados centígrados, dentro de la que permanecieron cinco días, después de los cuales se hizo la evaluación de materia seca de cada tratamiento.

### **3.10. Variables Analizadas**

#### **3.10.1. Peso inicial de semilla.**

Se determinó tomando el peso de las cien semillas de cada uno de los materiales, el cual se dividió en cuatro para estimar el peso inicial de cada lote de veinticinco semillas de la parcela experimental.

### 3.10.2. Semillas germinadas.

Para cada parcela experimental se consideró el número de semillas cuyo embrión se desarrolló, sin importar si la plántula que se originó fue deforme o normal.

### 3.10.3. Velocidad de germinación.

Se calculo con base en la formula:

$$V.G. = \frac{\text{Número de plántulas emergidas el primer día} + \text{Número de plántulas emergidas el último día}}{\text{Número de días al primer conteo} + \text{Número de días al último conteo}}$$

### 3.10.4. Peso seco.

Para esta variable se consideraron únicamente las plántulas normales de cada parcela, las cuales se dividieron en parte aérea, raíz y resto de la semilla y, una vez secas, se pesaron en balanza analítica para obtener:

- Peso seco de raíz: Obtenido del peso de la raíz producida en total por las plántulas normales para cada parcela.
- Peso seco de la parte aérea: Semejante al anterior, solo que obtenido del peso total del follaje de cada tratamiento.
- Peso seco total: Resultado de la suma de las dos variables anteriores.



#### 3.10.5. Peso seco por plántula.

El peso seco de raíz por plántula, el peso seco de la parte aérea por plántula y el peso seco total por plántula se obtuvieron dividiendo el peso total de la estructura respectiva entre el número de plántulas normales de la parcela correspondiente.

#### 3.10.6. Plántulas emergidas.

En este inciso se consideraron a todas aquellas plántulas cuyas estructuras lograron emerger por encima del sustrato, sea cual fuere su estado de desarrollo y sin importar si la plántula era deforme o no.

#### 3.10.7. Plántulas normales.

Son aquellas cuyas estructuras no presentaron malformaciones que dificultaran y/o impidieran su desarrollo normal.

#### 3.10.8. Plántulas deformes.

Son aquellas que presentaron malformaciones que impedirían un desarrollo normal.

#### 3.10.9. Porcentaje de asimilación.

Este porcentaje se obtuvo de la diferencia entre el peso inicial de semilla menos el peso de la semilla residual de cada tratamiento; el resultado de esta operación fue considerado como la cantidad de reserva de semilla que había sido utilizada en cada uno de los tratamientos, y tomando como el 100% al peso

inicial de semilla se calculó el porcentaje asimilado mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100}{\text{Peso inicial}} = \% \text{ de asimilación.}$$

#### 3.10.10. Porcentaje de asimilación por plántula.

Se utilizó el mismo procedimiento que para el inciso anterior, sólo que en éste se consideró el peso inicial por semilla, el cual se calculó dividiendo el peso inicial de semilla, para cada genotipo, entre veinticinco. El peso final de semilla por plántula se estimó mediante la división de el peso final de semilla por tratamiento entre el número de plántulas normales que cada tratamiento obtuvo.

#### 3.10.11. Heterosis.

Se obtuvo con base en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\text{Progenie del híbrido F1}}{\text{Progenitor mas productivo}} \times 100$$

#### 3.10.12. Proporción de reducción.

Para los cuatro materiales genéticos se cuantificó la reducción debida al efecto del envejecimiento acelerado y se obtuvo con base en la fórmula:

$$P.R. = \frac{\text{Tratado}}{\text{No tratado}} \times 100$$

### 3.11. Análisis Estadístico.

Para cada uno de los parámetros considerados se hizo un análisis de varianza, y adicionalmente se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey (5%), para la comparación de promedios entre los tratamientos bajo estudio.

#### IV. RESULTADOS.

##### 4.1. Peso Inicial de Semilla.

Para su consideración, en la interpretación de los resultados obtenidos; se presentan en seguida los pesos iniciales de semilla para cada genotipo en su forma bola y plana:

GENOTIPO	FORMA DE SEMILLA.	PESO INICIAL DE 25 SEMILLAS (gramos).
T-37	bola	6.1
T-37	plana	6.9
T-38	bola	8.8
T-38	plana	9.0
T-37 X T-38	bola	5.8
T-37 X T-38	plana	6.3
T-38 X T-37	bola	9.0
T-38 X T-37	plana	7.4

Se aprecia que la línea T-38 per se y utilizada como hembra, presenta los mayores pesos de semilla, independientemente de su forma.

##### 4.2. Análisis de Varianza.

De acuerdo con el análisis de varianza efectuado (Cuadro I), se observa que el factor genotipo tiene alta significancia estadística para todas las variables, a excepción de peso seco de la raíz, para la cual la significancia fue del 5%. El tratamiento de envejecimiento acelerado también presentó diferencias altamente significativas (1%) para la mayoría de las variables, y solamente para peso seco total por plántula la significancia fue del 5%, mientras que para las variables peso seco de raíz por plántula y porcentaje total de asimilación no hubieron

C U A D R O 1. CUADROS MEDIO DEL ANALISIS DE VARIANZA DE CADA UNA DE LAS 10 VARIABLES BAJO ESTUDIO, EN H-422 Y SUS LINEAS PROGRESIVAS PARA DOS FORMAS DE SIEMBRA, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACCELERADO

FUENTES DE VARIACION	D.F.	VALORES DE LOS CUADROS MEDIOS PARA CADA VARIABLE DE ANALISIS											
		PSTOT	PSPA	PSR	PSTOT/P	PSPAP	PSR/P	VELGER	PLEMER	NTAS	NUAS	PLNOR	BEMGER
Errores	3	0.309	0.467	0.006	17.643	16.293	0.307	0.000	4.375	20.200	8.113	5.057	2.796
A = Genética	3	3.402 **	1.890 **	0.370 **	143.024 **	92.109 **	21.138 **	1.791 **	50.290 **	100.463 **	207.451 **	47.057 **	34.141 **
B = Envejecimiento	1	41.603 **	18.920 **	6.636 **	24.761 **	25.274 **	3.375 NS	20.646 **	504.063 **	1.613 NS	282.616 **	558.141 **	511.891 **
C = Forma de siembra	1	1.320 NS	0.389 NS	0.191 NS	14.596 NS	2.918 NS	1.827 NS	0.414 NS	2.250 NS	30.145 NS	50.863 *	2.641 NS	3.518 NS
AB	3	(13.221) NS	(6.045) NS	(2.012) NS	7.426 NS	(3.269) NS	2.041 NS	(8.754) NS	(165.320) NS	21.167 NS	(50.111) NS	(183.526) NS	(187.354) NS
AC	3	18.127 **	7.298 **	2.992 **	12.442 NS	15.907 **	0.710 NS	10.572 **	256.125 **	172.568 **	193.607 **	251.234 **	208.798 **
BC	1	0.022 NS	0.200 NS	0.000 NS	0.133 NS	0.598 NS	0.284 NS	0.300 NS	3.043 NS	0.103 NS	4.440 NS	3.516 NS	6.516 NS
ABC	3	0.385 NS	0.124 NS	0.034 NS	2.117 NS	0.405 NS	0.375 NS	0.047 NS	0.521 NS	30.227 NS	25.073 NS	0.432 NS	0.584 NS
Error	45	0.475	0.154	0.111	5.845	1.654	1.500	0.129	3.042	11.937	11.897	3.030	3.550
C.V. %		15.13	14.30	18.27	11.34	10.74	14.85	9.93	9.82	4.06	4.10	1.08	8.65

PSTOT PESO SECO TOTAL  
 PSPA PESO SECO DE LA PARTE AEREA  
 PSR PESO SECO DE LAZ  
 PSTOT/P PESO SECO TOTAL POR PLANTULA  
 PSPAP PESO SECO DE LA PARTE AEREA POR PLANTULA  
 PSR/P PESO SECO DE LAZ POR PLANTULA

VELGER VELOCIDAD DE GERMINACION  
 PLEMER PLANTULAS EMERGIDAS  
 NTAS PORCENTAJE TOTAL DE ASIMILACION  
 NUAS PORCENTAJE UNITARIO DE ASIMILACION  
 PLNOR PLANTULAS NORMALES  
 BEMGER SEMILLAS GERMINADAS

diferencias estadísticamente significativas.

Para el factor forma de semilla sólo hubo significancia estadística al 5%, para la variable porcentaje unitario de asimilación. Es de notarse que la semilla de forma plana tuvo mayor peso para casi todos los genotipos; con excepción de la semilla bola de la cruz recíproca.

Para las interacciones de primer orden genotipo x envejecimiento acelerado, y envejecimiento acelerado por forma de semilla; así como en la de segundo orden: genotipo x envejecimiento acelerado x forma de semilla, no existieron diferencias significativas para ninguna variable; en tanto que para genotipo x forma de semilla, hubo significancia en la mayoría de las variables analizadas, y solo en peso seco total por plántula y peso seco de la raíz por plántula esta interacción no fue significativa.

#### 4.3. Prueba Comparativa de Medias.

##### 4.3.1. Genotipo.

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se hizo una prueba comparativa de medias para los factores genotipo y tratamiento de envejecimiento acelerado, además de la interacción genotipo x forma de semilla. La prueba que se aplicó fue la de Tukey al 5% de significancia, cuyos resultados se reportan en el Cuadro 2.

El genotipo más sobresaliente para las variables de peso seco es el híbrido en su cruz recíproca (T-36 x T-37); cuyo

CUADRO 2. COMPARACION DE MEDIAS MEDIANTE LA PRUEBA DE RANEO MULTIPLE DE TUNCY (5 05%) PARA LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTUDIO, EN EL H-422 Y LINEAS PROGENITORAS PARA DOS FORMAS DE SEMILLA, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.

TRATAMIENTO	VARIABLES																															
	PSTOT		PSPA		PSR		PSTOT/P		PSPA/P		PSR/P		VELBER		PLEMER		WTAS		MUAS		PLUNOR		MEMBER									
	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES	NT	MEDIA	CLASES					
<b>GENOTIPO</b>																																
1 T-37	4	5 208 A		4	3 181 A		4	2 012 A		4	15 20 A		4	8 600 A		3	4 583 A		4	80 12 A		3	87 14 A		1	23 12 A		1	23 75 A			
2 T-38	3	4 652 AB		3	2 725 B		3	1 843 AB		2	21 8 B		2	12 45 B		2	8 153 AB		4	3 584 B		3	22 87 A		4	80 42 AB		4	80 18 A		3	22 80 A
3 T-37 X T-38	2	4 231 B		1	2 581 B		2	1 720 AB		3	18 92 BC		3	11 81 B		3	8 052 BC		1	3 582 B		4	21 75 B		2	84 88 B		1	82 8 B		4	20 87 B
4 T-38 X T-37	1	4 225 B		2	2 473 B		1	1 643 B		1	18 28 C		1	11 16 B		1	7 122 C		2	3 75 B		2	18 50 B		1	80 08 C		2	78 22 C		2	18 56 B
<b>ENVEJECIMIENTO ACELERADO</b>																																
1 NO ENVEJECIDO	1	5 362 A		1	3 275 A		1	2 14 A		1	21 85 A		1	13 34 A		1	8 715 A		1	4 271 A		1	24 50 A		1	85 82 A		1	85 84 A		1	24 83 A
2 ENVEJECIDO	2	3 75 B		2	2 187 B		2	1 508 B		2	20 6 B		2	12 B		2	8 254 A		3	2 874 B		2	16 85 B		1	30 84 A		2	81 74 B		2	16 82 B
<b>INTERACCION GENOTIPO X FORMA DE SEMILLA</b>																																
1 T-37 B	8	5 225 A		7	3 187 A		7	2 08 A		7	25 78 A		7	15 77 A		7	10 11 A		6	4 137 A		1	25 5 A		6	80 57 A		8	86 85 A		1	23 25 A
2 T-37 P	7	5 187 A		6	3 175 A		6	1 975 A		6	24 80 C		6	14 75 AB		4	9 711 AB		5	3 908 AB		2	23 12 AB		7	88 80 A		6	87 15 AC		1	23 12 A
3 T-38 B	6	4 887 AB		6	2 775 AB		6	1 825 A		4	21 01 AB		4	13 BC		6	8 172 ABC		8	3 504 ABC		6	23 12 AB		4	82 84 A		6	87 15 AC		7	23 A
4 T-38 P	4	4 525 AB		5	2 475 AB		1	1 812 A		3	20 19 BC		3	11 91 CD		3	8 61 ABCD		1	3 504 ABC		5	22 82 ABC		5	80 A		7	80 85 ABC		6	22 82 AB
5 T-37 X T-38 B	5	4 437 AB		2	2 682 AB		5	1 752 A		9	20 16 BC		5	11 72 CD		8	8 31 ABCD		2	3 571 ABC		8	21 37 ABC		4	37 81 A		7	85 75 ABC		6	21 37 AB
6 T-37 X T-38 P	4	4 352 AB		4	2 612 AB		2	1 7 A		5	18 47 BC		3	11 50 CD		6	7 754 BCD		7	3 386 BC		7	23 12 BC		1	10 55 AB		1	81 75 BC		6	20 12 AB
7 T-38 X T-37 B	1	4 087 AB		1	2 5 C		1	1 875 A		2	18 97 BC		2	11 54 CD		2	7 761 CD		4	3 209 C		4	18 92 C		2	31 2 BC		4	79 25 C		4	18 82 B
8 T-38 X T-37 P	3	3 957 C		3	2 292 C		1	1 567 A		1	17 53 C		1	10 74 C		1	6 811 D		3	3 201 C		3	18 3 C		1	79 22 C		3	79 18 C		3	18 6 B

PSTOT: PESO BECO TOTAL

PSPA: PESO SECO DE LA PARTE AZUL

PSR: PESO SECO DE RAIZ

PSTOT/P: PESO BECO TOTAL POR PLANTULA

PSPA/P: PESO SECO DE LA PARTE AZUL POR PLANTULA

PSR/P: PESO SECO DE RAIZ POR PLANTULA

VELBER: VELOCIDAD DE GERMINACION

PLEMER: PLANTULAS EMERIDAS

WTAS: PORCENTAJE TOTAL DE ALBERGACION

MUAS: PORCENTAJE UNITARIO DE ALBERGACION

PLUNOR: PLANTULAS NORMALES

MEMBER: SEMILLAS GERMINADAS

Letras iguales indican valores no diferentes entre si.

comportamiento sólo es igualado estadísticamente en la variable peso seco total por la cruce directa (T-37 x T-38); en la variable peso seco de la raíz por la cruce directa y la línea T-38 y en la variable peso seco de raíz por plántula por la línea T-38. El peor comportamiento para las variables de peso lo tuvo la línea T-37; sin embargo este comportamiento fue estadísticamente igual al de la cruce directa y a la línea T-38 para las variables: peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de la raíz y peso seco de la parte aérea por plántula; para las variables peso seco total por plántula y peso seco de la raíz por plántula su comportamiento fue estadísticamente igual a la cruce directa.

Para la variable velocidad de germinación, la cruce directa fue el genotipo que tuvo el comportamiento más sobresaliente, mientras que el resto de los genotipos se agruparon en una misma categoría de clasificación, inferior a la cruce directa.

La línea T-37 y la cruce directa (T-37 x T-38) tuvieron un comportamiento estadísticamente igual y que superó al de la cruce recíproca (T-38 x T-37) y al de la línea T-38 para las variables: plántulas emergidas, plántulas normales y semillas germinadas; para estas mismas variables, el comportamiento de la cruce recíproca y la línea T-38 fue estadísticamente igual.

Para las variables de porcentaje total y unitario de asimilación, el mejor comportamiento lo tuvo el híbrido en sus dos modalidades, mientras que el peor comportamiento lo tuvo la línea T-37 para el porcentaje total de asimilación y la línea T-



38 para el porcentaje unitario de asimilación.

#### 4.3.2. Envejecimiento acelerado.

Respecto al factor de tratamiento de envejecimiento acelerado, el mejor comportamiento correspondió a los tratamientos sin envejecimiento. Las únicas variables en que el comportamiento de los dos tratamientos fue estadísticamente igual son peso seco de la raíz por plántula y porcentaje total de asimilación, ambos sin significancia estadística en el análisis de varianza efectuado (Cuadro 2).

#### 4.3.3. Interacción genotipo x forma de semilla.

Para la variable peso seco total, todas las interacciones son estadísticamente iguales, con excepción de la interacción T-38 bola, cuyo valor es el único que cae fuera de la primera categoría de clasificación.

En el caso de la variable peso seco de la parte aérea, todos los promedios están incluidos en la primera categoría de clasificación, menos los tratamientos T-37 bola y T-38 bola.

El peso seco de la raíz es la única variable en la que todas las medias comparadas tuvieron valores estadísticamente iguales entre sí.

La cruzada recíproca de forma bola (T-38 x T-37 B) tuvo el mejor comportamiento para la variable peso seco total por plántula; junto con T-38 x T-37 P y T-38 P ocupó la primera categoría de clasificación; el peor tratamiento fue T-37 B.

Para la variable peso seco de la parte aérea por plántula, los valores mas altos correspondieron a la cruza recíproca en sus dos formas de semilla, las cuales ocuparon la primera categoría de clasificación. En esta variable el peor comportamiento lo tuvo T-37 B.

El peso seco de la raíz por plántula abarcó en la primera categoría de clasificación a cinco de las ocho interacciones; las únicas que quedaron fuera de esta categoría son: T-37 P, T-37 B y T-37 x T-38 B.

En las variables velocidad de germinación y plántulas emergidas, el orden de clasificación de los tratamientos es similar; la línea T-37 y la cruza directa en sus dos formas de semilla, se ubican en la primera categoría junto con la cruza recíproca de forma plana (T-38 x T-37 P); el peor comportamiento lo tuvo la línea T-38 en sus dos formas de semilla.

La primera categoría del porcentaje total de asimilación abarcó a todos los tratamientos, menos la línea T-37 en sus dos formas de semilla. Con respecto al porcentaje unitario de asimilación, solamente las líneas T-37 P y T-38 en sus dos formas de semilla quedaron fuera de la primera categoría de clasificación.

La variable plántulas normales fue estadísticamente igual para todos los tratamientos, con excepción de la línea T-38 en sus dos formas de semilla; mientras que la variable semillas germinadas sólo dejó fuera de la primera categoría de clasificación a la línea T-38 de forma plana.

#### 4.4. Proporción de Reducción.

En el Cuadro 3 pueden observarse los porcentajes que alcanzaron los tratamientos de envejecimiento con respecto a los valores alcanzados por los tratamientos sin envejecimiento.

El genotipo T-37 fue el que presentó mejor comportamiento ante la prueba de envejecimiento acelerado; ya que, según puede observarse en todas las variables analizadas, no tuvo reducciones tan drásticas (ninguna de ellas es menor del 81.33%).

El genotipo T-38 tuvo descensos drásticos en las variables: peso seco total, peso seco de la parte aérea, peso seco de la raíz, velocidad de germinación, porcentaje total de asimilación, plántulas normales y semillas germinadas cuya proporción de reducción fue de 60% o menos para todas las variables mencionadas, además de haber sido el material cuyo comportamiento fue el peor para dichas variables; por otro lado su comportamiento en las variables: peso seco total por plántula, peso seco de la parte aérea por plántula, peso seco de raíz por plántula, porcentaje total de asimilación y porcentaje unitario de asimilación fue superior al de la línea T-37, sobre todo en la forma de semilla bola.

El híbrido en su cruce directa tuvo descensos menores a los observados en su cruce recíproca excepto en las variables de peso seco total de plántula, peso seco de la parte aérea por plántula, peso seco de la raíz por plántula y porcentaje total de asimilación. El comportamiento general del híbrido en su cruce directa es superior al híbrido de cruce recíproca.

CUADRO 3. PROPORCION DE REDUCCION, POR EFECTO DEL ENVEJECIMIENTO ACELERADO SOBRE LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTUDIO EN DOS FORMAS DE SEMILLA DE LAS CRUZAS DIRECTA Y RECIPROCA Y LINEAS PROGENITORAS DEL H-422.

V A R I A B L E S												
	PSTOT	PSPA	PSR	PSTOT/P	PSPA/P	PSR/P	VELOQR	PLEMER	%TAS	%UAS	PLNOR	SENGER
T-37 B	83.71	81.82	80.78	93.40	91.22	90.95	82.53	89.90	88.24	83.58	89.80	92.00
T-37 P	83.68	85.22	81.33	90.81	92.31	88.52	87.94	90.72	93.80	91.48	91.67	91.84
T-38 B	65.17	64.70	65.61	90.90	90.25	90.78	63.71	66.00	110.39	98.68	68.00	68.00
T-38 P	60.83	48.23	54.55	91.81	88.68	90.28	60.95	57.00	107.22	95.58	67.00	60.00
T-37 X T-38 B	74.88	71.20	80.77	88.09	81.88	92.86	79.71	85.80	99.03	98.66	88.00	86.80
T-37 X T-38 P	79.43	74.80	87.50	85.64	80.74	84.61	78.38	92.71	101.00	100.22	92.71	93.76
T-38 X T-37 B	63.39	69.38	60.78	99.12	93.33	96.70	59.48	64.29	108.91	99.67	64.29	65.31
T-38 X T-37 P	74.90	66.91	66.32	108.36	62.92	93.25	66.38	71.00	100.00	96.77	71.00	72.00
PROMEDIOS	69.93	66.79	70.38	94.31	89.92	94.73	69.87	75.86	100.37	96.11	75.92	77.06

PSTOT: PESO SECO TOTAL

PSPA: PESO SECO DE LA PARTE AEREA

PSR: PESO SECO DE RAIZ

PSTOT/P: PESO SECO TOTAL POR PLANTULA

PSPA/P: PESO SECO DE LA PARTE AEREA POR PLANTULA

PSR/P: PESO SECO DE RAIZ POR PLANTULA

VELOQR: VELOCIDAD DE GERMINACION

PLEMER: PLANTULAS EMERIDAS

%TAS: PORCENTAJE TOTAL DE ASIMILACION

%UAS: PORCENTAJE UNITARIO DE ASIMILACION

PLNOR: PLANTULAS NORMALES

SENGER: SEMILLAS GERMINADAS

#### 4.5. Heterosis

Los valores de heterosis para las variables de peso seco y velocidad de germinación se reportan en el Cuadro 4.

La crucea recíproca de forma de semilla bola y sin envejecimiento acelerado (T-38 x T-37 BN) fue la mas sobresaliente, debido a que manifestó heterosis para las variables analizadas; con heterosis mas baja para velocidad de germinación (101.90), mientras que la mas alta correspondio al peso seco de la parte aerea por plántula (139.49). La crucea directa de forma plana sin envejecimiento acelerado; tuvo valores de heterosis menores a 100 para todas las variables, excepto para velocidad de germinación (106.13).

Para las variables referentes a peso seco, los valores de heterosis mas altos corresponden a la crucea recíproca; mientras que para la variable de velocidad de germinación, la crucea directa es la que presenta el mayor índice.

La variable que, en promedio, tuvo la heterosis mas alta fue peso seco de la parte aerea por plántula, mientras que la variable peso seco de la raiz por plántula tuvo una heterosis mas baja.

Para la crucea directa sometida al envejecimiento, los valores de heterosis mas bajos correspondieron a las variables: peso seco de la raiz por plántula, peso seco total por plántula y peso seco de la parte aérea por plántula, mientras que los mas altos correspondieron al peso seco de raiz y velocidad de

**CUADRO 4. VALORES DE HETEROSIS PARA LAS DISTINTAS VARIABLES BAJO ESTUDIO EN DOS FORMAS DE SEMILLA DE LAS CRUZAS DIRECTA Y RECIPROCA DE H-422, CON Y SIN TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.**

VARIABLES							
TRATAMIENTO	PSTOT	PSPA	PSR	PSTOT/P	PSPA/P	PSR/P	VELGER
T-37 X T-38 BN	100.00	108.84	90.70	103.12	110.18	93.51	108.80
T-37 X T-38 BE	102.01	98.89	108.78	89.77	91.82	87.02	108.90
T-37 X T-38 PN	87.08	90.07	82.83	90.52	93.50	86.27	108.13
T-37 X T-38 PE	104.40	99.94	118.03	84.43	85.12	84.78	108.79
T-38 X T-37 BN	125.12	136.75	118.00	127.57	139.40	121.03	101.90
T-38 X T-37 BE	108.05	105.56	105.08	127.85	132.51	115.47	77.08
T-38 X T-37 PN	92.58	108.51	95.06	99.58	108.51	95.96	104.84
T-38 X T-37 PE	112.58	103.06	103.28	115.30	113.69	92.95	90.81
T-37 X T-38 N	93.54	98.45	88.78	96.82	101.84	89.89	106.37
T-37 X T-38 E	103.21	97.91	112.41	87.10	88.47	85.90	108.85
T-38 X T-37 N	112.35	122.63	107.28	113.57	124.00	108.40	103.27
T-38 X T-37 E	110.32	104.31	104.18	121.60	123.10	104.21	84.24
T-37 X T-38	98.37	98.18	99.58	91.96	95.16	87.89	107.61
T-38 X T-37	111.33	113.47	105.73	117.59	123.55	103.35	93.76
NO ENVEJECIDOS	102.95	110.54	97.02	105.20	112.92	99.19	104.82
ENVEJECIDOS	106.76	101.11	108.29	104.35	105.78	95.06	96.54
PROMEDIOS POR VARIABLE	104.85	105.83	102.63	104.77	109.35	97.12	100.68

PSTOT PESO SECO TOTAL

PSPA PESO SECO DE LA PARTE AEREA

PSR PESO SECO DE RAIZ

PSTOT/P PESO SECO TOTAL POR PLANTULA

PSPA/P PESO SECO DE LA PARTE AEREA POR PLANTULA

PSR/P PESO SECO DE RAIZ POR PLANTULA

VELGER VELOCIDAD DE GERMINACION

PLEMER PLANTULAS EMERGIDAS

%TAS PORCENTAJE TOTAL DE ASIMILACION

%UAS PORCENTAJE UNITARIO DE ASIMILACION

PLNOR PLANTULAS NORMALES

SENGER SEMILLAS GERMINADAS

germinación.

## V. DISCUSION.

En la tecnología y producción de semillas es tan importante conocer el comportamiento de los híbridos, como el de sus progenitores.

Un caso particular es el del maíz híbrido H-422, que tiene excelentes características para el trópico seco de nuestro país; sin embargo, en la multiplicación comercial de semilla ha presentado algunos problemas de manejo, principalmente respecto a la susceptibilidad a fusarium (*Fusarium spp.*) de la línea T-38, utilizada originalmente como progenitor masculino.

Es evidente que el comportamiento de un genotipo seleccionado muestra diferencias desde los primeros estadios de desarrollo de las plántulas que, en mayor o menor medida, nos dan una idea del comportamiento posterior (Delouche y Cadwell, 1962).

Las cruza directa y recíproca del H-422, en concordancia con la Hipótesis 1, tuvieron un comportamiento diferente bajo las condiciones del experimento efectuado; lo cual se hace evidente en la prueba comparativa de medias. El genotipo fue el principal responsable del comportamiento de las plántulas, aunado al cual interviene la cantidad de sustancias de reserva acumuladas en la semilla y el medio ambiente bajo el cual se efectúa la germinación y el desarrollo (Osorio, 1987). El comportamiento del H-422 en sus dos modalidades de crusa es en efecto diferente, sin embargo estas diferencias no se deben estrictamente a una variación en el contenido genético; dado que las diferencias en el comportamiento de las cruza se reflejaron principalmente en



las variables de peso seco se puede hablar de que existen evidencias de efecto materno por parte de la línea T-38 al ser utilizada como progenitor femenino en la formación del híbrido, acorde con lo expuesto por Villaseñor (1984), quien concluye que el tamaño de semilla en maíz fue determinante en el mayor consumo y producción de materia seca, además de que existió variación en hembras y machos para producir plantulas mas vigorosas.

La diferencia estadística provocada por el tratamiento de envejecimiento acelerado para la mayoría de las variables analizadas, reafirma la efectividad de esta prueba para evaluar el vigor de las semillas y la resistencia de éstas al proceso de deterioro; el hecho de que la variable de peso seco de raíz por plántula no presentara diferencia estadística pone de manifiesto que las semillas que resistieron al tratamiento de envejecimiento acelerado no fueron afectadas drásticamente en el desarrollo de la raíz, sino mas bien en el de la parte aérea; resultado que es contrario a lo observado por Benarjee (1978) en sus trabajos con semillas de cebolla y cebada, en los cuales el efecto del envejecimiento primeramente se manifestó en el ápice de la raíz, aumentando hacia la región del mesocótilo; no obstante, debido a que la investigación mencionada se realizó solamente a nivel de semilla y dado que en las primeras fases del proceso germinativo la radícula es la parte del embrión con crecimiento mas activo, es adecuado suponer que el tratamiento de envejecimiento no fue lo suficientemente drástico como para matar a la totalidad de las células de las regiones meristemáticas del embrión, provocando que las células claves que menciona Robert (citado por Benarjee,

1978) situadas en estos puntos de crecimiento hayan sido capaces de mantener la capacidad de desarrollo tan eficientemente como las células de los embriones que no fueron sometidas al tratamiento.

Las líneas progenitoras del H-422 también tuvieron una mejor respuesta cuando el peso de la semilla fue mayor, en especial para las variables de peso seco; así la línea T-38 con un mayor peso inicial de semilla que la línea T-37, tuvo un comportamiento más favorable; del mismo modo la forma de semilla plana, que para ambas líneas presentó un peso inicial mayor, fue la que tuvo mejores resultados, en concordancia con las observaciones hechas por Osorio (op. cit.). Estos resultados dan evidencias de que el desarrollo de una plántula está influido por la cantidad de fotosintatos que se tengan disponibles en el endospermo de la semilla antes de que la plántula sea totalmente capaz de absorber del suelo los nutrientes necesarios para su desarrollo; coincidiendo con lo encontrado por Virgen (1983) y Villaseñor (1984).

Para las semillas de las líneas que fueron sometidas al tratamiento de envejecimiento acelerado, el mejor comportamiento lo tuvo la línea T-37, de tal modo que puede decirse que la capacidad del H-422 para resistir el envejecimiento acelerado se debe a la influencia del progenitor T-37, y dado que el mejor comportamiento bajo esta condición lo tuvo la cruce directa, también puede hablarse de un efecto materno de esta línea (Villaseñor, op. cit.), es decir, el carácter de resistencia al envejecimiento acelerado lo transmite la línea T-37, sobre todo

al ser utilizada como progenitor hembra.

De acuerdo con lo anterior, puede señalarse que el comportamiento de la crucea recíproca, a nivel de plántula, es más eficiente en comparación con la crucea directa, siempre y cuando la semilla no sea sometida a condiciones drásticas de almacenamiento, en cuyo caso el mejor comportamiento corresponde a la crucea directa. De acuerdo con la revisión que sobre el particular hace Martínez (1987), el tratamiento de envejecimiento acelerado implica modificaciones en los procesos enzimáticos así como degeneración y lixiviación de nutrientes, además de cambios en la permeabilidad de las membranas celulares de los tejidos del embrión, de hecho los resultados registrados para la variable porcentaje total de asimilación, más bien podría considerarse que existe pérdida de nutrientes por lixiviación, en cuyo caso la línea de características más favorables es la T-37.

Debido al mejor comportamiento ante el tratamiento de envejecimiento acelerado, tanto de la crucea directa como de la línea T-37, puede suponerse que el mecanismo de resistencia al deterioro planteado por Robert (op. cit.) está más desarrollado en T-37 y se transmite a su descendencia con mayor facilidad cuando esta línea es utilizada como progenitor hembra.

La determinación de la proporción de reducción de las líneas y cruces evaluadas en este trabajo confirman que el comportamiento de la crucea directa y de la línea T-37 es superior al de la línea T-38 y la crucea recíproca; incluso la línea T-37 de forma plana superó al híbrido en sus dos modalidades de crucea,

de tal manera que, incluso se puede observar que para la resistencia al deterioro no hubo heterosis.

El tratamiento de envejecimiento acelerado no mostró una interacción estadísticamente significativa con la forma de semilla ni con el genotipo; es decir, que la respuesta mostrada afectó por igual a los genotipos y formas de semilla involucrados en la presente investigación; resultados que coinciden con los expuestos por Chapa (citado por Martínez, 1987), quien afirma que el peso y el volumen de la semilla de maíz no influyen en forma significativa en la respuesta de los genotipos a los tratamientos de envejecimiento acelerado.

Para que la producción de un híbrido sea justificable, es necesario que supere al promedio de producción de la mejor variedad regional a la cual va a ser destinada su utilización. Generalmente el rendimiento es el principal parámetro para evaluar heterosis en relación a la mejor línea progenitora; sin embargo, como se hizo en este trabajo, también pueden considerarse características en estado de plántula; resultando que el híbrido tuvo un comportamiento superior, aunque es conveniente señalar que la heterosis aparentemente es baja, inclusive fue negativa, ya que el promedio de la cruce directa es del orden de 93.62%, o sea que su comportamiento fue menor al de su mejor progenitor. Esta situación puede explicarse considerando que el peso inicial de la semilla de la línea T-38 fue mayor al de la cruce directa. Sin embargo, a excepción de las variables: semillas germinadas, plantas emergidas, plantas normales y peso seco de la raíz por plántula; para las demás existió heterosis,

sobre todo en los tratamientos con envejecimiento.

La respuesta favorable del H-422 en su cruzada directa ante el tratamiento de envejecimiento acelerado pone de manifiesto que este material tiene mayores ventajas para ser almacenado por mayores lapsos de tiempo que la cruzada recíproca; sobre todo bajo condiciones drásticas de temperatura como en el caso del trópico seco. La única desventaja que presenta esta modalidad de la cruzada es el tamaño de semillas que, de acuerdo con la literatura revisada y los resultados de la presente investigación, realmente favorecen el desarrollo inicial de la plántula (Osorio, Villaseñor, Virgen op.cit.). En contraposición, el empleo de la cruzada recíproca en favor del tamaño de semilla trae consigo problemas de manejo, sobre todo por las infestaciones de fusarium, pero produce una semilla que sin ser sometida a condiciones drásticas de almacenamiento tiene un muy buen desarrollo, aunque existen evidencias de que el híbrido bajo esta modalidad de cruzada es más susceptible al fusarium.

Es preciso que en la formación de híbridos no solamente se consideren las ventajas agronómicas, sino también los problemas que trae consigo en el proceso de producción así como el mantenimiento de las líneas que los originan, además de que a las líneas progenitoras de los híbridos ya existentes se puedan mejorar para eliminar características no deseables. En el caso del H-422 es factible realizar selección en las líneas para aumentar el tamaño de semilla de la línea T-37 y/o disminuir la susceptibilidad al fusarium y a las condiciones drásticas de almacenamiento de la línea T-38, con el objeto de mejorar no sólo

la calidad genética del híbrido, sino de su proceso de producción, con la finalidad de abatir costos y poder proporcionar a los agricultores material de siembra de alta calidad y dentro de lo posible a bajo precio.

## VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. La calidad fisiológica de la semilla del maíz híbrido H-422 está determinada por el progenitor hembra que se utilice.
2. Para las variables de peso seco de plántula, el comportamiento de la craza recíproca (T-38 x T-37) es superior en un 17.64% sobre la craza directa (T-37 x T-38).
3. La craza directa (T-37xT-38) es la mas adecuada para producir el H-422, considerando su mayor resistencia al deterioro, que le permite tolerar el almacenamiento prolongado en las condiciones del trópico.
4. La craza recíproca (T-38xT-37) produce semillas grandes con mejores condiciones de desarrollo inicial de plántula.
5. La influencia de la línea T-37 es determinante en la resistencia al deterioro bajo condiciones de almacenamiento.
6. La línea T-38 influye positivamente en el tamaño de

semilla al ser utilizada como hembra.

7. Para las características de calidad fisiológica de la semilla, la expresión de heterosis, varió del 0.68 al 9.35 %.
8. Para la característica de resistencia al deterioro no hay efecto de heterosis.



\* B I B L I O G R A F I A \*

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, D.J. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Kozlowsky, T.T. Ed. Seed Biology. Vol. II. U.S.A. Academic Press. pp. 283-309.
- Aldrich S.R. and Leng, E.R. 1966. Modern Corn Production. The farm Quarterly, Cincinnati, Ohio, U.S.A.
- Allard, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Traducción de la primera edición en inglés por J. L. Montoya. segunda ed. Omega, Barcelona, España. 498p.
- Anderson, J.D., Baker, J.E. y Worthington, E.K. 1970. Ultraestructural changes of embryos in wheat infected with storage fungi. Plant Physiology. 46: 847-859.
- Anfinrud, M.N. and A.A. Schneiter. 1984. Relationship of sunflower germination and vigor test to field performance. Crop Sci. 24: 341-344.
- Badillo N., E. 1981. El sistema de semillas en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados, Chapingo, México.
- Benarjee, S.K. 1978. Observations on the initiation of seed deterioration and its location in barley and onion. Seed Sci. 6: 1025-1028.
- Boswell, V.R. 1961. ¿Qué son las semillas y qué hacen? In: USDA (comp. ed.) Semillas. CECSA. México.
- 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 de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Cervantes M., J.E. 1986. Caracterización de progenitores y estimación de parámetros genéticos mediante cruces dialélicas F1, F2 y F3 de trigo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- Copeland, L.D. 1976. Principles of seed science and technology. U.S.A. Burgess Publishing. 369 p.
- Curis D.L. 1980. Some aspects of Zea mays L. (Corn) seed production in the U.S.A. In: Heblethwaitte P.D. Seed Production. Ed. Buterworths. England. pp 389-400.
- Ching, T.M. 1973. Biochemical aspects of seed vigor. Seed Sci. Technology. 1: 73-88.
- Deloucho, J.C. and W.P. Cadwell. 1962. Seed vigor and vigor test. Proceeding seedmens short course. Mississippi seed Technology Laboratory, State College Mississippi. U.S.A.
- Douglas, J.E. (comp. ed.) 1982. Programas de semillas; Guía de planeación y manejo. CIAT, Cali. 350 p.
- East, E.M. 1936. Heterosis. Genet. 21: 321-397.
- Espinosa C.A. 1985. Adaptabilidad, Productividad y Calidad de líneas e Híbridos de Maíz (Zea mays L.). Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 2a Ed. UNAM, México.
- Genter C., P. and King K.W., 1971. Nutritive value of the protein in high oil selection in maize. Crop Sci. 11(3) 339-340.
- Harrington, J.F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. Seed Sci. 1: 453-461.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1976. Propagación de plantas. CECSA. México.
- Heydecker, W. 1969. The "vigour" of seeds a review. Procc. Intl. Seed. Test Assoc 34:201-219.
- Heydecker, E. 1972. Vigour. In: Roberts, E.H. Ed. Viability of seeds. Chapman and Hall. Great Britain. pp. 209-252.

- Hunter, C. 1971. Seed quality and crop performance. Handbook of seed Technology. Mississippi State University.
- Isely, D.O. 1957. Vigor test. Procc. Ass. off. Seed Annal. 47: 176-182.
- 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, R.W. 1981. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. al español por R. Piña G. Ed. LIMUSA, México.
- 1961. Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Talleres Gráficos de la Nación, México D.F.
- 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.
- Martínez L., A., 1987. Comportamiento de la germinación y el vigor de planta en líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) como respuesta al envejecimiento acelerado de semillas. Tesis profesional. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx.
- 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 agrícola. Instituto de Biología. UNAM. Mex. pp. 223-249.
- Osorio O., M.E. 1987. Evaluación de líneas de maíz con base en el porcentaje de germinación y en el vigor de plántula. Tesis profesional. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx.

- Perry, D.A. 1972. Interacting effects of seed vigour and environment on seedling establishment. In: Heydecker, V.W. (ed.) Seed Ecology. Pennsylvania State. Univ. Press.
- Perry, D.A. 1981. The concept of seed vigour and its relevance to seed production techniques. In: Heblethwaite P.D. Seed Production. Ed. Buterworths. England.
- Poehlman, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Trad. por N. Sánchez D. Ed. LIMUSA. México.
- Ramírez A., G. 1989. Influencia del progenitor masculino sobre la calidad en semilla híbrida de maíz (*Zea mays* L.). Tesis profesional. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx.
- Ramírez, G.M. 1983. Conferencia inagural. In: Moreno, M.E. y Ramírez, M.H. Ed. Memorias del Coloquio Internacional sobre Conservación de Semillas y Granos Almacenados. Instituto de Biología. UNAM. Mex. pp. 14-58.
- Ramírez S., J. 1989 La endogamia y sus efectos sobre la producción y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos. Edo. de Mex.
- Rendon H., A. 1989. Efectos genéticos y ambientales sobre la longevidad de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) Tesis profesional. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx.
- 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. 1-14.
- Rodriguez G., E. 1987. Evaluación de líneas de maíz (*Zea mays* L.) por su comportamiento en la prueba de envejecimiento acelerado. Tesis profesional. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo de Méx.
- Shull, G.H. 1948. What is heterosis? Genet. 33 439-446.
- Thompson, 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 en plántulas de maíz. tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

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 Mex.

Woodstock, L.W. 1969. Seedling growth as a measure of seed vigor. Procc. Intl. Seed Test. Assoc. 34(2): 273-280.