

31
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

INFLUENCIA DEL PROGENITOR
MASCULINO SOBRE LA CALIDAD EN
SEMILLA HIBRIDA DE MAIZ (*Zea mays L.*).

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A
GUILLERMO RAMIREZ ALVAREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO, NOVIEMBRE, 1989.



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	
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.2 HIPOTESIS	5
2. REVISION DE LITERATURA	6
2.1 Selección e Hibridación en Maiz.	6
2.1.1 La Selección.	7
2.1.2 La Hibridación.	8
Lineas autofecundadas.	
Aprovechamiento de lineas autofecundadas.	
Variedades Sintéticas.	
2.2 Depresión Endogámica	10
2.3 Aptitud Combinatoria	13
2.4 Heterosis.	14
2.5 Producción de Semillas.	17
2.5.1 Calidad de la semilla.	18
2.5.2 Calidad Física.	19
Color de la semilla.	
Efecto de Xenia.	
Dimensiones de la semilla.	
2.5.3 Calidad Fisiológica.	24

	Vigor.	
	Factores que determinan el vigor.	
	Acción Génica en la determinación del Vigor.	
2.5.4	Pruebas para la evaluación del vigor.	30
	Pruebas directas	
	Pruebas indirectas	
3.	MATERIALES Y METODOS	36
3.1	Ubicación del experimento.	
3.2	Material genético.	
3.3	Pruebas de Calidad.	37
3.3.1	Calidad Física.	
3.3.2	Calidad Fisiológica.	38
3.4	Medición de la Calidad Fisiológica.	40
3.4.1	Velocidad de Germinación.	
3.4.2	Longitud y Peso de Plántula.	41
3.5	Análisis Estadístico.	
4.	RESULTADOS	42
4.1	Descripción morfológica de los progenitores.	
4.1.1	Caracteres de planta en las líneas	
4.1.2	Caracteres de planta en el progenitor femenino.	
4.1.3	Tipificación de mazorca y semillas de líneas S_2 .	44

4.1.4	Tipificación de mazorca y semillas de los híbridos.	
4.2	Pruebas de Calidad Fisiológicas de Semilla.	45
4.2.1	Evaluación de líneas autofecundadas.	
4.2.2	Evaluación de los híbridos.	48
4.2.3	Valor heterótico para cada variable considerada.	54
5.	DISCUSION	69
5.1	Los criterios de Selección en un Programa de Mejoramiento Genético.	
5.2	Evaluación de Líneas S_{22} e Híbridos Trilineales.	70
5.3	Selección por su Calidad de Semilla.	74
6.	CONCLUSIONES	76
7.	BIBLIOGRAFIA	77

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

CUADRO	Pág.
1	39
2	43
3	46
4	47
5	49
6	51
7	52
8	53
9	55
10	56
11	59
12	60

CUADRO

Pág.

13	Híbridos con bajo comportamiento en la prueba de calidad fisiológica de semilla. (Tuckey, 0.05) Experimento I...	61
14	Promedio del porcentaje de germinación, índice de vigor, peso seco de la plémula y radícula, peso seco total, altura de plántula en 60 híbridos formados, utilizando un probador común como hembra. (Experimento II).....	62
15	Cuadrados medios, significancia estadística y coeficiente de variación en el análisis de varianza de los híbridos formados, utilizando un probador común. (Experimento II).....	64
16	Híbridos sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica. (Tuckey, 0.05) (Experimento II).....	65
17	Híbridos con bajo comportamiento en la prueba de calidad fisiológica de semilla. (Tuckey, 0.05) Experimento II....	66
18	Efectos heteróticos con base en los progenitores macho en las diferentes variables de calidad fisiológica de semillas. (Experimento I).....	67
19	Efectos heteróticos con base a los progenitores macho en diferentes variables de calidad fisiológica de semillas. (Experimento II).....	68

FIGURA

1	Modelo para explicar la germinación y emergencia en maíz. (Blacklow, 1973).....	26
2	Representación esquemática de la relación entre la germinación y el vigor. (Isely, citado por Copeland, 1976)....	31

RESUMEN

En la producción comercial de semillas, la competencia exige que la semilla reúna las condiciones indispensables de germinación y emergencia, para que el material sea aceptado en el mercado.

La calidad en semilla, la constituyen una serie de atributos que ésta puede poseer, para asegurar el éxito en la siembra. Esa calidad puede medirse y evaluarse; utilizando aspectos físico (tamaño, forma, color, peso), y características fisiológicas (porcentaje y velocidad de germinación, vigorosidad en plántula); así como la pureza varietal y la sanidad.

En maíz, los trabajos de selección con fines de mejoramiento genético, debieran contemplar el aspecto de calidad en semilla; sobre la cual Villaseñor (1984) sostiene que está determinada por un gran número de factores, entre los que destacan: la condición e influencia de la planta madre, la manera de cosechar y, el tiempo y forma de almacenamiento entre otros.

El presente estudio, realizado en la Sección de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, tuvo como finalidad estudiar la acción del progenitor macho, sobre la calidad de semilla de híbridos trilineales, utilizando como hembra una cruce simple común. Como resultado de autofecundaciones, se obtuvieron 78 líneas S_2 a partir de 37 líneas S_1 ; las que al cruzarse con una hembra común, dieron origen a 120 híbridos trilineales.

A los progenitores se les caracterizó en planta, considerando color de estigmas, nervadura central y hojas; vellosoidad en la vaina, ángulo de la espiga en ramas secundarias, altura de la planta y al nudo de inserción de la mazorca, número total de hojas y hojas sobre la mazorca. En mazorca, la tipificación se hizo por la forma predominante de la mazorca y por arreglo de hileras.

Adicionalmente se evaluó la calidad física y fisiológica de la semilla, tanto de líneas S₂ como de los híbridos; así la calidad física se determinó mediante la separación en peso de 6 tamaños de semilla. Para estudiar la calidad fisiológica, se determinó el índice o velocidad de germinación, altura de plántula, peso seco de la plúmula, peso seco de la radícula y peso seco total.

Para cada variable se determinó el valor heterótico, de cada híbrido trilineal en base al comportamiento del progenitor masculino.

Los resultados obtenidos permiten identificar características en la calidad de semillas; derivándose las siguientes conclusiones:

- En la selección de materiales con buena calidad de semilla, la expresión de vigor, puede ser un criterio importante dentro de un programa de mejoramiento genético.
- En calidad física de la semilla, considerando la proporción en peso de semillas por su forma y tamaño, el mejor comportamiento correspondió a los híbridos, en relación a las líneas autofecundadas.

- Las pruebas de calidad fisiológica, permitieron observar variaciones en las líneas; las cuales pueden diferenciarse para propósito de caracterización y selección. En este sentido las variables de materia seca en plántula e índice de vigor, mostraron más coherencia para seleccionar materiales de buena calidad; en tanto que el porcentaje de germinación se consideró una variable débil para este propósito.

- Los efectos heteróticos (vigor híbrido) manifestados en los valores del peso seco de plúmula, peso seco total, porcentaje de germinación e índice de vigor, permiten identificar líneas superiores por su capacidad de combinación, en relación a caracteres de calidad.

I. INTRODUCCION.

La producción de semillas de alta calidad, es un rubro de capital importancia para la agricultura nacional.

Los materiales genéticos de maíz, producto de la investigación, han tenido poco éxito entre los productores, debido en muchas ocasiones, a la dudosa calidad de las semillas, razón por la cual es prioritario difundir y promover semillas de alta calidad, para contribuir con mayores probabilidades de éxito en la producción agrícola del país.

En la producción de semillas se debe mejorar y reproducir fielmente el material, verificando su calidad. De entre los parámetros de calidad se habla de germinación, pureza, sanidad y vigor, (Moreno, 1983). Este último es un criterio relativamente nuevo y que ha tomado importancia en la calidad de las semillas.

El vigor, de acuerdo con Villaseñor (1984), destaca como un carácter heredable y factible de ser utilizado como un criterio de selección genético, y lo define como " 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 "; lo que hace pensar que tal propiedad es la expresión de factores internos y externos de la semilla.

En los programas de mejoramiento genético en cultivos básicos, el criterio de selección de mayor importancia ha sido el rendimiento; sin embargo, existen trabajos cuyo propósito es aumentar las cualidades de la semilla, (Glover, 1975).

El vigor es una propiedad de las semillas, que puede verse alterada por: a) la constitución genética, b) el desarrollo y nutrición de la planta madre y c) por el tipo de progenitores tanto masculinos como femeninos; así los niveles de vigor en lotes de semillas determinados por las cualidades genotípicas, pueden ser modificados si alteramos el tipo de progenitores que intervienen en la fecundación, (Perry, 1980). Por ejemplo, Gree y Pimell (citados por García, 1988), establecen que el contenido de aceites y carbohidratos en la soya, está influenciado por la planta madre.

Al estudiar los efectos producidos en la calidad de las semillas, si se altera el tipo de progenitores, Poehlman, (1979), hace mención de un fenómeno llamado " xenia ", definido como el efecto que produce el polen sobre el grano de maíz en desarrollo.

El efecto a observarse, será el color del endospermo y textura, en relación a la progenie, al igual que el tipo de grano y color de la aleurona (Purseglove, 1972). Los progenitores son responsables de la condición bioquímica de la semilla, cuya calidad es resultado de ello.

En semillas de otros cultivos de importancia agrícola, como cebada y soya; Chauhan y Gopinathan (1985) concluyeron que la germinación está determinada por la condición bioquímica de éstas. Del mismo modo, fue determinada una muy buena correlación entre el contenido de ATP (energía) y el vigor en la germinación en semillas de coliflor (Lun y Madsen; citados por Houlberg (1985).

Producto de la hibridación, se han generado materiales con características muy específicas, como el aumento en el rendimiento resultado del e-

fecto heteróptico, generado entre los materiales cruzados. La heterosis es una herramienta que la genética utiliza para el mejoramiento de plantas cultivadas.

Robles. (1986) cita que en algunos casos, el efecto de heterosis (vigor híbrido) se manifiesta positivamente en materiales producto de cruza - mientos, superando a sus progenitores.

Es motivo de este trabajo, entonces, indagar más de cerca de la acción génica de los progenitores en la determinación del nivel de vigor en semillas híbridas de maíz, con el propósito final de aportar elementos que permitan mejorar la calidad en semillas con fines agrícolas.

1.1 OBJETIVOS.

- A) Estudiar la influencia del progenitor masculino sobre la calidad física y fisiológica de la semilla de híbridos trilineales de maíz (*Zea mays* L.).
- B) Practicar selección en base al comportamiento "per se" de líneas S_2 de maíz, y por sus efectos en la calidad física y fisiológica de semilla de híbridos trilineales formados con un probador común.

1.2 HIPOTESIS.

- A) Existen diferencias en la calidad de semillas de maíz de acuerdo al progenitor masculino utilizado, en híbridos trilineales formados a partir de un mismo progenitor hembra.
- B) La calidad física de la semilla puede modificarse diferencialmente por efecto de " xenia ", en función del progenitor masculino.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Selección e Hibridación en Maíz.

El maíz es un cultivo de importancia nacional; del cual se siembran aproximadamente 8'000 000 de hectáreas anuales, bajo sistemas de cultivo muy distintos; generando una producción promedio de 12 a 13 millones de toneladas, que son insuficientes para cubrir las necesidades del país; que se estiman en 16 millones de toneladas por año (FIRA, 1988).

El mejoramiento genético en México ha dado mayor importancia, a partir de 1950, a la tecnología para la producción de híbridos (Welhausen, 1978) utilizando para su desarrollo, principalmente cuatro razas como material base, (Tuxpeño, Celaya, Chalqueño y el Bolita).

Muchos han sido los avances genéticos que el cultivo del maíz ha tenido, que van desde la fijación de caracteres fenotípicos, cruzamientos para aumentar el rendimiento, y adaptación específica de materiales a zonas con deficiencia en humedad, entre otros.

Peshlman (1979) indica que por su sistema de cruzamiento, como planta alogama, la investigación en el maíz se facilita.

La condición de heterocigosis en el maíz, es debida a su naturaleza de ser una planta de polinización libre, en donde cada mazorca y cada semilla es producto de la fecundación de un grano de polen diferente. Shull (citado por Márquez, 1988) sostenía que un campo de maíz es una masa de híbridos muy complejo.

2.1.1 La Selección

Lonquist y Gardner (1961) llegaron a considerar a la selección masal como un proceso de selección recurrente. Por su parte Robles (1976) indica que es una técnica de selección ancestral, en donde las mazorcas eran seleccionadas por sus cualidades aparentes; es decir, que estaba basado en el fenotipo materno.

Jugenheimer (1976) distingue algunas ventajas de la selección masal, como el hecho de ser una técnica simple, que no implica un tiempo generacional amplio; cuyo éxito depende, en buena medida, en elegir los materiales deseables y sobresalientes. Gardner (1961) explica una modificación de la selección masal, en la que se divide el lote en sublotes, considerándolos cada uno de ellos como una unidad de selección; haciendo ésta en plantas con competencia completa. Carballo (1985) explica el procedimiento de la Selección Masal Modificada y precisa aún más respecto a sus modalidades que pueden ser: In situ, Rotativa y Convergente - Divergente; en cuanto a la selección familiar, señala que ésta involucra la evaluación de progenies; pudiendo considerarse: a) selección de familias de medios hermanos; b) selección de familias de hermanos completos y c) selección de líneas S_i.

La selección de surco por mazorca, fue una técnica propuesta en 1896 en la Estación Agrícola Experimental de Illinois, y que consiste en sembrar una porción de la semilla de una mazorca, por surco, y seleccionar fenotípicamente los mejores " biotipos ", siguiendo así sucesivamente hasta " n " generaciones. Poshiman (1979) observó que la selección mazorca por surco, con el avance en las generaciones produce efectos endogámicos que pueden repercutir en el rendimiento.

Uno de los pioneros en perfeccionar el método de selección recurrente fue Sprague (1955); quien encontró que su efectividad puede cambiar la composición química de los granos de maíz.

La selección recurrente, controla la frecuencia génica en la expresión del linaje de una familia; Allard (1960) afirma que es un método que transfiere genes específicos hacia la formación de una buena variedad. Por lo tanto la apariencia física y el porte de la planta ya no es el parámetro de decisión; ahora es evaluado en base al rendimiento.

Comstock, Robinson y Harvey (citados por Russel y Eberhart; 1975) propusieron el método de selección recíproca recurrente; el cual parte de 2 poblaciones; la primera de las cuales es probador de las líneas de la segunda y viceversa; permitiendo seleccionar por los dos tipos de selección génica y obtener así variedades mejoradas e híbridos superiores.

2.1.2 La Hibridación.

Se entiende como hibridación, el aprovechamiento generacional de la población F₁, en donde las combinaciones hibridadas dan lugar a vigorosidad y productividad (Márquez, 1988).

Se sabe que los materiales criollos, se han mantenido durante 5000 años, adaptados a un estilo ancestral de agricultura, incapaces de aumentar su rendimiento. Asimismo, son evidentes los beneficios que la utilización de híbridos de maíz de buena calidad, han traído para la producción nacional (Welhausen, 1978).

En México, a partir de 1940 los primeros materiales comerciales fueron maíces de polinización abierta, con el objeto de reducir los costos de producción, por concepto del uso de semilla; además de que el agricultor

podría seleccionar su propio material (Pohlman, 1979).

Espinosa (1985) reporta que para 1984 se habían obtenido 105 híbridos y variedades mejoradas, de los cuales el 48.5% son híbridos de cruce doble. En nuestro país las variedades mejoradas se han formado a partir de métodos de selección e hibridación; para formar cruzamientos simple, dobles, y trilineales; así como variedades de polinización abierta (Caro, 1987); aunque la tendencia ha sido hacia la formación de variedades sintéticas e híbridos dobles, formados con líneas de una a cuatro autofecundaciones (Carballo; citado por Espinosa, 1985).

A continuación se comenta a grandes rasgos, los métodos más comunes para la obtención de híbridos en maíz.

Líneas endogámicas . De la Loma (1975) menciona que las líneas puras son producto de la autofecundación, en donde las cualidades génicas se mantienen en homocigosis.

A pesar de que en las sucesivas generaciones de autofecundación, hay una pérdida de vigor, fecundidad y capacidad reproductiva; es un método muy utilizado en los programas de hibridación, principalmente para la producción de híbridos.

La obtención y selección de líneas autofecundadas se emplea para generar líneas puras, mediante autofecundaciones sucesivas; permitiendo fijar caracteres homocigóticos; (Martínez, 1987).

Aprovechamiento de líneas autofecundadas . La base para la selección de materiales de buen comportamiento se realiza a partir de la autofecundación, y posteriormente con la hibridación entre líneas previamente identificadas, en donde el cruzamiento permite determinar el potencial

de cada cruce comparada con sus progenitores. Al respecto, Elto et al (1977) estudiaron la relación entre líneas e híbridos de cruce simple, con resultados favorables para el aumento en peso en la planta y la mazorca, para el caso de los híbridos de maíz.

En la producción de semillas de calidad, la formación de híbridos de cruce simple, plantea mayores limitantes en cuanto a su costeabilidad, a pesar de que requieren de dos fuentes o progenitores potencialmente productivos. Tienen una fuente germoplásmica muy reducida, en relación a los híbridos de cruce trilineal y doble; donde el rendimiento es ligeramente mayor que en las cruces dobles (Espinoza, 1985).

Varietades sintéticas. Sprague (1955) considera que una variedad sintética es una generación altamente desarrollada, a partir de un híbrido múltiple en condiciones de polinización libre.

Allard (1960) describe a la variedad sintética, como el producto de la recombinación génica de híbridos, para que su mantenimiento no se degrade por la polinización abierta.

2.2. Depresión Endogámica.

Es importante reconocer que la autofecundación acarrea problemas en el vigor de la planta; puesto que se altera su condición de alogamia. Este efecto génico de la homocigosis, en forma más amplia, se denomina endogamia.

Para la genética vegetal, la endogamia es de alguna manera el resultado de la reproducción de individuos unidos por consanguinidad. El nivel de éste efecto dependerá de la cercanía que exista entre los individuos que participan.

La autofecundación no es la única manera por la que se genera endogamia, pero es considerada como la más extrema, después seguiría el apareamiento entre hermanos completos, apareamiento de medios hermanos, y retrocruza con respecto a un mismo individuo (Ramírez, 1989).

Falconer (1964) define a la endogamia como "un apareamiento de individuos emparentados entre sí por ascendencia ..."; en el que se observa notable reducción en el tamaño, fecundidad y debilitamiento del material Good y Hallauer (1977) reconocen que los materiales autofecundados permiten fijar rápidamente los genes deletéreos.

Haynes (citado por Márquez, 1988) indica que los efectos que la autopolinización provoca pueden ser :

- a) la progenie es de tamaño, vigor y productividad inferiores que las plantas en estado heterocigótico;
- b) conforme las generaciones avanzan, los efectos deletéreos o de daño genético aumentan.

Genter (1971) al estudiar los efectos de la depresión endogámica en maíz a lo largo de ciclos generacionales, reporta daños por efectos de la homocigosis; aunque también los genes recesivos involucrados pueden ser doseables.

La interacción genotipo ambiente puede acentuar aún más la depresión por efectos endogámicos; Barrientos (citado por Espinosa, 1985) afirma que los problemas ocasionados por endogamia en líneas, son más acentuados cuando los progenitores son de ambientes contrastados.

Una de las teorías más aceptadas, acerca de la depresión endogámica es

explicada por Ramirez (1989), en la que se sostiene que si los individuos alérgicos (v.g. el maíz), poseen un gran número de genes recesivos deletéreos, dada su condición heterocigótica; la condición homocigótica de estos es expresada si se autofertiliza el individuo.

La condición de alogamia es severa para ciertas especies como alfalfa, girasol y zanahoria; aunque existen especies tolerantes como la cebolla col y las cucurbitáceas (Brauer, 1969).

Se han estudiado formas para reducir los efectos endogámicos; una alternativa fue dada por Cornelius y Dudley (1974), en la cual se propone la formación de líneas fraternales. Se parte de individuos genéticamente relacionados entre sí; las líneas por formar serán producto de la mezcla de polen de ambas, para ser fecundada una de ellas. El material obtenido será entonces una mitad de probabilidad de material autofecundado y la otra mitad de cruce fraternal, debilitando el serio efecto de depresión endogámica.

Para el caso de especies autóгамas, que conservan la homocigosis; los genes enmascarados deletéreos, pasan a la condición de homocigóticos y llegan a desaparecer. La condición homocigótica de estos individuos persiste, logrando el "equilibrio homocigótico" detallado por Mahter (citado por Falconer, 1964) sin tener incidencia directa en la disminución del vigor por consanguinidad.

Entonces se concluye que la depresión endogámica sucede en plantas alérgicas, generalmente en forma inducida para fines de la mejora genética. Su acción es utilizada para homogenizar características, en la fijación genotípica de caracteres en el proceso por el cual se originan líneas puras. En maíz produce disminución en el vigor y reducción en la produc-

tividad.

2.3 Aptitud Combinatoria.

La selección y el mejoramiento por sí solos no proporcionan datos que relacionen las líneas de amplia diversidad genética y sus posibles combinaciones en híbridos (Griffing, 1956).

El concepto de Aptitud Combinatoria ha quedado definido por Márquez (1988) como " la capacidad de un individuo o población de recombinarse con otros...", su unidad de medición es el comportamiento de la progenie.

Sprague y Tatum (citados por Morfin, 1987) teorizaron los conceptos para dos tipos de aptitud combinatoria: general y específica. Para el primer caso, (ACG) es el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridadas con otras líneas; el segundo caso (ACE) se refiere al comportamiento de una cruce en particular y sólo es válida para los progenitores involucrados.

Para la aptitud combinatoria general, la información que proporciona será el reconocimiento de líneas sobresalientes que potencialmente podrán producir híbridos de calidad. Generalmente los materiales de polinización libre y los sintéticos, son los más adecuados para medir el nivel de esta característica (Jugenheimer, 1976).

La aptitud combinatoria específica fue medida por Russell y Eberhart (1973), en donde el mejoramiento de una población se evaluó en base a la capacidad de combinación con una línea o una cruce simple. Declaran aumentos sustanciales en el rendimiento de híbridos.

Para Mangelendorf (1974) la ACE es un método para identificar nuevos gru-

pos y mejorar la combinación de híbridos, si la heterosis involucra necesariamente la sobredominancia.

Por lo tanto la ACG y la ACE, son dos criterios de selección utilizados para obtener materiales que podrán emplearse como progenitores en híbridos.

2.4. Heterosis.

La heterosis es un concepto ampliamente utilizado por los fitogenetistas en virtud de que relaciona el comportamiento de un híbrido superior en relación a los progenitores participantes. El tamaño, rendimiento, y biotipos fenotípicamente superiores a los progenitores; son algunos de los aspectos que implica la heterosis o vigor híbrido.

En 1865 Naudin (citado por Márquez, 1988) detectó el vigor híbrido en 25 cruces interespecíficas en el género de plantas; por ejemplo Datura stramonium y D. tatula; donde para la variable altura de planta, la progenie superó a los padres.

A consecuencia de la presencia de genes dominantes en el cigoto híbrido, la progenie es superior genéticamente. Shull (citado por Espinosa, 1985) señala las bases de la heterosis, y propone que el aumento en el vigor es debido a un número elevado de genes en su condición heterocigótica; por lo tanto entre mayor amplitud germoplásmica el grado o nivel de heterosis será mayor.

La hibridación se da en forma natural y tan compleja en cada ciclo agrícola. Sin embargo, para fines de investigación, la hibridación inducida ha servido para lograr alta productividad por el efecto heterótico que se logra.

East (citado por Jugenheimer, 1976) propuso como término equivalente, el de vigor híbrido, por lo que vigor híbrido será entonces una manifestación evidente del efecto heterótico.

Haynes (1964) plantea que los individuos genéticamente definidos son producto de la acción y reacción e interacción de un número continuo de genes, en donde el tiempo y el ambiente son causa también de la variación en la expresión del genotipo.

Los trabajos pioneros que relacionaron el vigor híbrido fueron planteados por Darwin en 1876, a partir de que en sus experimentos cruzó plantas de maíz de la misma familia y después las hibridó con 15 grupos de plantas relevantes; al obtener la semilla de un caso y otro, las sembró en un ciclo siguiente y observó variaciones en plantas provenientes de autofecundaciones y de las hibridadas (Brink, 1964). Shull (1952) afirma que el vigor se traduce en mayor tamaño y velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y plagas, en los individuos híbridos, comparados con individuos endogámicos.

Estudios serios con resultados sobresalientes, han permitido afirmar que la superioridad de materiales hibridados, encierran en sí mismos, características de "eficiencia biológica". Los alelos homocigóticos participantes, generan sustancias metabólicas que se conjugan al momento de la cruce y favorecen al híbrido en formación (Strickberger, 1978).

Para entender la heterosis por el comportamiento de los genotipos homocigóticos y heterocigóticos, Ramírez (1989) explica que la consanguinidad da como resultado homocigosis; en una cruce, los genes recesivos deletéreos se ocultan y se expresan los dominantes, por lo que tenemos como resultado el efecto heterótico; teoría denominada "hipótesis de la so-

predominancia", propuesta por Shull (1952).

Se puede decir que la heterosis, es el resultado de la superioridad de la condición de heterocigosis, en donde la eficiencia del material híbrido es demostrado genotípicamente y fenotípicamente; no solamente medida en el aumento en el tamaño y rendimiento, sino en otros aspectos como puede ser la producción híbrida de semillas de maíz de alta calidad (Ramírez 1989).

En la estimación del valor heterótico, Carballo (1985) subraya dos métodos que consisten en: a) el exceso en vigor de los híbridos F_1 , en relación al promedio de los progenitores; empleando para ello la siguiente fórmula:

$$HF = x_{F_1} - 1 / 2 (x_{P_1} + x_{P_2})$$

en donde:

- HF_1 = valor heterótico para la generación F_1 ;
- P = el progenitor participante.
- x = promedio para cada variable considerada.

b) el valor heterótico se obtiene relacionando el vigor del híbrido con respecto al progenitor con mayor expresión del carácter de que se trate:

$$V.H. (\%) = (x_{F_1} / x_P) 100$$

en donde:

V.H. = valor heterótico

F₁ = valor del vigor en el híbrido, en términos del exceso sobre el progenitor de mejor comportamiento

P = valor del progenitor considerado

x = promedio de cada variable.

2.5 Producción de Semillas.

Partimos del supuesto que la utilización de semillas mejoradas de maíz en México, fluctúa entre el 25 y 30%, ocupando la mayor proporción restante los criollos. Una vez que el trabajo de investigación, realizado por el fitomejorador, ha concluido, la tarea parece ser más sencilla, pero es precisamente en este momento cuando los objetivos, concentrados en la semilla básica, deberán cuidarse y protegerse al máximo.

García (1985) ha considerado que en un programa de esta índole, deberán cuidarse los siguientes aspectos: 1) identificación de objetivos, 2) fuentes de variedades mejoradas, 3) eficiencia en la multiplicación de la semilla (original - básica - registrada - certificada); 4) programas e investigación de calidad de semillas, 5) mecanismo para la distribución de la semilla, 6) promoción de nuevas variedades.

Con respecto al proceso para la multiplicación y certificación del material original se observa: la determinación de la variedad, verificar su fuente, inspeccionar el campo, cosecha y beneficio, tomar muestras de las semillas acondicionadas, evaluación de la calidad y el envasado.

Existe un organismo internacional encargado de dictar el criterio para

el control de calidad en producción de semillas, a fin de generalizar ciertas normas. La Asociación Internacional para el Análisis de Semillas (ISTA) creada en Dinamarca desde 1921, tiene el objetivo de facilitar la eficiencia en la producción y distribución de las semillas.

Los lotes de multiplicación de semillas, no escapan a la legislación o normatividad internacional; así las inspecciones en los campos semilleros tendrán que ser cuidadas de manera muy especial, (aislamiento, limpieza, sanidad, pureza varietal, etc...).

En la tecnología moderna para producir semillas, la máxima eficiencia es el lema de todo empresario; por lo tanto la calidad del material será, a fin de cuentas, el indicador de esa eficiencia.

2.5.1 Calidad de la Semilla.

Si sostenemos que la semilla es un mecanismo para perpetuar las especies vegetales; al reconocer tales atributos debemos procurar las mejores condiciones, aumentando la calidad de la misma.

Calidad, pareciera ser un término nuevo; sin embargo, Buatamente (citado por Ramirez, 1989) comenta que data de 1886; cuando en Europa la semilla comercializada produjo bajos rendimientos por estar deteriorada. A partir de tales incidentes es como se inician los laboratorios de análisis de semillas en Europa, Norte y Sudamérica, África y Asia.

La calidad de las semillas es definida por Echandi (1973) como las cualidades o atributos que benefician a cada material.

El contenido de humedad, la pureza física, variedad, el vigor, sanidad, y la certificación, son algunos aspectos que determinan esa calidad (Potts, 1973).

Deberá mantenerse y mejorarse la calidad de la semilla en lotes de producción antes, durante y después de la cosecha, con el objeto de desarrollar híbridos superiores, mediante la utilización de métodos eficientes (Curtis, 1978).

Por mucho tiempo la calidad fue relacionada exclusivamente con el comportamiento de la planta en el campo; crecimiento y rendimiento; afortunadamente la calidad y el vigor de la semilla, ahora son parámetros que se suman en forma integral a la selección de materiales (Maguire 1980a). Día con día se hace necesario establecer normas mínimas de calidad como límite para aceptar o rechazar un lote de semillas, pues con ello se propicia el establecimiento del cultivo y subsecuentemente un buen rendimiento. Carver (1980) indica algunos lineamientos para la producción de semillas de calidad en cereales, entre los que destacan: a) identificación de la variedad; b) capacidad para germinar; c) que no contenga semilla de otras especies; d) con buena sanidad.

En consecuencia, la producción de semillas de calidad, tanto física como fisiológica, depende directamente de aspectos externos (ambiente de producción) e internos (genéticos).

2.5.2 Calidad Física.

Como una necesidad para producir semillas de calidad, el CIAT (1983) propuso una metodología para estos fines, con el propósito de que la potencialidad genética de los materiales no se pierda.

En maíz, su condición heterocigótica impide establecer caracteres rígidamente constantes para forma, tamaño y color de la semilla.

Su expresión fenotípica hace diferenciar un material de otro, incluso

reconocer su calidad de antemano.

Recientes estudios confirman que la condición física de la semilla (tamaño y forma) puede estar íntimamente relacionado con el vigor y por ende en la calidad.

Color de la semilla .- La constitución aparente de las semillas en los cereales, denota una amplia variación; Duffus y Slaughter (1980) indican que existen semillas del tipo dentado, cristalino, dulce y harinoso. El tejido que ocupa el mayor volumen en la semilla es el endospermo (85% del peso seco) (Esau, 1977). De acuerdo a la condición (tipo de endospermo) de este tejido, el comportamiento de la semilla puede ser muy variable.

Wellington (1966) encontró que el endospermo de los cereales, está relacionado con el establecimiento y desarrollo de la plántula en el campo. Zuber y Wolf (1974) al estudiar el color en semillas de líneas e híbridos de maíz, descubrieron que la mayor imbibición de agua se dio en endospermos de híbridos con mayor capacidad para germinar.

La composición de la semilla puede ser modificada por la acción génica de los progenitores que participan (Perry, 1981a).

Priestley (1986) propuso que el considerar la composición química de la capa de aleurona y su estado fisiológico, puede ser una prueba de vigor.

Efecto de Xenia .- En la polinización, uno de los efectos es el de "xenia"; definido por Poehlman (1977) como la acción inmediata del grano de polen sobre la incipiente semilla en formación. Por lo tanto la coloración que adquiere estará de acuerdo a las leyes de la recombinación génica.

nica (dominancia y recesividad).

Krathbuch de Taberna, para 1588, describió el efecto de xenia como, la ocurrencia de colores en granos en la misma mazorca, producto de la polinización abierta. Se observa la aparición de granos mezclados, con coloraciones amarillas, blancas y azules. Para 1881, Focke introduce el término xenia, explicado gracias a la hibridación de maíz, por la influencia directa del polen sobre el endospermo (Haynes, 1964).

Al estudiarse la composición química del endospermo, se concluye que el tipo de reservas acumuladas en este tejido, determina la calidad de la semilla (Irwin, 1964).

Recientemente los estudios sobre el comportamiento de polen, han indicado que en la polinización existe una participación activa de factores genéticos y por lo tanto en la selección (Purseglove, 1971). Incluso la habilidad competitiva de los granos de polen entre sí, es un carácter dominante, por lo que tal capacidad puede heredarse e incidir en el vigor híbrido (Mulacahy y Bergamini, 1985). La influencia del tamaño del grano de polen y la calidad de la semilla, ha sido estudiada por Stephensenson y Winson (1985), en donde las dimensiones del grano de polen determinan la calidad en semillas de calabaza.

En los estudios especializados del endospermo, se ha podido clasificar a la semilla de acuerdo al contenido y tipo de proteínas que se contienen en este tejido. Algunas técnicas se han sugerido, como lo es la electroforesis, utilizada por Zuber et al. (1975), Chauhan y Gopinathan, (1985), entre otros.

Se puede decir que la calidad de la semilla, definida también por las cualidades del endospermo; es una característica fenotípica, que puede

integrase a un programa de mejoramiento genético. Incluso para elevar la calidad protéica de la semilla de maíz (Glover, 1975).

Dimensiones de la semilla .-- Las dimensiones de la semilla pueden ser causa de la variabilidad en el vigor. El peso, forma y tamaño es el resultado de las condiciones en que fue producida esa semilla o, bien, la acción génica que ejercen los progenitores.

Un aspecto físico de las semillas, que incluso pueda cuantificarse son precisamente el peso, forma y tamaño. Tales características han sido motivo de discrepancia. Algunos de los trabajos que intentaron declarar influencia del tamaño con la vigorosidad son los de Pedersen y Barnes (1973), en donde observaron el desarrollo progresivo del tamaño de la semilla de alfalfa hibridada. Aún más, indicaron que el polen paterno generó híbridos formados con semillas largas.

A pesar de la poca coincidencia de los puntos de vista, para los atributos con la calidad, y por lo tanto con el rendimiento, McDonald (1975) encontró estrecha relación del tamaño de la semilla y el contenido de proteína, lo que hace suponer ventajas para esos casos.

Isely, (citado por Villaseñor, 1984) considera que el tamaño de la semilla es el resultado de la expresión del vigor dentro del genotipo. Lo cierto es que la semilla de mayor tamaño tiene tendencia a estar más relacionada con la emergencia, establecimiento y desarrollo en plántula. Copeland (1976) afirma que el tamaño de la semilla puede verse alterado por la constitución genética; aspecto de mucha importancia para los técnicos en la materia. El mismo tamaño de la semilla en líneas autofecundadas, manifiesta diferencias en el vigor.

Carver (1980) manifestó no estar de acuerdo totalmente, en la afirmación, de que el tamaño de la semilla de los cereales, determine el vigor en lotes de semilla.

Sánchez (1982), al someter distintos tamaños de semilla de maíz a diferentes profundidades no encontró diferencia alguna para el parámetro rendimiento; sin embargo, el tamaño más grande de semilla generó material de mayor vigor en la prueba.

Por otro lado se determinó que el tamaño de la semilla es consecuencia de la densidad de población y la etapa de madurez fisiológica (Perry 1981a).

De acuerdo con Villaseñor (1984) la calidad y el vigor están relacionados positivamente con el tamaño de la semilla entre y dentro de los genotipos probados; por lo que incluso se recomienda utilizar como hembra, a líneas con semilla de mayor tamaño, para producir material de mayor calidad, tanto física como fisiológica. El incluir el peso, tamaño y forma de la semilla, fue contemplado como una necesidad para reconocer la calidad de los materiales.

Virgen (1983) evaluó el vigor, por el contenido de reservas, relacionando el tamaño grande de la semilla con mayor contenido de reservas y por lo tanto con alto vigor.

Marroquín (1986), en su estudio concluyó que las semillas de mayor peso y volumen, gozaban de mayor peso y volumen en el embrión, generando por lo tanto plantas más vigorosas.

Por su parte Osorio (1987) al evaluar líneas de maíz en base al porcentaje de germinación y vigorosidad en la plántula, concluye que el tamaño de la semilla no es determinante para la variable germinación.

Un estudio realizado por Morales (1989), con el objeto de medir variaciones en relación al tamaño de la semilla y el vigor en plántula sobre los caracteres agronómicos e incluso sobre el rendimiento en maíz, permitió concluir que las semillas de mayor tamaño y apariencia favorable (genotipo), son más vigorosas y responden mucho mejor en campo considerando variables agronómicas y algunas componentes del rendimiento.

Copeland (1976) indica que el graduar el tamaño de la semilla envasada, presenta beneficios para el agricultor, en el sentido de homogenizar el material comercial y obtener rendimientos estables.

La Productora Nacional de Semillas (PRONASE) promovió un programa para el aprovechamiento de maíces criollos, en el cual indicaba la metodología para seleccionar mazorcas de buena calidad, permitiendo separar las semillas de la mazorca, que bajo investigación, han demostrado mayor capacidad de germinación, emergencia y desarrollo.

2.5.3 Calidad Fisiológica.

Los factores que hasta el momento han sobresalido para definir la calidad fisiológica son la germinación, y el vigor.

Germinación. La ISTA (1966) definió la germinación como la emergencia y desarrollo desde el embrión, con sus estructuras esenciales; como un indicador de la habilidad para desarrollar plantas normales, bajo condiciones favorables.

Entonces la germinación se considera una prueba en las semillas; determinada por el desarrollo del embrión y estructuras principales de la

plántula.

La germinación en campo está sujeta a variables como lo es el agua, nutrientes potencialmente absorbidos y los metabolitos almacenados en la semilla (Wellington, 1966).

Inicialmente la germinación fue propuesta como un criterio de selección, considerando la velocidad de germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas para distinguir variedades en lotes de semilla de soya (Maguire, 1962).

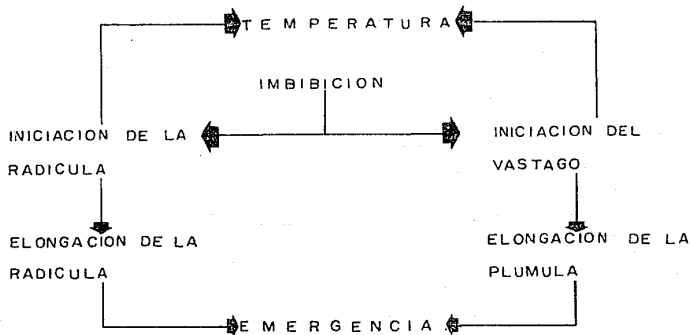
Los eventos químicos que suceden durante la germinación y sus estructuras en formación, se conjugan para expresar el desarrollo y establecimiento de la incipiente plántula.

Al estudiar la influencia del medio en la germinación y la emergencia, Blacklow (1973) propuso un modelo de simulación para predecir la germinación en raíz, en donde los procesos de imbibición, elongación de la radícula y vástago, son posibles gracias al aumento en la temperatura (Figura 1).

Hoff et al. (1973) reconocieron que el suelo, la región y la fecha de siembra son factores que inciden en la germinación, pero no descartan la participación que tiene el genotipo; ya que compararon poblaciones F_1 y F_2 de trigo de primavera, concluyendo que la capacidad de germinación es cuantitativamente hereditaria.

Vigor .- Si bien es un concepto relativamente nuevo, Hunter, (1971) expresa que es una característica genética, inherente a la planta; cuya expresión es reflejada en la semilla, independientemente del entorno de la planta madre.

figura 1. Modelo para explicar la germinación y emergencia en maíz.
(Blacklow, 1973)



Copeland (1976) define el vigor como la condición de actividad biológica que permite una germinación uniforme, rápida emergencia y establecimiento de la plántula, puesta bajo condiciones de campo; que son algunas veces poco favorables o totalmente adversas. Edje y Burris (1971) al evaluar la producción de semillas de soya, observaron que los decrementos por factores extraños, (incidencia de patógenos o almacenamiento) logran deteriorar el vigor.

En el congreso de la ISTA (Asociación Internacional de Pruebas en Semillas) en 1977, Perry (1981) definió el vigor como "... la sumatoria total de propiedades de la semilla, la cual determina la actividad y rendimiento en lotes de semilla, durante la germinación y emergencia".

Adoptada esta definición por la asociación de pruebas, se puso en evidencia la relación que guarda con los aspectos de:

- 1.- los procesos bioquímicos, reacción enzimática y la actividad respiratoria;
- 2.- la tasa de uniformidad para la germinación y establecimiento;
- 3.- la tasa de uniformidad para la emergencia, producción y rendimiento;
- 4.- la habilidad para la emergencia de semillas, bajo condiciones ambientales desfavorables.

Para Villaseñor (1984) el vigor se entiende como "... 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".

Factores que determinan el vigor .- Osorio (1987) menciona algunos de los factores que afectan al vigor, entre ellas se encuentran: la constitución genética; tamaño, peso y gravedad específica de la semilla; integridad física; deterioro, y envejecimiento e infección por patógenos. El vigor es determinado tanto por factores endógenos, como por factores exógenos. Sobre los primeros Ching (1973) indica que la germinación y el desarrollo, son el resultado del aumento en la actividad de síntesis de proteínas, enzimas y ATP. El mismo Ching (1982) señala que el adenosin trifosfato (ATP) tiene una función energética en las semillas; por lo que existe influencia directa del ATP con el tamaño de la semilla el establecimiento y estado del material.

En cuanto a la acción exógena, Copeland (1976) menciona que las componentes del vigor pueden ser determinadas por el desarrollo morfológico normal de la planta, el rendimiento del cultivo y el almacenamiento.

La contribución de la acción exógena puede estar definida por la fertilidad del suelo, daños mecánicos, densidad de población, edad de la semilla, deterioro y presencia de microorganismos (ISTA, citado por Perry, 1981a). La participación de las condiciones ambientales, indican la calidad y vigor en un lote de multiplicación de semillas; así, la temperatura disminuye la actividad metabólica en el cultivo y por consecuencia la semilla en formación (Dalianis, 1982).

Acción genética en la determinación del vigor .- La participación genética en la mejora de las plantas es un hecho indiscutible. La ciencia de

la producción de semillas ha estado, estrechamente relacionada con el fitomejoramiento, por lo que resulta evidente que la calidad fisiológica en lotes de semillas está regida por las leyes de la genética.

Townsend (citado por Villaseñor, 1984) al realizar cruzamientos en una leguminosa de cierta importancia (Astragalus cicer) encontró variaciones por la diversidad genética de los progenitores.

Gupta y Basak (1983) al realizar cruza dialélicas en lino (Linum uai tarissimum) y evaluar velocidad y porcentaje de germinación, largo de raíz e hipocótilo y llevar a peso seco; concluyeron que algunos caracteres fueron controlados por genes dominantes; y que la germinación de la semilla y el vigor son caracteres poligénicos.

Según Villaseñor (1984), al estudiar los factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz, concluye que existe relación positiva entre el tamaño de la semilla y el vigor, en los mismos genotipos, y que la condición del progenitor femenino contribuye en la expresión del vigor; por lo que argumenta que el vigor es un carácter altamente heredable.

En consecuencia con las aseveraciones anteriores, Martínez (1987) mediante la prueba de envejecimiento acelerado, demostró que los híbridos conservan mayor vigor que las líneas, observado en la capacidad de resistencia al deterioro controlado.

Copeland (1976) establece que los estados críticos para el establecimiento de plántulas depende en buena medida de la disponibilidad de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, además de los almacenados en la semilla, por lo que incluso su estado de madurez fisiológica, en la planta,

es necesaria para la máxima expresión del vigor.

La germinación es una prueba que no define adecuadamente el valor de establecimiento del cultivo, en lotes semilleros, especialmente en cereales (Carver, 1980).

Por otro lado se dice que la evaluación del porcentaje de germinación no es una prueba de vigor totalmente confiable (Basante, 1984).

En la figura 2, Isely (citado por Copeland, 1976) esquematiza la relación entre capacidad de emergencia y niveles de vigor.

2.5.4 Pruebas para la evaluación del vigor.

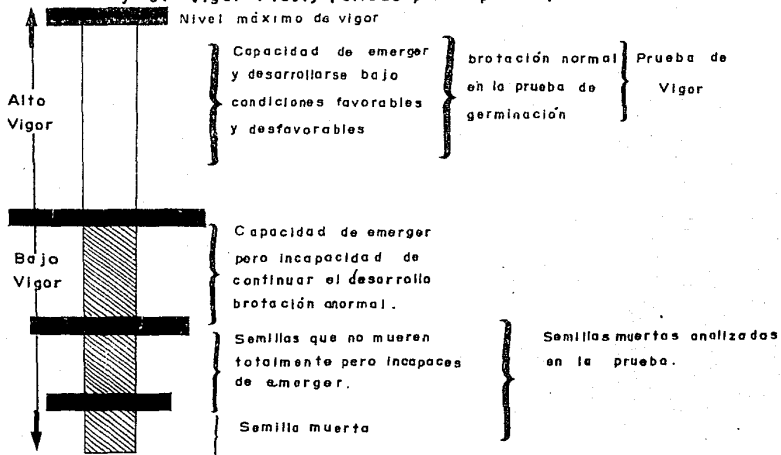
Isely (citado por Ramirez, 1989) dividió las pruebas para evaluar el vigor en: a) directas, bajo condiciones y ambientes desfavorables; b) pruebas fisiológicas, en forma indirecta.

Paralelamente McDonald (1975) divide las pruebas en: i) pruebas físicas o aparentes que consideran el peso, tamaño y densidad de la semilla; ii) pruebas fisiológicas, iii) pruebas bioquímicas relacionadas con el metabolismo celular.

Se busca que las pruebas de evaluación del vigor sean expeditas y de fácil realización. Para su determinación pueden considerarse; la tasa de establecimiento en plántula, velocidad de germinación, capacidad de emerger a través de un costra de suelo, germinación y emergencia en suelos fríos o infestados de patógenos, rendimiento y almacenamiento en condiciones adversas.

Para Houlberg y Madsen (1985) en base a sus investigaciones concluyeron que; la predicción del vigor en semillas puede realizarse mediante pruebas bioquímicas en las cuales la tasa de DNA, RNA y proteínas son sinte-

figura 2. Representación esquemática de la relación entre la germinación y el vigor (Isely, citado por Copeland, 1976)



tizadas significativamente durante la germinación.

Perry (1981), como participante de la ISTA, resume las pruebas para la evaluación del vigor, en un Manual de Métodos para Pruebas de Vigor describiéndolas de la siguiente manera.

Pruebas directas.

1.- Prueba de frío: propuesta originalmente para maíz, en la que se considera la temperatura como un factor determinante en la infección por patógenos (Isely citado por Copeland, 1976).

2.- Prueba de Hiltner: Consiste en la inducción a la infección del material con algún patógeno (Fusarium spp.) y observar los efectos en la germinación y el desarrollo de sus estructuras.

3.- Prueba de crecimiento de la plántula. En donde se mide el crecimiento de la plántula en plúmula y radícula; propuesta originalmente por Germ y modificada posteriormente por Woodstock (citados por Perry, 1981). Es importante relacionar la evaluación en campo, laboratorio y en condiciones de invernadero.

4.- Prueba de velocidad de germinación. Utilizando la expresión matemática propuesta por Copeland (1976) :

$$\text{Vigor} = \frac{\text{número de plántulas al primer conteo}}{\text{días al primer conteo}} + \dots + \frac{\text{número de plántulas al último conteo}}{\text{días al conteo final}}$$

El medir la velocidad o índice de vigor de las plántulas es una metodo-

logía utilizada ampliamente en semillas forestales, pastos, especies hortícolas, trigos.

5.- Prueba de acumulación total de materia producida en el cogollo de la planta; propuesta por Hunter (1971). Parte del principio de que es el cogollo una zona de máxima acumulación de nutrientes, las diferencias en peso son prueba del vigor.

6.- Prueba de deterioro o envejecimiento acelerado. Delouche en 1965 fue el primero en desarrollar esta técnica, para indicar el vigor en semillas. Consiste en someter el material, simulando las condiciones de almacenaje; humedad relativa alta y alta temperatura. La expresión del vigor se manifestará en la eficiencia para emerger en una prueba de germinación (Villaseñor, 1984).

Copeland, (1976) probó con material, sometido a 40 ° o 45 ° C. y al 100% de humedad relativa, por un espacio de tiempo de 2 a 8 días.

Recientemente se ha investigado más de cerca la efectividad de la prueba de envejecimiento acelerado; Matthews y Perry (1980), Moreno (1984) Rodríguez (1987); Martínez (1987) entre otros.

7.- Prueba del ladrillo molido. Consiste en colocar una capa de ladrillo molido, material inerte y pesado; y la vigorosidad se expresará en la capacidad para emerger (Hunter, 1971).

Pruebas indirectas.

1) Prueba de tetrazolium. Como principio utiliza la reacción química de

oxidación - reducción (respiración) en los tejidos vivos. La tinción determina la viabilidad (Hunter, 1971). Requiere de un revelador o reactivo que pone en evidencia tal reacción. La reducción del tetrazolium, forma un compuesto rojizo llamado formazan (Moreno, 1984).

2) Prueba de la tasa de respiración, propuesta originalmente por Woodstock (citado por Copeland, 1976), consiste en medir la tasa de respiración, en base a la liberación de bióxido de carbono al momento de la imbibición.

3) Prueba del ácido glutámico descarboxilasa (GADA). Fue planteada por Gabre en 1964 como una prueba de vigor rutinaria, en donde el dióxido de carbono es el producto de la formación de enzimas durante un tiempo de terminado (Copeland, 1976).

4) Prueba de niveles de ATP. El adenosín trifosfato es una molécula vital, presente en la semilla. Esta forma de energía (ATP) es expresada eficientemente en la tasa de germinación (Copeland, 1976; May, 1982).

5) Prueba de conductividad eléctrica. Esta metodología fue propuesta por Matthews y Whitbread (citados por Parry, 1981), y consiste colocar a las semillas en agua destilada y en asociar la cantidad de solutos con la habilidad de emerger.

Hunter (1971) indica que el aumento en la permeabilidad de las semillas es un indicio de reducción del vigor, por lo que la propone para su evaluación.

Virgen (1983) en su trabajo propuso una metodología para la clasificación visual del vigor, empleada en trabajos posteriores, con bastante eficiencia y buenos resultados. La escala de evaluación es :

- 0 - sin germinar;
- 1 - bajo vigor de plántula;
- 2 - regular vigor de plántula;
- 3 - buen vigor de plántula;
- 4 - alto vigor de plántula

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Ubicación del Experimento

La presente investigación se condujo durante el año 1988 en terrenos e instalaciones del Colegio de Postgraduados, en Montecillos, México; localizado geográficamente a los 19 ° 31' latitud norte y 98 ° 53' longitud oeste, a una altura de 2250 m.s.n.m. (Serv. Met. Nal., 1984). En la localidad prevalece un clima, C (w e) (w) b (i') G; el más seco de los subhúmedos, con una temperatura media anual de 15 ° C; el mes más frío Enero, y Mayo el más cálido; con un régimen de lluvia en verano, la media anual es de 644.8 mm; Febrero el mes más seco y Julio el más lluvioso; lo anterior en base al criterio de clasificación de Köppen, adaptado a las condiciones que prevalecen en México, por García (1981).

El trabajo fue dividido en dos etapas: 1) obtención de líneas y cruza - mientos en maíz, para generar el material del experimento, y 2) pruebas físicas y fisiológicas de calidad de semilla, ejecutadas en el laboratorio e invernadero de la Sección de Producción de Semillas del Centro de Genética.

3.2 Material Genético

Para lograr el material experimental, se partió de un grupo de 37 líneas S : y de una cruza simple, los cuales fueron sembrados el 21 de Abril de 1988, en surcos de 9 m de largo, separados a 80 cm, y 25 cm de distancia entre plantas.

De las 37 líneas obtenidas de la generación F_2 , de una cruce doble entre líneas de El Bajío y de Valles Altos, se derivaron 78 líneas S_2 . Estas 78 líneas se cruzaron con una a tres plantas de un probador común, utilizado como progenitor femenino; siendo este una cruce simple, entre líneas de tipo chalqueño, producto del programa de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados; resultando finalmente 120 híbridos trilineales.

Líneas y probador común se identificaron en planta y mazorca de acuerdo con las normas y métodos para la descripción de caracteres varietales, establecidos por el CIAT (1983), y que aparecen en el Cuadro 1.

Una vez llegada la madurez fisiológica, el material se cosechó y fue secado naturalmente. Una vez desgranado, se evaluó la calidad física y fisiológica de la semilla.

3.3 Pruebas de Calidad

3.3.1 Calidad Física.

Se clasificó por tamaño (grandes y chicas) y forma (dólas y planos) a las semillas de cada tratamiento. En la separación de la semilla por su forma, se utilizaron las cribas, oblongas y redondas, para la selección de maíz, por lo que el orden de colocación fue importante, quedando de la siguiente manera:

TIPO DE CRIBA	MEDIDA (mm)	SEPARA A
oblonga	5.75	bola grande
redonda	8.00	plano grande
oblonga	5.50	bola mediana
redonda	7.00	plano medio
oblonga	4.50	bola chica
resto	---	plano chico

El cribado se realizó manualmente, para después obtener la proporción en peso de los distintos tamaños y formas.

3.3.2 Calidad Fisiológica.

Para preparar la prueba fisiológica, se extrajeron 50 semillas (25 por repetición), escogiendo preferentemente semilla de plano medio; equilibrando su peso para cada repetición.

Para evaluar la calidad fisiológica de semilla en las líneas C_2 y en los híbridos trilineales, se consideraron las siguientes características: la velocidad o índice de vigor; porcentaje de germinación; altura de la plántula; peso seco de plémula, de radícula y total; en un tiempo máximo de 12 días después de la siembra.

En la prueba de vigor se utilizaron dos bastidores; de 4.9 x 1.40 m y

Cuadro 1. Uso de descriptores para la tipificación en planta y mazorca, propuestos por el CIAT. 1983.

I) En planta :	
color de los estigmas	1 = amarillo 2 = rosado 3 = rojo 4 = morado
color de la nervadura central	1 = amarillo 2 = verde 3 = morado
color de la hoja	1 = verde suave 2 = verde normal 3 = verde oscuro 4 = verde muy oscuro
vellosidad en la vaina	0 = glabra 1 = ligera 2 = mediana 3 = espesa
ángulo de ramas secundarias	1 = abierto 2 = semiabierto 3 = compacto
II) En mazorca :	
forma predominante de la mazorca	1 = cilíndrica 2 = ligeramente cónica 3 = muy cónica 4 = fuera de tipo
arreglo predominante de hileras	1 = rectas 2 = ligeramente curvas 3 = espiral 4 = sin orden

de 2.5 x 1.0 m; utilizando como sustrato arena. Los surcos se trazaron a una distancia de 15 cm, y la semilla fue sembrada a 3.5 cm, equidistantes, con el ápice hacia abajo, y cubiertas con un centímetro de arena. La distribución de los tratamientos se hizo de acuerdo al diseño de bloques al azar con dos repeticiones, en los tres experimentos utilizados. Encima de los bastidores, se colocó una estructura con cubierta plástica (túnel). Los cuidados consistieron en aplicar riegos durante los 12 días que duró la prueba.

3.4 Medición de la Calidad Fisiológica

3.4.1 Velocidad de Germinación.

El índice o velocidad de germinación se calculó mediante la fórmula propuesta por Copeland (1976), en la que se señala que:

$$V.G. = \frac{x_1}{1} + \dots + \frac{x_{i-1}}{n-1} + \frac{x_i}{n}$$

en donde:

x_i = número de plántulas emergidas por día;

n = número de días después de la siembra;

Con respecto al porcentaje de germinación, se consideraron los 25 even-

tos (semillas), como el 100%.

3.4.2 Longitud y peso de plántula.

Al doceavo día de la siembra y observar que no había más emergencia de plántulas, se procedió a la extracción del material. Consistió en extraer las plántulas por surco, eliminar la arena en la raíz mediante el lavado. Se midió la longitud en centímetros de cada plántula y después se seccionó la plúmula de la radícula, para colocarlos por separado en sobres, para su secado. En el secado se utilizó una estufa de temperatura controlada, calibrada a 60 ° C., durante tres días, para llevar el material a peso constante.

3.5 Análisis Estadístico

Las características de calidad física se manejaron solo con promedios, y se usó un análisis estadístico para las variables de calidad fisiológica; haciendo la comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Tuckey (0.05).

El valor heterótico de cada híbrido, fue calculado con respecto al comportamiento del progenitor masculino, utilizando la siguiente fórmula:

$$V.H. = \left(\frac{V.C.}{V.L.} \right) (100)$$

en donde:

V.H. = valor heterótico por variable;

V.C. = valor obtenido en la cruce;

V.L. = valor obtenido en la línea S₂.

IV. RESULTADOS.

4.1 Descripción morfológica de los progenitores.

4.1.1 Caracteres de planta en las líneas.

Como producto de la observación durante su ciclo vegetativo, las líneas empleadas como progenitores masculinos, mostraron homogeneidad en algunos descriptores morfológicos; así el color de los estigmas, fue amarillo al igual que la coloración de la nervadura central; y las hojas, verde normal.

En promedio el número total de hojas y el de hojas arriba de la mazorca se colocan en el orden de 12 y 4 respectivamente, con muy poca variación.

Los descriptores, altura de planta, altura al nudo de la mazorca superior, vellosoidad en la vaina, número de ramificaciones secundarias en la panoja o espiga y el ángulo de abertura en las espigas secundarias, tuvieron mayor variación entre sí (Cuadro 2).

4.1.2 Caracteres de planta en el progenitor femenino.

El progenitor hembra se caracterizó por un buen desarrollo vegetativo y por ser muy homogéneo; alcanzó una altura promedio de 3.00 m, color verde oscuro en las hojas, gran desarrollo foliar y prominente pubescencia en las vainas.

Cuadro 2. Descripción morfológica de líneas SI y de la cruz simple utilizadas en el estudio.

Línea	color del estigma	altura de planta (cm)	altura al nudo de la mazorca (m)	hojas totales	hojas sobre la mazorca	color de la nervadura	color de las hojas	velocidad en la vaina	número de ramitas secundarias	ángulo de ramitas secundarias (°)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
162	1	2.70	1.85	12	4	2	3	3	18	1
176	1	2.90	1.65	12	3	2	2	2	25	1
178	4	3.15	2.15	12	5	2	2	1	13	1
180	1	2.65	1.40	12	5	2	2	1	12	2
186	1	2.60	1.45	12	4	2	2	2	10	2
187	1	3.05	1.55	12	5	2	2	1	15	1
201	1	2.35	1.45	10	3	1	2	1	6	2
203	4	2.40	1.50	10	3	2	2	1	9	2
212	1	2.30	1.25	10	4	3	2	2	27	2
213	1	2.10	1.27	12	5	2	2	1	37	1
215	4	2.50	1.55	12	4	2	3	1	25	2
216	1	2.55	1.40	12	5	2	3	1	14	1
221	1	2.45	1.35	12	5	3	2	1	21	1
222	1	2.60	1.45	9	3	2	3	2	12	1
224	1	2.65	1.50	11	5	2	1	1	13	2
225	1	2.56	1.51	10	4	2	1	1	14	1
227	1	2.40	1.15	12	5	2	2	0	11	1
230	1	2.15	1.25	12	5	2	1	2	24	1
237	2	2.65	1.49	9	3	2	3	2	13	1
238	1	2.22	1.40	12	4	2	3	1	11	1
248	2	2.05	1.20	11	3	2	2	2	8	3
250	1	2.40	1.35	11	4	2	1	0	14	1
256	1	2.60	1.30	11	4	2	2	1	15	2
257	3	2.38	1.47	12	3	2	2	1	31	1
259	4	2.75	1.43	12	4	2	3	0	9	2
260	1	2.30	1.40	11	3	2	2	1	27	1
262	2	5.00	1.50	10	3	2	2	0	24	1
263	1	2.10	1.15	11	5	2	2	0	28	2
265	1	2.15	1.09	11	4	2	2	0	9	2
266	1	2.50	1.33	13	5	2	2	1	28	2
271	1	2.05	1.10	11	4	2	3	0	16	21
272	1	1.97	1.40	10	4	2	3	0	27	1
273	1	2.70	1.37	11	4	2	3	1	13	1
275	1	2.25	1.45	11	3	1	3	0	13	1
276	4	2.65	1.50	10	5	2	3	2	17	2
277	1	2.40	1.35	10	4	2	2	1	23	1
282	1	2.15	1.20	10	3	2	2	0	29	2
Cruza simple	1	3.00	1.83	13	5	2	3	2	12	2

4.1.3 Tipificación de mazorca y semillas de líneas S₂.

Las 37 líneas S₁ al ser autofecundadas dieron lugar a 78 líneas S₂ cuyas características en mazorca y semilla son las siguientes:

Caracterización de mazorca. En el Cuadro 2 se muestra la caracterización por grupos de líneas S₂, en relación a las posibles variaciones físicas en la conformación de la mazorca, en donde se distinguen tamaños de mazorca pequeños, en comparación con los obtenidos por sus híbridos respectivos.

La tendencia es hacia la forma cilíndrica en la mazorca. Las variaciones en arreglo y número total de hileras, se deben a que fueron afectados considerablemente por la polinización controlada; por lo que no se considera un descriptor, en esta prueba, muy confiable.

Proporción en peso de semillas por su forma. La proporción en peso de semillas por su forma, en las líneas S₂, se distribuyó de acuerdo al siguiente orden: plano medio, plano grande y mediano, bola grande, bola media y chica (Cuadro 2); es decir que una mazorca tipo, contiene mayor proporción de semillas plano medio. En la muestra de semillas (25), contadas y pesadas para la prueba de vigor en almácigo, resalta la variación en densidad, en base a que el aumento en peso no es proporcional al número de semillas.

4.1.4 Tipificación de mazorca y semillas de los híbridos.

Como producto de la hibridación entre las líneas (S₂) y la cruzada sim-

simple como probador común, el resultado fueron 120 cruza cuya caracterización de mazorca y semilla es la siguiente:

Caracterización en mazorca . Al realizar un examen en la descripción del material en mazorca, se aprecia que existen variaciones en los valores de cada grupo de líneas con respecto al juego de híbridos formados; así, en algunos casos aumenta ligeramente la longitud de la mazorca fundamentalmente, en tanto que otros descriptores permanecen constantes (Cuadro 4)

Caracterización de semillas por su forma . Los grupos de cruza sobresalientes por su forma en relación al peso, son: 208x176-n; 208x262-n; 208x275-n; 208x186-n, entre otras.

Las cribas de selección separaron mayor proporción de semillas plano medio, y al comparar su peso se observa un aumento en promedio de 1.5 g - en las cruza, en relación a la línea S₂ correspondiente.

4.2 Pruebas de Calidad Fisiológicas de Semilla

4.2.1 Evaluación de líneas autofecundadas.

Análisis de varianza . En el Cuadro 6 se presentan los resultados del análisis de varianza para los tratamientos de las líneas evaluadas. Se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$) en relación a los tratamientos, de todas las variables bajo estudio. Los coeficientes de variación más altos fueron para el peso seco de la plántula, peso seco de la radícula, peso seco total y altura de plántula.

Cuadro 3. Caracterización de los grupos de líneas S2, mediante el uso de descriptores en mazorca y clasificación por forma de semilla.

línea	longitud de la mazorca (cm)	forma de la mazorca (x)	hilera de los totales de hilera de la mazorca (cm)	diámetro de las hilera (cm)	arreglo de las hilera (x)	P L	R N	O S	B O L A S	peso mazorca (25 sem.) (gr)				
						grande (gr)	medio (gr)	chico (gr)	grande medio (gr)	chico (gr)				
162	n	12.98	2	15	4.35	2	4.67	39.16	16.90	7.04	5.66	13.18	6.00	
176	n	15.30	2	16	4.50	4	10.09	23.79	2.39	14.92	8.01	6.61	5.40	
178	n	11.40	3	17	4.90	2	6.37	39.47	4.35	15.31	6.88	7.80	6.10	
180	n	13.36	2	16	4.86	3	14.56	37.20	0.67	15.19	5.91	6.67	5.76	
185	n	11.95	2	16	4.10	2	---	7.02	30.34	1.53	2.08	14.16	4.95	
187	n	13.40	1	14	4.00	3	8.17	62.07	4.27	3.57	4.47	12.14	6.00	
201	n	13.00	1	11	3.80	1	6.08	35.01	---	8.78	5.85	4.03	5.70	
203	n	13.66	2	13	4.14	3	8.38	9.82	0.50	29.87	4.00	4.26	7.00	
212	n	14.60	2	15	4.00	1	---	13.10	20.69	3.43	5.14	24.20	4.30	
213	n	11.95	1	17	4.10	1	7.82	15.97	2.11	15.59	7.60	3.21	5.65	
215	n	14.50	1	16	4.25	1	---	10.78	3.41	6.31	8.01	14.39	5.30	
216	n	13.17	2	13	4.00	3	8.87	7.73	0.76	32.54	5.30	2.56	6.70	
221	n	11.80	1	16	4.10	1	1.46	13.01	23.48	---	1.55	15.08	4.20	
222	n	12.30	4	15	3.20	2	---	11.92	5.01	8.41	7.40	13.03	5.50	
224	n	13.30	3	12	4.50	1	9.42	9.86	---	29.77	7.16	2.21	6.20	
225	n	13.50	1	13	3.60	2	4.93	11.99	---	20.02	7.92	7.07	5.60	
227	n	13.30	2	17	4.10	2	---	---	40.24	---	---	11.11	3.40	
230	n	9.30	1	14	3.60	2	---	---	11.29	15.99	---	2.15	14.06	3.30
237	n	13.62	1	15	4.15	2	6.61	17.80	1.40	18.31	0.95	5.81	5.72	
238	n	4.20	1	14	4.10	1	22.56	13.20	---	23.19	4.54	---	6.10	
248	n	14.40	1	14	4.05	1	1.27	18.22	2.64	10.56	7.99	10.55	5.00	
250	n	12.42	2	15	4.07	3	1.11	11.70	4.74	8.26	6.36	17.73	4.30	
256	n	13.30	1	15	4.40	2	16.11	23.91	0.63	14.78	8.25	---	5.70	
257	n	13.50	3	17	4.45	1	6.84	24.55	16.44	9.63	5.17	17.33	5.00	
259	n	14.10	2	16	4.33	2	14.17	29.10	1.74	18.68	8.96	4.83	5.60	
260	n	11.90	2	19	4.75	1	6.97	17.16	1.84	25.06	10.29	6.85	5.80	
262	n	15.20	1	16	3.50	3	---	---	12.82	5.83	---	12.59	13.07	4.60
263	n	12.30	1	18	4.60	1	8.24	9.64	---	30.09	4.81	1.20	6.60	
265	n	12.00	1	14	3.80	4	---	---	5.46	1.25	17.41	7.56	5.86	5.40
266	n	10.90	1	12	3.60	1	22.67	25.79	2.32	3.84	1.83	3.52	4.80	
271	n	14.10	1	14	4.10	3	5.70	36.19	2.10	10.66	8.14	5.91	5.73	
272	n	13.03	2	15	3.65	4	---	---	5.35	3.40	6.11	12.03	14.89	4.70
273	n	13.20	1	18	3.60	4	---	---	---	31.12	---	---	17.89	3.40
275	n	9.56	1	13	4.80	2	0.59	6.98	1.91	16.70	8.53	9.65	5.83	
276	n	11.40	1	13	4.23	2	12.30	5.35	---	2.86	34.43	---	7.20	
277	n	12.10	1	17	3.90	2	---	---	7.40	2.15	4.56	4.17	25.82	4.66
282	n	11.70	2	17	4.56	2	5.51	15.32	9.04	8.20	4.82	11.27	5.23	

n = número variable de autofundaciones realizadas.
(x) = CIRT, 1983.

Cuadro 4. Caracterización de los grupos de híbridos formados, mediante el uso de descriptores en azochara y clasificación por forma de semilla.

cruza	longitud de la mazorca (cm)	forma de la mazorca (#)	hilera de la total (#)	dímetro de la mazorca (ca)	arreglo de las hilera (#)	P grande (gr)	L medio (gr)	A chico (gr)	H chico (gr)	O grande (gr)	S grande (gr)	B medio (gr)	Q chico (gr)	L chico (gr)	A chico (gr)	S chico (gr)	peso/ muestra (25 sem.) (gr)
208x162-n	12.43	1	17	4.53	2	14.48	28.92	0.63	24.10	6.09	9.02	6.29					
208x176-n	12.00	3	17	4.23	2	40.56	14.26	2.90	27.56	5.16	12.00	7.20					
208x170-n	11.70	2	17	4.80	2	12.60	7.00	----	32.30	6.80	1.20	6.40					
208x180-n	11.40	2	12	4.43	2	5.53	2.81	1.56	27.66	1.48	6.80	7.10					
208x186-n	11.50	2	12	4.46	3	13.43	3.19	----	24.57	2.24	8.94	7.82					
208x187-n	15.80	2	18	5.60	2	10.54	44.90	----	12.88	6.95	36.61	5.70					
208x201-n	14.10	2	17	5.10	2	11.80	54.75	0.80	26.75	8.50	19.65	6.40					
208x203-n	12.87	2	16	4.57	3	28.92	43.67	0.22	26.52	5.80	4.37	6.52					
208x212-n	13.80	2	19	4.88	1	15.22	25.00	4.84	31.40	5.52	17.33	6.70					
208x213-n	15.00	1	19	5.43	3	28.26	34.23	4.76	29.10	9.80	19.36	6.36					
208x215-n	12.90	2	18	4.61	2	15.97	16.22	12.44	29.90	5.34	8.28	6.32					
208x216-n	13.35	2	17	4.80	1	25.40	33.20	0.65	18.20	8.60	7.15	6.60					
208x221-n	13.76	2	17	4.63	2	16.60	23.86	6.70	22.43	8.40	10.20	6.28					
208x222-n	11.90	1	16	4.06	1	34.38	11.43	2.85	23.94	1.09	18.05	6.70					
208x224-n	8.70	2	15	4.40	1	2.50	18.28	----	4.22	----	16.54	5.60					
208x225-n	11.85	1	12	4.35	4	9.79	0.93	----	44.73	----	8.50	6.50					
208x227-n	14.32	1	16	4.56	2	27.32	13.46	8.62	33.44	5.24	5.55	6.54					
208x230-n	11.16	1	18	4.66	1	11.66	23.53	2.43	17.43	5.13	13.30	5.73					
208x237-n	10.76	2	15	4.05	3	5.96	22.26	----	30.38	3.96	5.53	7.00					
208x238-n	12.90	1	16	3.50	4	----	----	----	31.27	----	9.30	6.40					
208x248-n	14.67	2	17	4.62	2	22.95	18.65	0.25	36.49	10.10	6.13	6.40					
208x250-n	14.26	2	17	4.76	2	7.69	25.40	2.31	15.10	5.72	27.82	5.81					
208x256-n	12.05	1	19	5.15	1	13.43	28.93	----	32.75	8.20	6.39	7.10					
208x257-n	12.70	2	14	4.50	1	14.30	16.60	----	30.65	5.60	2.45	7.40					
208x259-n	13.56	2	15	4.60	2	12.10	14.20	9.76	18.93	22.26	8.96	5.90					
208x260-n	12.60	1	19	4.30	2	----	16.00	10.40	4.10	3.70	38.30	4.00					
208x262-n	15.40	1	16	5.10	2	46.55	11.20	----	41.10	12.95	3.20	6.40					
208x263-n	15.30	1	18	4.20	2	18.75	46.05	20.20	12.45	6.65	9.30	5.76					
208x265-n	13.70	1	12	4.20	4	3.50	54.70	43.30	34.30	2.10	7.00	8.70					
208x266-n	10.83	1	17	4.30	2	24.23	23.86	0.76	2.33	18.70	5.63	5.53					
208x271-n	14.45	1	17	4.85	1	28.65	31.35	----	17.85	4.40	9.35	6.50					
208x272-n	13.13	2	17	4.32	2	4.79	39.72	20.74	23.60	4.46	13.10	5.90					
208x273-n	12.55	1	17	4.85	1	13.86	42.28	11.41	8.68	6.14	21.89	5.70					
208x275-n	15.23	2	18	4.86	3	44.13	14.70	2.90	32.16	10.33	9.48	6.50					
208x276-n	14.35	2	17	4.55	3	36.35	11.06	1.18	18.75	8.75	16.68	5.50					
208x277-n	14.90	1	17	4.50	3	10.38	17.89	----	46.71	6.90	4.70	5.50					
208x282-n	16.37	2	17	4.85	3	15.20	33.50	----	31.37	13.35	11.62	6.40					

- n = número de cruza respectiva.
(*) = CIAT, 1983.

Los coeficientes de variación son aceptables, pues varían de 4.16 a 17.3%, haciendo confiables los resultados.

Comparación de medias. Para efectos del presente trabajo y por la magnitud del mismo, la prueba de comparación de medias (Tuckey al 0.05) se dividió en dos secciones; 1) grupos de líneas sobresalientes y 11) grupos de líneas de comportamiento inferior, para cada variable (Cuadros 7 y 8)

Relación entre los caracteres morfológicos y fisiológicos, para las líneas. La variable porcentaje de germinación no muestra variación importante en el grupo de líneas sobresalientes, pues va del 94 al 100% ; sin embargo, en el grupo inferior la variación va de 52 a 100%.

En la sola inspección de los datos se observa que la germinación está relacionada estrechamente con el peso seco de la radícula, el cual a su vez obtuvo mayores valores con respecto al peso seco de la plúmula. También se aprecia que las líneas de mayor peso seco de plúmula, corresponden a las encontradas en las de mayor altura promedio de plántula, y que a un mayor índice de vigor, aumenta el peso seco total.

4.2.2 Evaluación de los híbridos.

Análisis de varianza. Los 120 híbridos para su evaluación y análisis estadístico, fueron divididos en dos experimentos.

En los cuadros de análisis de varianza (Cuadros 11 y 15), tanto en el Experimento I como en el Experimento II, las diferencias estadísticas entre tratamientos son significativas, debidas también al efecto de tra-

Cuadro 5. Promedios del porcentaje de germinación, índice de vigor peso seco de plúmula y radícula, peso seco total, y altura de plántula de 78 líneas S2.

Línea ②	Porcentaje de germinación (\$)	Índice de vigor	Peso seco de la plúmula (gr.)	Peso seco de la radícula (gr.)	Peso total (gr.)	Altura de la plántula (cm.)
162-1	100.00	4.00	1.03	1.83	2.86	7.82
162-2	94.00	3.62	.71	.86	1.58	6.80
162-4	98.00	3.71	.78	1.07	1.85	7.07
162-5	98.00	4.01	.79	1.20	2.11	7.13
162-7	94.00	3.60	.67	1.04	1.72	7.01
162-8	100.00	3.90	.84	1.20	2.04	6.11
176-1	96.00	3.92	.97	1.31	2.28	7.61
178-1	98.00	4.01	.81	1.11	1.92	7.39
180-1	92.00	3.76	.65	1.23	2.08	7.90
180-2	100.00	4.10	.98	1.06	2.04	8.08
180-3	98.00	4.01	.98	1.36	2.34	7.96
186-1	98.00	3.83	.84	.94	1.78	6.93
186-2	98.00	3.95	.90	1.12	2.10	9.13
187-1	100.00	4.16	1.32	1.28	2.60	10.28
201-1	96.00	3.91	.96	1.07	2.03	6.86
203-1	88.00	3.47	.65	1.07	1.72	7.62
203-2	92.00	3.52	.60	.75	1.35	6.93
203-3	92.00	3.60	.64	1.08	1.92	8.96
203-4	98.00	4.00	.95	1.10	2.05	8.33
203-5	96.00	3.83	.69	.70	1.39	7.68
212-1	98.00	3.83	.76	.83	1.59	7.99
212-2	98.00	4.00	.85	1.14	2.00	8.62
212-3	92.00	3.13	.67	1.14	1.81	4.80
213-1	96.00	3.90	.79	1.04	1.84	7.47
213-2	62.00	2.34	.41	.61	1.02	8.13
215-1	96.00	4.44	.79	.95	1.74	6.26
216-1	98.00	3.94	.84	1.12	1.96	6.78
216-2	100.00	4.06	1.30	1.62	2.93	7.19
216-3	98.00	4.00	1.02	1.47	2.49	8.85
216-4	100.00	4.08	1.28	1.65	2.93	7.92
221-1	100.00	4.13	.88	1.15	2.03	7.67
222-1	99.00	3.93	.87	1.16	2.03	6.66
224-1	100.00	4.09	.88	1.22	2.10	7.91
225-1	94.00	3.77	.86	1.01	1.87	7.43
227-4	98.00	3.86	.59	.61	1.21	6.87
230-1	96.00	3.89	.77	.87	1.65	7.75
237-1	86.00	3.55	.80	.95	1.75	8.93
237-2	94.00	3.80	1.01	1.12	2.13	9.07
237-3	96.00	3.86	.82	.89	1.72	7.13
237-4	52.00	1.94	.37	.46	.83	6.57
238-1	96.00	3.81	1.15	1.51	2.66	8.23
238-2	96.00	3.79	.98	.96	1.94	7.34
248-1	100.00	4.13	.97	1.21	2.18	9.25
248-2	100.00	3.96	.77	1.12	1.89	7.83

Cuadro 5. Continuación

50

Línea o	Porcentaje de germinación (%)	Índice de vigor	Peso seco de la plúmula (gr.)	Peso seco de la radícula (gr.)	Peso seco total (gr.)	Altura de la plántula (cm.)
250-1	98.00	4.06	1.37	1.55	2.93	9.87
250-2	100.00	3.85	.80	.82	1.62	6.66
250-4	100.00	3.84	.53	.72	1.25	6.05
250-6	66.00	2.36	.37	.47	.84	5.91
256-1	96.00	3.83	.64	.99	1.63	7.13
257-1	98.00	4.01	.63	.85	1.49	7.42
257-2	100.00	4.16	1.66	1.33	2.99	11.31
257-3	100.00	4.16	1.45	1.32	2.77	10.6
257-4	98.00	4.07	1.21	1.38	2.59	10.14
259-1	96.00	3.21	1.01	1.19	2.2	6.47
259-2	100.00	4.16	1.15	1.19	2.3	9.02
259-3	94.00	3.60	1.04	1.26	2.31	7.46
260-1	100.00	4.16	1.15	1.33	2.48	9.19
262-1	98.00	4.01	.83	.81	1.64	8.05
263-1	100.00	3.79	.99	1.09	2.08	7.46
265-1	84.00	3.10	.43	.70	1.14	5.53
266-1	94.00	3.53	.75	.79	1.55	7.15
271-1	98.00	3.82	.69	.85	1.54	6.52
271-2	94.00	3.89	1.27	1.64	2.91	9.15
271-3	98.00	3.96	.87	.89	1.77	7.1
272-1	96.00	3.87	.86	.93	1.79	7.38
272-3	100.00	3.89	1.30	.85	2.15	7.82
272-4	98.00	3.62	.69	.95	1.64	6.36
273-1	88.00	3.43	.54	.53	1.07	7.01
275-2	100.00	3.61	.52	.84	1.37	5.9
275-3	92.00	3.13	.33	.71	1.04	5.43
275-4	72.00	2.28	.30	.50	.81	5.05
276-2	98.00	3.92	1.04	1.38	2.41	7.94
277-3	96.00	3.74	.62	.68	1.3	6.38
277-4	94.00	3.36	.65	.99	1.64	6.19
277-5	74.00	2.40	.28	.47	.75	4.85
281-1	84.00	3.06	.52	1.08	1.61	6.61
282-2	96.00	3.91	.77	1.22	1.99	7.54
282-3	76.00	2.92	.49	.63	1.12	5.77
Investigos:						
Mont. 88 (283-316)4	100.00	3.66	.75	.94	1.69	6.73
Mont. 87 late 2 (2)	84.00	3.47	.77	.69	1.46	8.76
Mont. 88 608-663)2 (575-607)	98.00	3.98	.99	1.39	2.38	8.11

Cuadro 6. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación en el análisis de varianza de las líneas autofecundadas; utilizadas como progenitor masculino (^o). Montecillos, Mex. 1988

Fuentes de variación	Grados de libertad	Porcentaje de germinación	Índice de vigor	Peso seco de plúmula	Peso seco de radícula	Peso seco total	Altura de la plántula
Bloques	1	0.61	0.14	0.083	0.009	0.14	4.83
Líneas	80	9.82***	0.44***	0.14***	0.16***	0.56***	3.25***
Error	80	1.05	0.05	0.02	0.03	0.06	0.96
Coefficiente de variación (%)		4.36	6.56	17.15	16.62	13.53	13.06

*** = altamente significativo (p < 0.0001)

Cuadro 7. Líneas sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica de semillas (Tuckey, 0.05) Montecillos, Méx., 1988.

Línea	Separación de medias	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
215 - 1 ⊗	a	1.15	1.28	2.30	6.26	4.44	96.00
257 - 3 ⊗	ab	1.45	1.32	2.77	10.60	4.15	100.00
250 - 1 ⊗	abc	1.37	1.55	2.93	9.87	4.08	98.00
187 - 1 ⊗	abcd	1.32	1.28	2.60	10.28	4.15	100.00
216 - 2 ⊗	abcde	1.30	1.62	2.93	7.19	4.06	100.00
272 - 3 ⊗	bcdef	1.30	0.85	2.15	7.82	3.89	100.00
216 - 4 ⊗	cdefg	1.28	1.65	2.99	7.92	4.08	100.00
271 - 2 ⊗	defghi	1.27	1.64	2.91	9.15	3.89	94.00
257 - 4 ⊗	efghi	1.21	1.39	2.60	10.14	4.07	98.00
260 - 1 ⊗	efghi	1.15	1.33	2.49	9.20	4.16	100.00
\bar{x}		0.84	1.04	1.88	7.50	3.71	92.00

\bar{x} = valor promedio para cada variable

Cuadro 8. Líneas con bajo comportamiento en la prueba de calidad fisiológica de semilla (Tuckey 0.05) Montecillos, Méx., 1998

Línea	Separación de medias	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
257 - 1	hijklm	.63	1.32	2.77	10.6	4.01	100.00
277 - 3	hijklm	.63	0.68	1.30	6.38	3.74	96.00
203 - 2	hijklm	.60	0.75	1.35	6.93	3.52	92.00
227 - 4	hijklm	.59	0.61	1.21	6.87	3.86	98.00
273 - 1	ijklm	.54	0.53	1.07	7.01	3.43	89.00
250 - 4	ijklm	.53	0.72	1.25	6.05	3.84	100.00
275 - 2	ijklm	.52	0.84	1.37	5.91	3.61	100.00
282 - 1	ijklm	.52	1.08	1.61	6.61	3.06	84.00
282 - 3	ijklm	.49	0.83	1.32	5.77	2.92	76.00
265 - 1	ijklm	.43	0.70	1.14	5.53	3.10	84.00
213 - 2	ijklm	.41	0.61	1.02	8.13	2.34	62.00
237 - 4	klm	.37	0.46	0.83	6.57	1.94	52.00
250 - 6	lm	.37	0.47	0.84	5.91	2.36	66.00
275 - 3	m	.33	0.71	1.04	5.43	3.13	92.00
275 - 4	n	.30	0.50	0.81	5.05	2.28	72.00
277 - 5	n	.28	0.47	0.75	4.85	2.40	74.00
\bar{x}		.84	1.04	1.88	7.5	3.71	92.00

\bar{x} = valor promedio para cada variable.

tamiento, excepto para el índice de vigor y el porcentaje de germinación en el experimento II.

Al observar los coeficientes de variación (X), se puede decir que son similares en ambos experimentos; correspondo los más altos al peso de la radícula (21.51X - 20.64X), peso seco de plúmula (19.78X - 16.09X) y peso seco total (19.18X - 15.62X); mientras los más bajos fueron para índice de vigor (6.31X - 5.60X), porcentaje de germinación (2.25 - 3.15X).

Comparación de medias. Fueron elaborados los cuadros de híbridos sobresalientes y no sobresalientes (Cuadros 12, 13, 16 y 17), considerando el peso seco como una variable importante en la prueba.

La variable porcentaje de germinación permaneció elevada y constante (al 100X) en la evaluación de híbridos; y mientras que el peso seco de la radícula persiste con un valor por encima del peso seco de la plúmula, como en la evaluación de líneas.

Si se comparan los promedios de cada variable (Cuadros 7, 12, 16) en las líneas y en los híbridos, se aprecia que estos se encuentran muy por encima del comportamiento medio de las líneas que en cada caso intervienen como progenitores.

Se distingue que las variables morfológicas, referentes al peso seco de plúmula y radícula, mostraron una buena relación con la variable índice de vigor y la altura de la plántula.

4.2.5 Valor heterótico para cada variable considerada.

Para determinar el valor heterótico en cada variable; las medias de ca-

Cuadro 9. Híbridos formados a partir de las líneas S2 como macho, y una cruzo simple como hembra, *Neotectillus*, Méx., 1988.

Línea	Híbrido	Línea	Híbrido	Línea	Híbrido
162	208-1x162-1	216	298-1x216-2	266	208-1x266-1
	208-2x162-1		208-1x216-3		208-1x266-2
	208-2x162-2	221	208-1x221-1	271	208-2x266-2
	208-1x162-2		208-1x221-2		208-1x271-1
	208-1x162-3	222	208-2x221-2	272	208-1x271-2
	208-2x162-3		208-1x222-1		208-1x272-1
	208-1x162-4		208-2x222-1		208-2x272-1
	208-2x162-4		208-3x222-1		208-3x272-1
	208-3x162-4	224	208-1x224-1	273	208-1x272-2
	208-1x162-7		208-1x225-1		208-2x272-2
208-2x162-7	225	208-1x225-2	275	208-1x272-4	
208-3x162-7		208-1x227-2		208-2x272-4	
208-1x162-8	227	208-1x227-3	276	208-2x272-4	
208-2x162-8		208-1x227-3		208-3x272-4	
176	208-2x162-8	230	208-2x227-3	277	208-1x273-1
	208-1x176-2		208-1x227-5		208-2x273-1
	208-2x176-2		208-1x230-1		208-1x275-1
178	208-1x176-3	237	208-2x230-1	278	208-1x275-2
208-1x178-1	208-3x230-1		208-1x276-2		
208-1x180-1	208-1x237-1		208-2x276-2		
180	208-1x180-2	238	208-1x237-5	279	208-1x277-5
	208-1x180-3		208-2x237-5		208-2x277-5
186	208-1x186-1	248	208-1x239-1	282	208-1x282-1
	208-1x186-2		208-1x248-1		208-1x282-2
	208-2x186-2		208-1x248-2		208-2x282-2
187	208-1x186-3	250	208-2x248-2	283	208-1x282-3
	208-2x186-3		208-3x248-2		
201	208-1x187-1	256	208-1x250-2	284	
203	208-1x201-1		208-1x250-3		
	208-2x201-1		208-1x250-4		
	208-1x203-2		208-2x250-4		
212	208-2x203-2	257	208-1x250-6	285	
	208-1x203-3		208-2x250-6		
	208-1x203-5		208-1x256-1		
	208-1x212-1		208-2x256-1		
	208-2x212-1		208-1x257-2		
213	208-1x212-2	259	208-1x257-2	286	
	208-2x212-2		208-2x257-2		
	208-3x212-2		208-1x259-1		
	208-1x213-1		208-1x259-2		
215	208-1x213-2	260	208-2x259-2	287	
	208-2x213-2		208-1x260-1		
	208-1x215-1		208-1x262-1		
	208-2x215-1	262	208-2x262-2		
	208-3x215-1		208-1x263-1		
	208-4x215-1		208-1x263-3		
215	208-1x215-2	265	208-1x265-1		
	208-2x215-2				
	208-3x215-2				

Cuadro 10 . Promedio del porcentaje de germinación, índice de vigor, peso seco de plántula, radícula, peso seco total y altura de plántula, en 60 híbridos formados, utilizando un probador común como Anabra; (Experimento 1).

Híbrido	Porcentaje de germinación (%)	Índice de vigor	Peso seco de la plántula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)
208-1x162-3	98.00	4.35	1.07	1.31	2.38	10.46
208-2x162-3	100.00	4.43	1.00	1.11	2.11	8.71
208-1x162-4	100.00	4.89	1.28	1.26	2.54	11.12
208-2x162-8	100.00	4.53	0.91	1.00	1.91	9.36
208-1x176-2	96.00	4.39	1.06	1.45	2.51	9.46
208-2x176-2	100.00	4.71	1.11	1.47	2.58	10.23
208-1x176-3	98.00	4.76	1.42	1.73	3.15	11.17
208-1x178-1	100.00	4.67	1.30	1.28	2.58	10.27
208-1x180-1	100.00	4.90	1.41	1.47	2.88	10.91
208-1x186-1	100.00	4.59	1.48	1.70	3.18	10.99
208-1x186-2	100.00	4.07	1.15	1.43	2.58	9.62
208-2x186-2	100.00	4.53	1.40	1.64	3.04	10.54
208-2x186-3	100.00	4.25	1.26	1.55	2.81	8.94
208-1x203-2	100.00	4.78	1.36	1.23	2.59	10.88
208-1x213-1	100.00	4.53	1.26	1.33	2.59	11.06
208-1x213-2	100.00	4.43	1.47	1.32	2.79	9.84
208-1x215-1	98.00	4.23	0.92	0.64	1.56	9.74
208-2x215-1	100.00	4.35	1.24	1.57	2.81	9.17
208-3x215-1	100.00	4.44	1.12	1.01	2.13	10.26
208-2x215-2	100.00	4.36	1.36	1.40	2.76	10.18
208-1x221-2	100.00	4.44	1.86	1.85	3.71	12.88
208-2x221-2	100.00	4.47	1.18	1.00	2.18	10.60
208-3x222-1	100.00	4.82	1.28	1.38	2.64	10.82
208-1x225-1	98.00	4.05	1.69	1.64	3.33	10.63
208-1x227-3	100.00	4.84	1.40	1.35	2.73	12.18
208-1x227-5	96.00	4.34	1.34	1.29	2.63	10.04
208-1x230-1	100.00	4.61	1.39	1.39	2.77	10.71
208-2x230-1	100.00	4.83	1.55	1.31	2.86	12.31
208-3x230-1	100.00	4.27	1.19	1.34	2.53	10.09
208-1x237-1	98.00	4.87	1.55	1.32	2.87	13.60
208-1x237-5	100.00	4.61	1.46	1.68	3.14	11.24
208-2x237-5	98.00	4.38	1.20	1.55	2.75	10.10
208-1x238-1	98.00	4.53	1.40	1.50	2.90	11.40
208-2x248-2	98.00	4.39	1.42	0.98	2.40	9.27
208-3x248-2	98.00	4.80	1.13	1.08	2.21	10.82
208-1x250-2	98.00	4.60	1.69	1.34	3.03	11.89
208-1x250-4	98.00	4.33	1.04	1.06	2.10	9.98
208-2x250-4	100.00	4.62	1.13	1.18	2.31	10.07
208-1x256-1	100.00	4.78	1.33	1.24	2.57	11.28
208-2x256-1	100.00	4.50	1.14	1.11	2.25	10.27
208-1x257-2	100.00	4.73	1.39	1.30	2.69	12.15
208-2x257-2	100.00	4.49	1.18	0.93	2.11	10.90
208-1x259-2	96.00	4.48	1.09	1.09	2.18	10.36
208-2x259-2	100.00	4.34	1.20	1.14	2.34	11.19

Cuadro 10. Continuación.

Híbrido	Porcentaje de germinación (%)	Índice de vigor	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altera de la plátula (cm)
208-1s262-1	98.00	4.55	1.22	1.29	2.51	10.72
208-1s263-1	100.00	4.51	1.30	1.27	2.57	10.81
208-1s263-3	98.00	4.74	1.26	1.09	2.35	11.49
208-1s265-1	100.00	4.60	1.07	1.25	2.32	11.23
208-1s266-1	100.00	4.63	1.59	1.36	2.95	11.39
208-1s271-1	96.00	4.35	1.20	1.28	2.48	10.46
208-2s272-2	100.00	4.56	1.30	1.04	2.34	10.97
208-1s272-2	98.00	4.59	1.62	1.33	2.95	11.70
208-2s272-2	96.00	4.53	1.40	1.40	2.80	11.22
208-1s272-4	100.00	4.55	1.03	1.17	2.25	10.54
209-2s272-4	98.00	4.76	1.50	1.29	2.79	11.53
208-3s272-4	98.00	4.13	1.38	1.34	2.72	10.50
208-1s275-3	98.00	4.54	1.32	0.86	2.18	10.01
208-2s276-2	100.00	4.93	1.24	1.18	2.42	10.64
208-1s277-5	100.00	4.76	1.20	1.61	2.81	11.14
208-1s282-1	96.00	4.48	1.34	1.51	2.85	11.23
Investigación:						
Mont. 86 L.1 55 (Q)	96.00	4.32	0.69	1.00	1.69	10.89
Mont. 88 66 x 64	96.00	4.51	1.14	1.57	2.71	10.31
Mont. 88 66 #	96.00	4.70	1.36	1.21	2.57	12.62
Mont. 87 62 #	96.00	4.71	1.45	1.30	2.75	10.81

da híbrido se dividieron entre el valor de las medias para las líneas y se multiplicó por 100.

En los Cuadros 18 y 19, para cada experimento se muestra el cálculo del valor de heterosis únicamente en los híbridos sobresalientes y tomando como base la variable peso seco de plúmula.

Las diferencias son, en la mayoría de los casos, muy marcadas, por ejemplo para:

Peso seco de plúmula	=	208-1	x	250-6	=	486.48%
Peso seco de radícula	=	"	"	"	=	404.25%
Peso seco total	=	"	"	"	=	440.47%
Altura de plántula	=	"	"	"	=	192.55%

Cuadro 11. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficientes de variación en el análisis de varianza de los híbridos formados, utilizando un probador común. Experimento I.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Porcentaje de germinación	Índice de vigor	Peso seco de la plúmula	Peso seco de la radícula	Peso seco total	Altura de la plántula
Bloques	1	0.94	3.91	4.14	0.07	3.11	273.45
Híbridos	63	0.41***	0.14***	0.14***	0.10***	0.32***	5.90***
Error	63	0.31	0.08	0.06	0.07	0.22	1.04
Coefficiente de variación %		2.25	6.31	19.78	21.51	18.19	9.51

*** = altamente significante ($p < 0.0001$)

Cuadro 12 . Híbridos sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica de semilla
(Tuckey, 0,05) Experimento I.

Híbrido	Separación de medias	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (ca)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
208-1x221-2	a	1.86	1.85	3.71	12.88	4.44	100.00
208-1x225-1	ab	1.69	1.64	3.33	10.63	4.05	98.00
208-1x250-2	ab	1.69	1.34	3.03	11.88	4.50	98.00
208-1x272-2	abc	1.62	1.33	2.95	11.53	4.59	98.00
208-1x266-1	abc	1.59	1.36	2.95	11.20	4.63	100.00
208-2x230-1	abcd	1.55	1.38	2.79	12.31	4.83	100.00
208-1x237-1	abcd	1.55	1.32	2.87	13.06	4.87	98.00
208-2x272-4	abcde	1.50	1.29	2.80	11.49	4.76	98.00
208-1x186-1	abcde	1.48	1.70	3.18	10.99	4.50	100.00
208-1x213-2	abcde	1.48	1.32	2.79	9.84	4.43	100.00
test. :							
Mont. 88'							
(66 x 64)	abcde	1.48	1.57	2.76	10.31	4.71	96.00
208-1x175-3	abcde	1.42	1.73	3.15	11.17	4.76	98.00
208-2x248-2	abcde	1.42	0.98	2.40	9.27	4.39	98.00
208-1x180-1	abcde	1.42	1.47	2.91	10.99	4.90	100.00
208-1x238-1	abcde	1.40	1.50	2.95	11.39	4.53	98.00
208-2x186-2	abcde	1.40	1.43	3.04	10.54	4.53	96.00
208-2x272-2	abcde	1.40	1.43	2.81	11.22	4.53	96.00
208-1x230-1	abcde	1.39	1.38	2.79	10.71	4.61	100.00
208-1x257-2	abcde	1.39	1.30	2.69	11.89	4.73	100.00
208-3x273-4	abcde	1.38	1.34	2.72	10.50	4.13	98.00
208-1x203-2	abcde	1.36	1.23	2.59	10.88	4.78	100.00
test. :							
Mont. 88'							
(66 #)	abcde	1.36	1.21	2.57	12.62	4.70	96.00
208-2x215-2	abcde	1.36	1.40	2.76	10.10	4.36	100.00
208-1x282-1	abcde	1.36	1.51	2.86	11.24	4.48	96.00
208-1x227-5	abcde	1.34	1.29	2.63	10.04	4.34	96.00
208-1x256-1	abcde	1.33	1.24	2.54	11.24	4.78	100.00
̄x		1.29	1.30	2.59	10.76	4.54	98.68

̄x = valor promedio para cada variable
test. = testigo

Cuadro 13 . Híbridos con bajo comportamiento en la prueba de calidad fisiológica de semilla . Experimento I

Híbrido	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
208-1x250-4	1.04	1.06	2.10	9.98	4.33	98.00
208-2x162-3	1.00	1.11	2.38	8.71	4.43	100.00
208-1x215-1	0.92	0.64	1.57	9.74	4.23	100.00
208-2x162-8	0.91	1.00	1.91	9.46	4.53	100.00
test. :						
Mont. 86'						
L. 1 - 55	0.69	1.00	1.69	10.86	4.32	96.00
208-2x259-2	1.20	1.14	2.35	11.19	4.34	100.00
208-2x256-1	1.11	1.11	2.22	10.27	4.50	100.00
208-1x259-2	1.09	1.09	2.18	10.36	4.48	96.00
208-1x263-3	1.26	1.09	2.35	11.49	4.74	98.00
208-3x248-2	1.13	1.08	2.21	10.82	4.80	98.00
208-1x250-4	1.04	1.06	2.10	9.98	4.33	98.00
208-2x272-1	1.30	1.04	2.34	10.97	4.56	100.00
208-3x215-1	1.12	1.01	2.14	10.26	4.44	100.00
208-2x221-2	1.18	1.00	2.18	10.60	4.47	100.00
208-3x248-2	1.13	0.98	2.21	10.82	4.80	98.00
208-2x257-2	1.18	0.93	2.12	10.90	4.49	100.00
208-1x275-3	1.32	0.86	2.18	10.81	4.54	98.00
\bar{x}	1.29	1.30	2.59	10.76	4.54	98.68

\bar{x} = valor promedio para cada variable
test. = testigo

Cuadro 14. Promedio del porcentaje de germinación, índice de vigor, peso seco de plántula, radícula, peso seco total y altura de plántula en 60 híbridos formados, utilizando un probador Casón como bebra. (Experimento II)

Híbrido	Porcentaje de germinación (%)	Índice de vigor	Peso seco de la plántula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (ca)
208-1x162-1	100.00	4.75	1.02	1.33	2.35	10.94
208-2x162-1	98.00	4.72	1.27	1.33	2.60	11.40
208-1x162-2	98.00	4.50	1.32	1.52	2.84	11.12
208-2x162-2	92.00	4.32	1.29	1.30	2.59	11.65
208-2x162-4	100.00	4.76	1.18	1.25	2.43	11.14
208-3x162-4	92.00	4.38	1.28	1.40	2.68	11.23
208-1x162-7	100.00	4.84	1.17	1.34	2.51	10.31
208-2x162-7	100.00	4.43	1.22	1.36	2.58	9.92
208-3x162-7	100.00	4.74	1.39	1.79	3.18	10.52
208-1x162-8	100.00	4.64	1.43	1.28	2.71	11.12
208-1x180-2	100.00	4.65	1.33	1.47	2.80	11.09
208-1x180-3	100.00	4.87	1.16	0.90	2.06	11.81
208-1x184-3	100.00	4.71	1.44	1.42	2.86	11.93
208-1x187-1	100.00	4.89	1.55	1.27	2.82	12.32
208-1x201-1	98.00	4.85	1.4	1.53	2.93	11.70
208-2x201-1	100.00	5.00	1.5	1.15	2.65	11.57
208-2x203-2	100.00	4.67	1.35	1.25	2.60	10.54
208-1x203-3	100.00	4.74	1.53	1.22	2.75	12.10
208-1x203-3	100.00	4.85	1.6	1.58	3.18	11.48
208-1x212-1	100.00	4.80	1.54	1.77	3.31	12.09
208-2x212-1	98.00	4.66	1.44	1.53	2.97	11.99
208-1x212-2	100.00	4.81	1.04	0.75	1.79	11.68
208-2x212-2	100.00	4.83	1.34	1.29	2.63	12.29
208-3x212-2	100.00	4.78	1.57	1.36	2.93	13.25
208-2x213-2	100.00	4.70	1.35	1.63	2.98	11.44
208-4x215-1	100.00	4.86	1.21	1.56	2.77	10.48
208-1x215-2	98.00	4.73	1.53	1.64	3.17	11.56
208-3x215-2	100.00	4.81	1.55	1.35	2.90	12.96
208-1x216-2	100.00	4.95	1.57	1.33	2.90	11.50
208-1x216-3	100.00	4.84	1.27	1.27	2.54	11.17
208-1x221-1	100.00	4.86	1.19	1.19	2.37	12.07
208-1x222-1	100.00	4.39	1.15	1.06	2.20	10.56
208-2x222-1	96.00	4.59	1.63	1.58	3.21	11.73
208-1x224-1	100.00	4.79	1.41	1.24	2.65	11.71
208-1x225-2	98.00	4.65	1.21	1.28	2.49	11.12
208-1x227-2	100.00	4.76	1.07	1.14	2.21	11.40
208-2x227-3	96.00	4.31	1.32	1.49	2.81	11.98
208-2x227-5	92.00	4.65	1.3	1.55	2.85	10.51
208-1x248-1	100.00	4.27	1.36	1.56	2.92	11.37
208-1x248-2	100.00	4.63	1.46	1.25	2.71	12.97
208-1x250-3	100.00	4.79	1.57	1.36	2.93	11.78
208-1x250-6	100.00	4.70	1.8	1.90	3.70	11.38
208-2x250-6	100.00	4.78	1.58	1.56	3.14	11.50
208-1x259-1	100.00	4.73	1.78	1.34	2.62	11.66
208-1x260-1	100.00	4.84	1.26	1.01	2.27	12.45

Cuadro 14. Continuación.

Híbrido	Porcentaje de germinación (%)	Índice de vigor	Peso seco de la plántula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)
208-2x262-2	98.00	4.40	1.39	1.25	2.64	11.40
208-1x264-2	100.00	4.72	1.09	1.24	2.33	10.38
208-2x266-2	100.00	4.73	1.32	1.10	2.42	11.46
208-1x271-2	100.00	4.78	1.11	1.06	2.17	9.34
208-1x272-1	100.00	4.66	1.27	1.09	2.36	10.72
208-3x272-1	100.00	4.61	1.2	1.09	2.29	11.13
208-1x273-1	100.00	4.73	1.29	1.20	2.49	11.09
208-2x273-1	100.00	4.42	1.12	1.15	2.27	9.96
208-1x275-1	98.00	4.43	1.26	1.24	2.50	9.50
208-1x275-2	98.00	4.30	1.29	1.24	2.53	11.72
208-1x276-2	98.00	4.73	1.43	1.45	2.88	10.41
208-2x277-5	94.00	4.20	1.00	1.22	2.22	10.11
208-1x282-2	100.00	4.35	1.16	1.36	2.52	9.06
208-2x282-2	92.00	4.16	1.09	1.18	2.27	9.69
208-1x282-3	100.00	4.67	1.53	1.28	2.81	10.50
testigos :						
Meat. 86 L.I - 55(2.)	98.00	4.78	1.39	1.56	2.95	10.80
Meat. 87 62 #	90.00	4.34	1.29	1.16	2.45	11.02
Meat. 88 66 #	100.00	4.35	1.15	1.25	2.40	8.29
Meat. 89 (66 x 64)	100.00	4.75	.58	0.83	1.41	7.36

Cuadro 15 . Cuadrados medios, significancia estadística y coeficiente de variación en el análisis de varianza de los híbridos formados, utilizando un probador común. Experimento II

Fuentes de variación	Grados de libertad	Índice de vigor	Porcentaje de germinación	Peso seco de la plúmula	Peso seco de la radícula	Peso seco total	Altura de la plántula
Bloques	1	0.71 ^{***}	0.19 (0.57)	2.11	0.59	0.46	141.77
Híbridos	63	0.08	0.73	0.10 ^{***}	0.10 ^{***}	0.27 ^{***}	4.30 ^{***}
Error	63	0.06	0.60	0.04	0.07	0.17	1.35
Coeficiente de variación (%)		5.60	9.15	16.09	20.64	15.62	10.46

*** altamente significativo al 0.0001

Cuadro 16 - Híbridos sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica de semilla (Tuckey, 0.05). Experimento II

Híbrido	Separación de medias	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de la plántula (cm)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
208-1x250-6	a	1.80	1.90	3.70	11.38	4.73	98.00
208-2x222-1	ab	1.63	1.58	3.21	11.73	4.59	96.00
208-1x203-6	ab	1.60	1.58	3.18	11.48	4.85	100.00
208-2x250-6	abc	1.58	1.56	3.15	11.50	4.78	100.00
208-1x250-9	abcd	1.57	1.46	2.99	11.78	4.79	100.00
208-3x212-2	abcd	1.57	1.36	2.93	13.25	4.78	100.00
208-1x216-2	abcd	1.57	1.33	2.90	11.50	4.95	100.00
208-1x187-1	abcde	1.55	1.27	2.83	12.32	4.88	100.00
208-3x215-2	abcde	1.55	1.35	2.90	12.96	4.81	100.00
208-1x212-1	abcde	1.54	1.77	3.31	12.09	4.80	100.00
208-1x215-2	abcdef	1.53	1.64	3.17	11.56	4.73	98.00
208-1x203-3	abcdef	1.53	1.22	2.75	12.10	4.74	100.00
208-1x282-9	abcdef	1.53	1.28	2.81	10.50	4.67	100.00
208-2x201-1	abcdef	1.50	1.15	2.65	11.57	5.00	100.00
208-1x248-2	abcdef	1.46	1.25	2.48	12.97	4.63	100.00
208-1x186-3	abcdef	1.44	1.42	2.86	11.93	4.71	100.00
208-2x212-1	abcdef	1.44	1.53	2.97	11.99	4.66	98.00
208-1x162-8	abcdef	1.43	1.28	2.72	11.12	4.64	100.00
208-1x276-2	abcdef	1.43	1.45	2.88	10.41	4.73	98.00
208-1x224-1	abcdef	1.41	1.24	2.66	11.71	4.79	100.00
208-1x201-1	abcdef	1.40	1.53	2.93	11.70	4.65	98.00
208-2x252-2	abcdef	1.39	1.25	2.65	11.60	4.40	98.00
test. :							
Mont. 86'							
L. 1 55	abcdef	1.39	1.56	2.96	10.98	4.78	98.00
208-3x162-7	abcdef	1.39	1.79	3.18	10.52	4.74	100.00
208-1x248-1	abcdef	1.36	1.56	2.92	11.37	4.27	100.00
208-2x203-2	abcdef	1.35	1.25	2.61	10.54	4.67	100.00
208-2x213-2	abcdef	1.35	1.63	2.98	11.44	4.70	100.00
208-2x212-2	abcdef	1.34	1.29	2.63	12.24	4.83	100.00
208-1x180-2	abcdef	1.33	1.47	2.81	11.09	4.65	100.00
208-2x266-2	abcdef	1.32	1.10	2.43	11.46	4.79	100.00
\bar{x}		1.32	1.32	2.64	11.12	4.65	98.76

\bar{x} = valor promedio para cada variable
test. = testigo

Cuadro 17. Híbridos con bajo comportamiento en la prueba de calidad fisiológica de semilla. Experimento II

Híbrido	Peso seco de la plúmula (gr)	Peso seco de la radícula (gr)	Peso seco total (gr)	Altura de plántula (cm)	Índice de vigor	Porcentaje de germinación (%)
208-2x162-1	1.27	1.33	2.60	11.40	4.72	98.00
208-1x272-1	1.27	1.09	2.36	10.72	4.66	100.00
208-1x275-1	1.26	1.24	2.50	9.50	4.30	98.00
208-1x260-1	1.26	1.01	2.28	12.45	4.84	100.00
208-2x162-7	1.22	1.36	2.51	9.42	4.43	100.00
208-4x215-1	1.21	1.56	2.78	10.48	4.86	100.00
208-1x225-2	1.21	1.29	2.49	11.12	4.65	98.00
208-3x272-1	1.20	1.09	2.30	11.13	4.61	100.00
208-1x221-1	1.19	1.19	2.38	10.56	4.39	100.00
208-2x162-4	1.18	1.25	2.43	11.14	4.76	100.00
208-1x162-7	1.17	1.34	2.51	10.31	4.84	100.00
208-1x180-3	1.16	0.90	2.07	11.81	4.87	100.00
208-1x282-2	1.16	1.36	2.52	9.06	4.35	100.00
208-1x222-1	1.15	1.18	2.21	10.56	4.39	100.00
test. :						
Mont. 88'						
66 #	1.15	1.25	2.40	8.29	4.35	100.00
208-2x273-1	1.12	1.15	2.27	9.96	4.42	100.00
208-1x271-2	1.11	1.06	2.17	9.34	4.78	100.00
208-2x282-2	1.09	1.18	2.27	9.69	4.16	100.00
208-1x266-2	1.09	1.24	2.34	10.39	4.72	100.00
208-1x227-2	1.07	1.14	2.22	11.02	4.34	100.00
208-1x212-2	1.04	0.75	1.79	11.68	4.81	100.00
208-1x162-1	1.02	1.33	2.36	10.94	4.75	100.00
208-2x277-5	1.00	1.22	2.22	10.11	4.20	94.00
test. :						
Mont. 87'						
62 #	0.58	0.83	1.41	7.36	4.34	90.00
R	1.92	1.92	2.64	11.12	4.65	98.76

R = valor promedio para cada variable
test. = testigo

Cuadro 10 . Efectos heteróticos con base en los progenitores macho (líneas) en las diferentes variables de calidad fisiológica de semillas. Experimento I

Híbrido	Peso seco de la plúmula (%)	Peso seco de la radícula (%)	Peso seco total (%)	Altura de la plántula (%)	Índice de vigor (%)	Porcentaje de germinación (%)
208-1x221-2	213.00	160.86	182.75	167.92	113.74	100.00
208-1x225-1	196.50	162.37	178.07	124.59	107.42	104.25
208-1x250-2	211.25	163.41	187.03	178.52	119.48	98.00
208-1x272-2	124.61	158.47	130.23	147.44	117.99	96.00
208-1x266-1	212.00	172.15	190.32	157.76	131.16	106.38
208-2x230-1	201.29	150.57	173.93	158.83	124.16	104.16
208-1x237-1	193.75	138.94	165.14	146.24	137.00	113.95
208-2x272-4	217.39	135.78	170.73	180.66	208.77	100.00
208-1x186-1	176.19	180.85	178.65	158.58	129.00	109.69
208-1x213-2	360.97	216.39	273.52	121.03	189.31	161.29
208-1x237-5	400.00	365.21	378.31	171.08	237.62	132.30
208-1x176-3	146.39	132.06	138.15	146.78	121.42	102.08
208-2x248-2	104.41	87.50	126.98	118.39	110.85	98.00
208-1x180-2	144.89	138.67	141.17	135.02	119.51	100.00
208-1x238-1	121.73	99.33	110.90	136.39	116.89	102.08
208-2x186-2	142.85	146.42	144.76	115.44	114.68	102.04
208-2x272-2	107.69	168.23	130.69	143.09	117.99	96.00
208-1x230-1	180.51	158.62	169.09	138.19	118.50	104.16
208-1x257-2	83.73	97.74	89.96	105.12	113.70	100.00
208-3x272-4	300.00	123.15	165.85	165.09	114.08	100.00
208-1x203-2	161.90	164.00	131.85	156.59	135.79	108.59
208-2x215-2	172.15	147.96	158.62	162.61	98.19	104.16
208-1x282-1	176.62	139.81	177.63	153.13	146.40	114.28
208-1x227-5	227.10	211.47	217.35	146.14	112.43	97.95
208-1x256-1	207.81	125.25	155.82	157.64	124.80	104.16

Cuadro 19 . Efectos heteróticos con base en los progenitores macho (líneas)
en las diferentes variables de calidad fisiológica de semillas.
Experimento II

Híbrido	Peso seco de la plántula (%)	Peso seco de la radícula (%)	Peso seco total (%)	Altura de plántula (%)	Índice de vigor (%)	Porcentaje de germinación (%)
208-1x250-6	486.40	404.25	440.47	192.55	199.15	151.51
208-2x222-1	187.35	136.20	158.12	176.12	116.79	97.95
208-1x203-5	231.88	225.71	228.77	149.47	126.63	104.16
208-1x256-1	246.87	193.25	193.25	163.53	125.00	102.15
208-1x250-3	296.22	234.40	180.86	176.76	124.73	100.00
208-3x212-2	194.70	146.50	146.50	153.71	119.50	102.04
208-1x216-2	120.76	98.97	98.97	159.94	121.92	100.00
208-1x187-1	117.42	99.21	108.84	119.84	117.30	100.00
208-3x215-2	196.20	166.66	166.66	207.02	108.33	104.16
208-1x215-1	202.63	208.17	208.17	150.68	125.32	102.04
208-1x215-2	193.67	182.18	182.18	184.65	106.53	104.16
208-1x203-3	182.14	112.96	143.22	135.04	131.66	108.69
208-1x282-3	312.24	154.21	213.87	161.97	153.93	104.16
208-2x231-1	196.25	107.47	130.54	168.65	127.87	104.16
208-1x248-2	189.61	110.60	143.38	165.64	116.91	100.00
208-1x186-3	146.93	136.19	136.19	130.66	119.24	102.04
208-2x212-1	189.47	184.33	186.79	150.06	121.67	100.00
208-1x162-8	170.23	106.66	133.33	181.99	118.97	100.00
208-1x276-2	237.50	119.50	119.50	131.10	128.66	100.00
208-1x224-1	160.22	101.63	126.19	148.04	117.11	100.00
208-1x201-1	145.83	143.33	144.33	170.55	124.04	145.83
208-2x262-2	167.46	154.32	160.97	144.09	109.72	100.00
208-3x162-7	207.46	172.11	184.89	150.07	131.66	106.38
208-1x248-1	140.20	133.44	133.44	122.18	103.38	100.00
208-2x203-2	225.00	166.66	192.59	138.32	132.67	108.69
208-2x213-2	329.26	292.15	292.15	140.71	200.65	161.29
208-1x180-2	135.71	138.67	137.74	137.25	113.41	100.00
208-2x266-2	176.00	198.22	156.12	160.27	133.99	106.38
208-2x227-3	223.72	244.26	232.33	174.38	111.65	97.95
208-1x162-2	185.91	176.74	134.59	163.52	124.50	104.25
208-2x227-5	220.33	254.09	236.36	152.98	120.46	93.87
208-1x275-2	460.71	147.61	184.67	198.64	119.11	98.00
208-1x272-1	238.88	226.64	232.71	158.05	137.90	113.63
208-3x162-2	181.69	160.43	163.92	171.32	119.33	97.87
208-3x162-4	164.10	130.84	169.62	165.14	120.99	97.87
208-1x259-1	126.73	112.60	119.09	180.21	147.35	104.16
208-1x216-3	124.50	66.33	102.00	126.21	121.00	102.04
208-2x212-2	157.64	113.15	131.50	141.99	120.75	102.04

V. DISCUSION

5.1 Los Criterios de Selección en un Programa de Mejoramiento Genético.

En la selección, el fitomejorador se enfrenta a la difícil tarea de elegir entre distintos materiales; siendo para ello, lo más complejo el criterio que utilizará a fin de que su opción sea la más adecuada.

Por lo tanto, el porqué en la elección de uno entre varios materiales, forma parte de la metodología que se establece en un programa de mejoramiento, en el cual deberán considerarse parámetros de selección acordes a los objetivos que se persiguen; aunque en general existen dos variables que juegan un papel importante, y son el rendimiento y el comportamiento agronómico, que son factores requeridos entre los productores y priorizados por los investigadores.

Un criterio de selección poco usado, es el de la calidad de la semilla, el cual puede evaluarse en relación con el desarrollo del cultivo en sus primeras etapas y llegar a seleccionar grupos de materiales por esta cualidad (Abdul Baki, 1973).

Para la genética de la producción de semillas, la calidad física y fisiológica es importante, por ser la semilla un insumo de la producción agrícola que debe implicar confiabilidad. Esto es, que la semilla y sus cualidades morfo - fisiológicas, puedan llegar a ser un buen criterio de selección entre otros. Lo que en este estudio se planteó fue medir los cambios en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz, por el efecto del progenitor masculino (líneas S =), sobre un probador común (cruza simple).

5.2 Evaluación de Líneas S₂ e Híbridos Trilineales.

Las 37 líneas S₁ presentaron, durante su ciclo vegetativo, variaciones y diferencias entre sí, fundamentalmente para la variable altura de planta. Al ser autofecundadas y generar las líneas S₂, que constituyeron parte de los tratamientos, las mazorcas fueron sometidas a su descripción, en base a la guía propuesta por el CIAT (1983); observándose variaciones en la longitud de la mazorca y menores cambios en la forma de la misma (cilíndrica a cónica); presentándose también, bastante variación en el número de hileras y en el diámetro. Se observó también la manifestación aparente de algunos efectos a causa de la endogamia; particularmente en la proporción en peso de las semillas por su tamaño y forma.

En la evaluación de la calidad física, su clasificación, por forma y tamaño, se encontró alta variación en donde ocuparon mayor proporción los plano medio y bola mediana.

En tanto que los valores del peso por muestra (25 granos) están en el orden de 3.4 hasta 7.0 gr. (Cuadro 3). De acuerdo con Marroquín (1986), Oserio (1987) y Morales (1989); el tamaño y peso de la semilla se relacionan con la habilidad para emerger, por su mayor vigor. Por lo tanto, el peso por muestra de 25 semillas, puede ser un punto de partida para explicar el comportamiento en las pruebas fisiológicas.

La prueba de almácigo para determinar la eficiencia en semillas de líneas autofecundadas por su calidad fisiológica, determinó diferencias en los tratamientos.

Revisando de cerca los promedios para cada variable, se puede decir que existen variaciones tanto entre, como dentro de líneas; en donde el peso de plántula y el peso de la radícula permiten mayor diferenciación. En las líneas S_2 , posiblemente la expresión de la endogamia en las primeras etapas de desarrollo se aprecia en:

- variaciones muy marcadas en las variables altura de plántula, tanto entre como dentro de líneas autofecundadas;
- porcentaje de germinación, en algunos casos muy bajo;
- índice de vigor con valores relativamente bajos respecto a los híbridos formados y poco constantes dentro de las mismas líneas.

La comparación en expresión fenotípica de líneas e híbridos, puede considerarse como la primera etapa de selección, en donde se incorpora como criterio al vigor, por influencia genética de los progenitores, tanto per se, como por efecto del vigor híbrido, resultante del cruzamiento.

De los 120 híbridos formados, en el Cuadro 4 se muestra un concentrado promedio, considerando el grupo de líneas al que pertenecen, en donde la caracterización de los materiales indica que las variaciones presentes son mínimas; lo cual, bajo el supuesto de que la acción de la polinización cruzada no afecte las dimensiones y forma de la mazorca, entonces las variaciones en este aspecto son debidas al éxito de la polinización manual.

Para la calidad física de la semilla, la presencia de enfermedades (virosis) afectó el desarrollo de las semillas de algunas líneas S_2 , lo

que se refleja en el menor tamaño de algunas de éstas; mientras que por la vigorosidad y posible tolerancia en el lote hembra no hubo expresión de este carácter indeseable.

La proporción de semillas en peso, forma y tamaño, aumentó en los híbridos con respecto a las líneas, observándose en general, mayor peso en plano medio y bola grande.

Se conoce que el endospermo (tipo, color y textura) está definido por la acción génica de los progenitores, en donde el grano de polen puede tener un efecto importante (Xenia) sobre la semilla F_1 , pudiendo llegar a determinar su tamaño, como lo probó Pedersen y Barnes (1973) para alfalfa; sin embargo, la calificación de este efecto no fue posible realizarla en este trabajo; por lo cual se sostiene que por cada línea probada con la hembra en común, la calidad en semilla, tendió a modificarse por efectos genéticos.

Si la calidad de la semilla puede controlarse genéticamente, y la calidad del endospermo es inherente a tal proceso; la textura de este será una evidencia para seleccionar materiales que no sean susceptibles al ataque de patógenos (Zuber *et al.*, 1975).

La evaluación del peso seco de la plúmula, radícula y peso seco total, evidencian con mayor certeza el vigor en cada línea e híbrido, y permiten hacer una determinación y selección para este factor.

Se reconoce entonces que existieron variaciones de calidad en líneas e híbridos; estos últimos mostraron mayor eficiencia biológica como semilla, que las líneas. Lo anterior reafirma las conclusiones de Martínez (1987), al evaluar líneas e híbridos en pruebas de vigor.

Hasta lo aquí discutido, se ha dejado claro que la calidad física (peso forma y tamaño) está influenciada genéticamente por los progenitores, de lo cual se desprende que si algunos grupos de materiales sobresalieron en su clasificación física, tendrán mayor probabilidad de competir en la prueba de calidad fisiológica (Marroquín, 1986; Osorio, 1987; Morales, 1989).

Para los híbridos formados, los parámetros que midieron la capacidad fisiológica en plántula, expresan valores muy superiores que la semilla de líneas S₂; la radícula ocupa el mayor porcentaje del peso seco total de plántula, lo cual resulta de interés si pensamos que es un órgano de sostén y de captación nutricional.

El peso seco de la plúmula en los híbridos, representa proporcionalmente un 40% del peso seco total, (Experimento I y II). Tales resultados confirman los experimentos planteados anteriormente por otros investigadores como Feather (citado por Hoff *et. al.*, 1973) y por Hoff *et. al.* (1973) en donde el largo de la radícula se relaciona proporcionalmente con la tasa de desarrollo del culmo, en las primeras etapas.

En el porcentaje de germinación existió poca variación en los híbridos (entre el 100 y el 98% en algunos casos), en tanto que hubo mucha variación en las líneas. Al respecto Ensov y Borob'eva (1982), señalan que usar la germinación como un parámetro discriminador, puede causar confusión al final del estudio; confirmando resultados previos de Maguire (1962).

5.3 Selección por su Calidad de Semilla.

Es posible considerar en los programas genéticos las variaciones en calidad de semilla, para cada ciclo de selección e hibridación, logrando integrar el vigor como un carácter heredable y susceptible de evaluarse por su expresión fenotípica.

La selección temprana de materiales presenta ventajas para el fitomejorador, si consideramos que tal selección es posible de realizarse por las cualidades sobresalientes como semilla. De esta forma se reduce el tiempo invertido en la investigación, en la formación de híbridos de alto rendimiento y buena calidad como semilla. De aquí entonces, que líneas e híbridos pueden separarse, por su comportamiento en las pruebas de calidad física y fisiológica; esto es por los atributos genéticos para estas características.

Existieron variaciones para los caracteres de calidad, por modificar al progenitor. Las líneas mostraron amplia variación en los caracteres físicos y fisiológicos, manifestados en el comportamiento de los híbridos en donde participaron.

En el desarrollo experimental, para la evaluación del índice de vigor o velocidad de germinación, se concluye que tal determinación deberá registrarse, en trabajos posteriores con mayor frecuencia de conteos por día, y observar la mínima variación en velocidad de germinación.

Con esta propuesta se alteraría la fórmula propuesta por Copeland (1976) pues se sugiere realizar conteos al menos dos veces por día transcurrido, por la mañana y en la tarde, dado que los materiales por evaluar manifiestan diferencias sólo si se hacen mediciones más finas.

Los efectos heteróbticos positivos expresados en cada variable, son considerados como deseables en los híbridos formados, ya que en algunos casos llegó hasta al 400%; por lo que se puede seleccionar con mayor fidelidad la calidad y eficiencia de los materiales, como se aprecia en en los Cuadros 18 y 19, pues indican que al vigor por sé se suma el de-

Considerando las condiciones de realización de este trabajo y a partir de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- 1.- En la selección de materiales con buena calidad de semilla, la expresión de vigor, puede ser un criterio importante dentro de un programa de mejoramiento genético.
- 2.- En la calidad física de la semilla, considerando la proporción en peso de semillas por su forma y tamaño, el mejor comportamiento correspondió a los híbridos, en relación a las líneas autofecundadas.
- 3.- Las pruebas de calidad fisiológica, permitieron observar variaciones en las semillas de líneas, las cuales pueden diferenciarse para propósitos de caracterización y selección. En este sentido, las variables de materia seca en plántula e índice de vigor, mostraron más coherencia para seleccionar materiales de buena calidad; en tanto que el porcentaje de germinación se consideró una variable débil para este propósito.
- 4.- Los efectos heteróticos (vigor híbrido) manifestados en los valores del peso seco de plúmula, peso seco total, porcentaje de germinación e índice de vigor, permiten identificar líneas superiores por su capacidad de combinación, en relación a caracteres de calidad. ;

- Allard R., W. 1960. Principles of plant breeding. Ediciones Omega S.A. España.
- Basante B., G. 1984. Efectos de la edad en el vigor en semillas de maíz. Tesis Profesional; F.E.S. Cuautitlán, México, UNAM.
- Blacklow M., W. 1973. Simulation model to predict germination and emergence of corn (*Zea mays* L.) and environment of change temperature. *Crop Sci.* vol. 13 (6):575
- Brauer H., O. 1979. *Fitogenética aplicada*. Edit. LIMUSA - WILEY S.A. México 268 p.
- Brink A., R. 1964. Heterosis. A record of researches directed to wards explaining and utilizing the vigor of hybrids. Compilation of Gowen, H.J.; Hafner Publishing Co. (81 p.)
- Carballo C., A. 1985. Técnicas de mejoramiento genético. (apuntes). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Méx. (mimeógrafo)
- Caro V., F.J. 1987. Estudio morfológico para determinar fórmulas óptimas de producción de semillas de maíz, de buena calidad. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P., Montecillos, Méx.
- Carver M., 1980. The production of quality cereal seed. In: Hebblethwaite P.D. (Ed). *Seed Production*, Butterworths. pp: 295 - 306
- Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1983. Metodología para obtener semilla de calidad. Cali, Colombia pp. 76 - 85.
- CESM 's , 1980. Inspeção da produção de sementes. Departamento de Agricultura; Brasil, Brasília.
- Cochran W., G. and Cox G., M. 1965. Diseños experimentales. Edit. Trillas México pp. 120
- Copeland O., L. 1976. Principles of seed science and technology. Burges Publishing Company; Minneapolis, Minnesota. USA.
- Cornelius J., C. and Dudley A., 1974. Effects of inbreeding by selfing and full - sib mating in maize population. *Crop Sci.* 14 (6): 815 - 819.
- Curtis L., D. 1978. Some aspects of *Zea mays* L. (corn), seed production the USA. In: Hebblethwaite (Ed). *Seed Production* Butterworths. pp. 389 - 400.
- Chauhan K., D.S.; Gopinathan M., C. 1985. Variations electrophoretic in

protein and enzyme. *Seed Sci. and Technol.*, 13 (3):315 - 316

- Ching T.,M. 1973. Biochemical aspects of seed vigor. *Seed Sci. and Tech* -
 nol. 17 (1):173 - 88.
- _____ 1982. Adenosine triphosphate and seed vigor. In: The phisio
 logy and biochemistry of seed development, dormancy and germi-
 nation. In: Khan A.A.: (Ed). Biomedical Press, 487 - 506
- Dalianis C.,D. 1982. Rate of emergence of radicle, emergence and vigor
 in the cotton (*Gossypium hirsutum*) *Seed Sci. and Technol.* 10(1)
 35 - 45
- De la Loma J.L., 1975. *Genética general y aplicada*. Edit. UTEHA, tercera
 edición, México.
- Duffus, C. and Slaughter C., 1980. *Las semillas y sus usos*. AGT EDITOR.
- Echandi Z.,R. 1973. Necesidades en la investigación de la tecnología de
 semillas. Universidad de Costa Rica: pp. 1 - 16
- Edje O.,T.; Burris J.,S. 1971. Effect of soybean seed vigour on field
 performance. *Agron. J.* 63 (1): 487 - 583.
- Elto G.,E.e Gama and Hallaver R.,A. 1977. Relation between inbred and
 hybrid traits in maize. *Crop Sci.* 17 (2): 703 - 706 p.
- Ensov I.,I. and Borob'eva, 1982. The effect of the time of pollination
 and flower age on the formation of seeds and inheritance of
 caracteres in onion. En Producción de Semilla de Cebolla. M
 nobgrafo, Centro de investigaciones Forestales de Gto.: SARH
 27 - 29 pp.
- Esau K., 1977. *Anatomy of seed plants*, segunda edición, USA. (Ed). Wiley
 J. and Sons.
- Espinosa C.,A. 1985. Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e
 híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias
 C.P., Montecillos, Méx.
- Falconer S.,D. 1964. *Introducción a la genética cuantitativa*. Edit.
 CECSA pp. 39 - 78.
- FIRA - González R.,L.L. 1988. Dos cosechas de maizen el año bajo el ré-
 gimen de temporal en Chiapas. Boletín informativo. No. 197
 Vol. XX. 3 - 28 pp.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de
 Köppen, (adaptado a las condiciones de la República Mexicana)
 (Ed). Centro de Geografía (UNAM) pp. 132.

- García de los S., G. 1988. Seminario del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, Montecillos, Méx. (memoria).
- García G., J.C. 1985. Apuntes de producción y manejo de semillas. U.A.Ch. - mimeógrafo.
- Genter C., F. and King K., W., 1971. Nutritive value of the protein in high oil selection in maize. *Crop Sci.* 11(3) 339 - 340.
- Glover D., V. and Crane, P.L. 1975. High quality protein maize. C I M M Y T - Purdue. (Ed). Dowden, Hutchinsonson Ross, Inc.
- Good L., R. and Hallauer R., A. 1977. Inbreeding depression in maize by selfing and full - sibbing. *Crop Sci.* 17(17): 935 - 940
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9 463 - 493.
- Gupta D. and Basak S., L., 1983. Germination of genetic and improvement of the seed lino (*Linum usitatissimum*). *Seed Sci. and Technol.* 11 251 - 256.
- Haynes K., H. 1964. Heterosis. A record of researches directed towards explaining and utilizing the vigor of hybrids. compilation of In Gowen, W.L. (Ed). N.Y. Hafner Publishing, Co.
- Hoff C., J.; Kolp J.B.; Bohmen E., K. 1973. Inheritance of coleoptile length and culm length in crosses involving elezens dwarf spring wheat. *Crop Sci.* 13(2): 176 - 178.
- Houlberg V. and Madsen E. 1985. Contained of clorofila e isocitrate-lyase in the germination of degree vigour in seeds. *Seed Sci. and Technol.* 13 (1): 127 - 157.
- Hunter C., 1971. Seed quality and crop performance. Handbook of seed technology. Mississippi State University.
- Irwin R., M., 1964. Especificity of effect genetic. compilation of Gowen, W. L. (Ed). In Heterosis. A record of researches directed towa de N.Y. Hafner Publishing, Co. cap. 15.
- ISTA. , 1966. Proceedings of the International Seed Testing Association; International Rules for Seed Testing. 13 (1): 98 - 134.
- _____. 1976a. International Seed Testing Association. Anexos, *Seed Sci. and Technol.* 17 (4): 51 - 177.
- Jugenheimer W., R. 1976. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Edit. LIMUSA.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Lonquist, J.T. and Gardner, C.O.. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication inbreeding procedures. *Crop Sci.* 1: (13) 179 - 183.
- McDonald M..B. Jr.. 1975. A review evaluation of seed vigor test. *Proc. Proc. Ass. of Seed Analyst.* 65: 109 - 126.
- Maguire D., J. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Sci.* 2(1) 176 - 177.
- _____. 1980a. Seed quality and germination. In AA. Khan. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. M.Y. North - Holland - Publishing Co. pp. 219 - 235.
- Mangelsdorf C.P. 1974. *Corn its origin evolution and improvement*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press; pp. 227.
- Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genotipo - ambiente en genotecnia vegetal. Edit. Patena. A.C.
- _____. 1988a. *Genotecnia vegetal (métodos, teoría y resultados)* Vol. II; AGT EDITOR.
- Marroquin B., A. 1986. Influencia del contenido de reservas del embrión de la semilla, en el vigor de la plántula de maíz. (Zea mays L.) Tesis profesional; F.E.S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Martínez L., A. 1987. Comportamiento de la germinación y el vigor de plántula en líneas e híbridos de maíz, como respuesta al envejecimiento acelerado de semillas. Tesis profesional, F.E.S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Mattews S., 1980 *Seed. Production In: Hebblethwaite P.D. (Ed). Seed Production Butterworths. Controlled Deterioration; a new vigour test for crop seeds.* pp. 647 - 661.
- Michaelis J., E. and Gree J., L. 1982. Effect of the brown midrib - 3 allele on early vigor and growth rate of maize. *Crop Sci.* 23: 510 - 513.
- Morales R., F. 1989. Efecto del tamaño de la semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento en maíz. Tesis profesional, F.E.S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología - UNAM.
- Morfín V., A. 1987. Aptitud combinatoria y parámetros de estabilidad de cruces simples entre líneas de maíz de diferente origen germo-

plásmico. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P., Montecillos, México.

- Mulacahy L., D. and Bergamini M., G. 1985. Biotechnology and ecology of pollen. pp. 150 - 151.
- Osorio O., M.E. 1987. Evaluación de líneas de maíz con base en el porcentaje de germinación y el vigor de plántula. Tesis profesional F.E.S. Cuautitlán. Méx., UNAM.
- Pedersen W., M.; Barnes K., D. 1973. Alfalfa seed size and indication of hybridity. Crop Sci. 13 (1); pp. 620 - 623.
- Perry A., D. 1980. The concept of seed vigour and its relevance to seed production techniques. In: Hebblethwaite, (Ed). Seed Production pp. 585 - 608.
- _____. 1981a. Handbook vigour test methods. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- Pohlman J., M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. LIMUSA México.
- Potts H., 1973. Elementos de un programa de semillas. Universidad del Estado de Mississippi.
- PROMASE (s/a). Programa de mejoramiento de maíces criollos. SARH, boletín
- Priestley A., 1986. Morphological Structure and Biochemical changes Associated with Seed Aging. In: Seed Aging. Implications for seed storage and persistence in the soil.
- Purseglove W., J. 1972. Tropical Crops Monocotyledons. Edit. Longman, USA
- Ramírez E., J. 1989. La endogamia y sus efectos sobre la producción y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias, C.P., Montecillos, Méx.
- Robles S., R. 1976. Producción de granos y forrajes. Edit. LIMUSA; México.
- _____. 1986a. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Edit. LIMUSA - México.
- Rodríguez G., E. 1987. Evaluación de líneas de maíz (*Zea mays* L.) por su comportamiento en la prueba de envejecimiento acelerado. Tesis profesional. F.E.S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Russel A., W. and Eberhart A., S. 1973. Recurrent selection for specific combining ability for yield in two maize populations. Crop Sci. 13(1); 257 - 260.

- 1975a. Hybrid performance of selected for maize lines from reciprocal recurrent and test cross selection programs. *Crop Sci.* 15 (1): 1 - 4
- Sánchez G., P. 1982. Efecto del tamaño de la semilla y la profundidad de siembra en el rendimiento de maíz. Tesis profesional. U.A.Ch. Chapingo, Méx.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 1984. Boletín climatológico (resúmen), México, 89 pp.
- Shull G., H. 1952. Beginning of the heterosis concept. Iowa State. Col. Press Ames.
- Sprague G., F. 1955. Corn and corn improvement. Academic Press Inc. Publishers, New York, USA.
- Stephenson G., A. and Winsor A., J. 1985. Effects of pollen load size on fruit maturation and spherophyte quality in Zucchini. In: *Biotechnology an ecology of pollen*. 429 - 432.
- Strickberger M., W. 1978. Genética. (Ed). OMEGA, España
- Villaseñor M., H.E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias, C.P., Montecillos, Méx.
- Virgen V., J. 1984. Evaluación del vigor en maíz, en base a características de semilla y plántula. Tesis profesional; F.E.S. Cuautitlán Méx., UNAM.
- Welhausen E., J. 1978. Maize breeding and genetics. Walden D.B., (Ed). A Willey - Interscience Publish. Recent developments in maize breeding in the tropics. pp. 59 - 83.
- Wellington S., P. 1966. Emergence and germination of seedling. In: *The growth of cereals and grasses*, compilation of Milthorpe, L.F. London, Butterworths.
- Zuber S., M.; Wolf J., M. 1974. Inheritance of hilar layer colorin in white corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 14(2); 199 - 201
-; Ekilda, H.W.; Song-Ho, Ch. 1975. Survey of maize selection for endosperm lysine content. *Crop Sci.* 1 (15); 93 - 95.