

35
2eje



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACION DE LA CALIDAD FISICA Y
FISIOLOGICA DE SEMILLA EN HIBRIDOS
TRILINEALES 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
MARIO LUNA OSORIO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. AQUILES CARRALLO CARRALLO



CUAUTITLAN, IZCALLI, EDO. DE MEXICO, FEBRERO, 1984

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'NI: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla
en híbridos trilineales de maíz (Zea mays L.)

que presenta el pasante: Mario Luna Osorio
con número de cuenta: 7699017-9 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de diciembre de 1993

PRESIDENTE Dr. Aquiles Carballo Carballo

VOCAL Ing. Hilda Carina Gómez Villar

SECRETARIO Ing. Guillermo Basante Butrón

PRIMER SUPLENTE M.C. Juan Virgen Vargas

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Roberto Guerrero Agama

[Firma: Aquiles Carballo Carballo]
[Firma: Hilda Carina Gómez Villar]
[Firma: Guillermo Basante Butrón]
[Firma: Juan Virgen Vargas]
[Firma: Roberto Guerrero Agama]

**Esta Tesis fue realizada en el Centro de Genética del Colegio de
Postgraduados; en Montecillo, Estado de México; bajo la dirección del:**

Dr. Aquiles Carballo Carballo.

Febrero de 1994

DEDICATORIA

A mis Padres Mario Luna y Alicia Osorio, como tributo al gran esfuerzo que realizaron, en el afán de proporcionar a sus hijos la educación que les posibilitara una vida mejor, y han sido ejemplo de rectitud, honestidad y trabajo.

A mi Esposa María de la Luz, por su amor, paciencia y apoyo brindado y porque unidos logramos un propósito más.

A mis Hijas Bethel Marina y María de la Luz Hilda, por ser mi fuerza de superación y por las diversiones y tiempo que no les concedí.

A mis Hermanos: Consuelo, Carmela, Rocío, Isaías, Dolores, Guadalupe y Leticia, porque siempre estemos unidos.

A mis Tíos, Primos y Sobrinos con cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, que me proporcionaron la formación profesional.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo, por la sugerencia del tema, dirección y enseñanzas recibidas y por su apreciable amistad.

Al Jurado por la atención que tuvieron en la revisión del presente trabajo y por sus valiosas sugerencias.

Al Programa Interdisciplinario de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado y las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

A la Sra. Elsa Castillo, por la realización del trabajo mecanográfico.

A todas las personas que con su participación, hicieron posible la culminación de este trabajo.

C O N T E N I D O

Pág.

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	vii
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. Sistemas de mejoramiento y tipos de variedades que se obtienen	5
2.1.1. Selección	5
2.1.2. Hibridación	7
2.2. Formación de la semilla	8
2.3. Calidad de la semilla	11
2.3.1. Calidad genética	13
2.3.2. Sanidad	14
2.3.3. Calidad física	15
2.3.3.1. Color de semilla	15
2.3.3.2. Tamaño de la semilla	16
2.3.4. Calidad fisiológica	18
2.3.4.1. Vigor en semillas	19
2.3.4.2. Importancia del vigor en semillas	20
2.3.4.3. Concepto de vigor en semilla	22
2.3.4.4. Evaluación del vigor en semillas	23
Pruebas directas	24
Pruebas indirectas	25
2.4. Influencia del progenitor masculino sobre la	

calidad de semilla 26

III. MATERIALES Y METODOS 28

3.1. Localización del sitio experimental 28

3.2. Material genético 28

 Cruzas simples 28

 Líneas 28

3.3. Establecimiento y conducción del lote experimental 29

 3.3.1. Preparación del terreno 29

 3.3.2. Siembra 29

 3.3.3. Control de malezas y plagas 29

 3.3.4. Riegos y fertilización 29

 3.3.5. Polinización controlada manual 29

 3.3.6. Cosecha 30

3.4. Datos tomados en mazorca y semilla 31

 3.4.1. En mazorca 31

 Número de hileras 31

 Longitud de la mazorca 31

 Número de granos por hilera 31

 Diámetro de la mazorca 31

 Diámetro de clote 31

 3.4.2. En semilla 31

 Espesor de grano 31

 Longitud de grano 31

 Peso de mil semillas 32

 Peso hectolítrico 32

Porcentaje de humedad	32
3.5. Evaluación de la calidad fisiológica	32
3.5.1. Diseño experimental, características y conducción del experimento	32
3.5.2. Variables estudiadas	33
Velocidad de germinación	33
Peso seco de plúmula	33
Peso seco de radícula	33
Longitud de plúmula	33
Longitud de radícula	33
Emergencia	33
3.6. Análisis estadístico	33
IV. RESULTADOS	35
4.1. Características de mazorca	35
4.2. Caracterización de la calidad física	41
4.3. Calidad fisiológica	49
4.3.1. Análisis de varianza	49
4.3.2. Prueba comparativa de medias	49
V. DISCUSION	58
5.1 Caracterización de mazorca	59
5.2 Evaluación de calidad física	60
5.3 Evaluación de calidad fisiológica	61
5.4 Importancia de la caracterización por calidad de semilla	62
VI. CONCLUSIONES	64
VII. BIBLIOGRAFIA	65

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro	Pág.
1 Parámetros descriptivos para el carácter número de hileras en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991.	36
2 Parámetros descriptivos para el carácter longitud de mazorca (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991.	38
3 Parámetros descriptivos para el carácter granos por hilera, en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991.	39
4 Parámetros descriptivos para el carácter diámetro de mazorca (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991.	40
5 Parámetros descriptivos para el carácter diámetro de olote (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991.	42

- 6 Parámetros descriptivos para el carácter longitud de diez granos (cm), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991. 43
- 7 Parámetros descriptivos para el carácter espesor de diez granos (cm), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991. 46
- 8 Valores promedio para el carácter peso de mil semillas (g), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991. 47
- 9 Valores promedio para el carácter peso hectolítrico (kg), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991. 47
- 10 Valores promedio para el carácter porcentaje de humedad, en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991. 50
- 11 Cuadrados medios. coeficientes de variación y significancia estadística en el análisis de varianza para seis caracteres de calidad fisiológica en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz.

Montecillo, Méx. 1991.	51
12 Comportamiento de la semilla F_1 de híbridos trilineales, en seis caracteres de calidad fisiológica. Montecillo, Méx. 1991.	52
13 Prueba comparativa de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de seis caracteres de calidad fisiológica. Montecillo, Méx. 1991.	54
14 Cruzas sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica de semillas (Tukey, $\alpha = 0.05$) Montecillo, Méx., 1991.	57

Figura

1 Efecto de hembras y machos para número de hileras en híbridos trilineales de maíz.	37
2 Efecto promedio de hembras y de machos para longitud de grano en híbridos trilineales de maíz.	44
3 Efecto de hembras y de machos para longitud de grano en híbridos trilineales de maíz.	45

4 Efecto de hembras y de machos para peso de mil semillas en híbridos trilineales de maíz.	48
5 Longitud de radícula, plúmula y emergencia como variables de calidad fisiológica en híbridos trilineales de maíz.	55
6 Velocidad de germinación, peso seco de radícula y plúmula, como variables de calidad fisiológica en híbridos trilineales de maíz.	56

RESUMEN

La producción de semillas de alta calidad es un rubro de gran importancia para la Agricultura Nacional, razón por la cual, es prioritario desarrollar tecnología apropiada, apoyada en el estudio de los factores que confluyen en la determinación de la calidad de las semillas mejoradas.

Así, en la presente investigación se planteó como objetivo medir los cambios en la expresión de la calidad física y fisiológica en semilla de maíz por efecto del progenitor macho, en la generación F_1 de híbridos trilineales. Esto en virtud de que en los programas de mejoramiento regularmente interesa más la productividad de los híbridos, sin poner atención a la semilla F_1 , en términos de su calidad y rendimiento en el beneficio de semilla.

El trabajo experimental se dividió en dos etapas; la de campo, en la cual se formaron los híbridos trilineales, en el ciclo primavera-verano de 1991, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados (C.P.), ubicado en Montecillo, Méx., en tanto que la segunda fase consistió en la evaluación de la semilla producida, en el laboratorio e invernadero del Programa Interdisciplinario de Producción de Semillas, del propio C.P.

Para lograr el material experimental consistente en 55 cruza trilineales, se partió de un grupo de diez líneas no emparentadas entre sí, con niveles de autofecundación S_2 a S_4 , como progenitores macho y de seis cruza simples sobresalientes como progenitores hembra.

Se evaluó la calidad física mediante la medición del espesor y longitud de grano, peso de 1000 semillas, peso hectolítrico y porcentaje de humedad. La calidad fisiológica se determinó con la evaluación del comportamiento, considerando los

siguientes parámetros: velocidad de germinación, longitud de radícula, longitud de plúmula, peso seco de radícula, peso seco de plúmula y emergencia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Existen diferencias en la calidad física y fisiológica de la semilla F₁ en híbridos trilineales de maíz por efecto de los progenitores utilizados; 6 cruza simples como hembras y 10 líneas como machos.
2. La calidad física de la semilla puede modificarse por efecto de "xenia", en función del progenitor masculino.
3. La evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla permitió identificar híbridos que reunieron un alto grado en todos los parámetros utilizados para su medición, los cuales aunados a las características de alta productividad y aspectos agronómicos deseables permiten una selección más apropiada del mejor híbrido para propósitos de uso comercial.
4. En la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético.
5. Por el comportamiento en lo general y en lo particular en condiciones específicas; existe la posibilidad de seleccionar materiales sobresalientes para ser utilizados como progenitores en programas de mejoramiento genético.

I. INTRODUCCION

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: el genotipo, la condición e influencia del medio en que se desarrolla la planta madre, el manejo en la cosecha, el tiempo y la forma de almacenamiento entre otros.

La producción de semilla de alta calidad es un rubro de capital importancia para la Agricultura Nacional. No obstante, las variedades mejoradas de maíz, entre las cuales contamos con variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos; 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 desarrollar tecnología que permita obtener semillas de alta calidad, para contribuir con mayores posibilidades de éxito en la producción agrícola del país.

Los híbridos tienen una gran importancia dentro de la tecnología moderna de producción ya que ofrecen una mayor producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta y maduración lo cual permite la aplicación de una mejor tecnología; además de la posibilidad de lograr plantas de porte bajo y vigorosas que resistan el acame de raíz y de tallo; así como mayor sanidad de mazorca y grano en general, mayor precocidad y desarrollo inicial.

La producción de semilla de maíces híbridos puede presentar algunas limitantes entre las que podemos citar la reducida área de adaptación y escasa variabilidad genética que los hace vulnerables a las epifitas; además hay necesidad de obtener semilla para cada siembra a un alto costo, necesidad de tecnología avanzada y uso de

insumos para aprovechar su potencialidad genética, entre otros.

En la producción de semilla se debe mejorar y reproducir fielmente el material; verificando su calidad; para cuya medición los parámetros que se utilizan son: pureza analítica, sanidad, identidad genética, germinación y vigor.

Es importante ofrecer una semilla con calidad al agricultor porque en la producción de los cultivos, la semilla de buena calidad es considerada como el insumo de mayor importancia, ya que constituye el componente cuya información genética en combinación con el ambiente determina el nivel de expresión del potencial de una variedad.

Para lograr una producción de semilla con calidad, se requiere inicialmente de todo un proceso de investigación tendiente a desarrollar las técnicas que permitan conservar las características cuantitativas y cualitativas de las semillas mejoradas.

El vigor es un criterio relativamente nuevo que ha tomado importancia en la calidad de las semillas, que junto con la germinación permiten evaluar la calidad fisiológica.

El vigor, de acuerdo con Villaseñor (1984), destacó como un carácter heredable y factible de ser utilizado como un criterio de selección en el mejoramiento genético, sin desconocer el hecho de que es la expresión de factores internos y externos de la semilla.

El vigor es una propiedad de las semillas, que puede verse alterado por: a) la constitución genética, b) el desarrollo y nutrición de la planta madre y c) por el tipo de progenitores tanto masculino como femenino; 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).

Al estudiar los efectos producidos en la calidad de las semillas, si se altera el tipo de progenitores, Poehlman (1979) hace mención del fenómeno llamado "xenia", el cual es el efecto que produce el polen sobre el endospermo del grano.

De la Loma (1975) sostiene que los caracteres del endospermo, en maíces derivados de cruzamiento, se deben a la xenia, que como sabemos, es el efecto de la fusión de los dos núcleos polares del saco embrionario con un núcleo generativo del grano de polen, por lo que el albumen del grano tiene ya las características del híbrido, al formarse la semilla en la mazorca de la planta madre.

Reyes (1985) indica que se conoce como xenia al efecto inmediato del grano de polen en tejidos diferentes del embrión; generalmente el efecto se manifiesta en el endospermo.

Jugenheimer (1976) cita que la xenia es el efecto inmediato del polen de un progenitor masculino extraño sobre el tejido no materno del grano. Pueden afectarse caracteres fenotípicos como el color, la forma, el tamaño y el peso.

Resulta entonces importante profundizar en el estudio de los factores que confluyen en la determinación de la calidad de las semillas mejoradas de maíz.

Los argumentos anteriores son los que en lo fundamental dieron origen a la presente investigación en la cual se planteó medir los cambios en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz por el efecto del progenitor masculino en híbridos trilineales; con lo cual se desea contribuir al conocimiento de elementos que permitan mejorar la calidad en semillas con fines agrícolas.

1.1. Objetivos

1. Estudiar la influencia de los progenitores macho en la calidad física y fisiológica de híbridos trilineales de maíz.
2. Caracterización de híbridos en base a la calidad de semilla de la F. producida.

1.2. Hipótesis

1. El efecto de xenia es determinante en la expresión de la calidad física y fisiológica de semilla en híbridos de maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Sistemas de mejoramiento y tipos de variedades que se obtienen.

Reyes (1985) menciona que los métodos de mejoramiento tienen como finalidad cambiar la frecuencia génica y mover la media en el sentido de interés económico, con lo cual se logra la evolución acelerada de la población. Los cambios en la frecuencia génica son tanto para los caracteres cualitativos como para los cuantitativos.

Los métodos de mejoramiento comprenden dos grandes grupos:

I. Métodos con escasa o nula endogamia que desarrollan variedades de polinización libre (V) con amplia variación genética y amplia área geográfica de adaptación. En estos se incluyen:

1. La selección masal.
2. La selección masal estratificada.
3. La selección familiar.
4. Cruzas intervarietales.

II. Métodos con alto grado de endogamia que desarrollan variedades sintéticas (VS) e híbridos (H) con menor variabilidad genética y reducida área geográfica de adaptación. Estos métodos son:

1. Selección recurrente.
2. Selección de líneas autofecundadas y evaluación de híbridos simples, de tres líneas e híbridos dobles.
3. Cruzas regresivas.

2.1.1. Selección.

Poehlman (1979) indica que la selección es uno de los procedimientos de

mejoramiento más antiguos y constituye la base de todo mejoramiento de cosechas.

El estado actual de las plantas cultivadas es en gran parte el resultado acumulativo de todas las selecciones que continuamente se han practicado durante muchos siglos. Esencialmente la selección es un proceso natural o artificial, mediante el cual se separan plantas individuales o grupos de las mismas dentro de poblaciones mezcladas. La eficiencia de la selección depende de la presencia de variabilidad genética. Para la creación de nuevas variedades en las especies autofecundadas se practican dos métodos de selección. Estos son: a) la selección en masa, y b) la selección de líneas puras. Si un grupo de plantas similares en apariencia se seleccionan y se cosecha mezclando su semilla, la mezcla resultante se denomina selección masal. La progenie descendiente únicamente por autofecundación, de una planta individual homocigote, es considerada como una línea pura. Los procedimientos de selección que se utilizan en el mejoramiento de las especies con polinización cruzada difieren de aquellas que se utilizan en las especies autofecundadas, en que estas además de la selección en masa, comprenden la selección de progenies, el mejoramiento de líneas y la selección recurrente.

La selección en masa es un procedimiento de selección en el que se seleccionan plantas individuales con características favorables y se mezcla su semilla para producir la siguiente generación. Se basa en la selección fenotípica, o sea en la apariencia de la planta y en los caracteres particulares que pueden identificarse. La ventaja principal de este método de selección en masa es su simplicidad y la facilidad con que puede llevarse a cabo. El progreso que puede lograrse en el mejoramiento por medio de la selección en masa está limitado por el grado de variabilidad genética ya presente en la

población. Debido a que la selección en las especies de polinización cruzada natural se basa únicamente en la planta madre, no hay control del progenitor que proporciona el polen o de los genes que este aporta a la progenie.

La selección de progenies y mejoramiento por líneas (surco por planta) es un procedimiento en el que las progenies se cultivan en lotes individuales con el objeto de determinar la capacidad de mejoramiento de las plantas seleccionadas. Mediante la prueba de las progenies se pueden diferenciar las plantas cuya superioridad se deba a variación genética de aquellas en que sea debida al medio ambiente.

La selección recurrente se utiliza en las especies de polinización cruzada con el fin de concentrar genes para una característica cuantitativa en una población, sin una marcada pérdida de variabilidad genética.

2.1.2. Hibridación.

Se entiende como hibridación, al aprovechamiento generacional de la población F_1 , en donde las combinaciones híbridas dan lugar a vigorosidad y productividad (Márquez, 1988).

Un programa tendiente a la formación de híbridos se inicia con la derivación de líneas autofecundadas a partir de una población variable. En el proceso de avance endogámico se practica selección por caracteres de interés agronómico; sin embargo, el valor de una línea se complementa con la selección por aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica. Una vez identificadas las líneas superiores; estas pueden utilizarse en la formación de híbridos de cruce simple trilineales, y de cruce doble (Carballo, 1991).

2.2 Formación de la semilla.

Mckay (1980) señala que los estambres producen los granos de polen que posteriormente darán origen a las células masculinas o espermáticas. Los estambres tienen un pedúnculo o tallito en el cual se encuentra el saco polínico o antera en la parte superior.

El pistilo, generalmente colocado en el centro de la flor, es el órgano femenino. Por regla general, se observan en él tres partes perfectamente distintas: el ovario que contiene una o más semillas inmaduras llamadas óvulos; arriba del ovario un delgado tubo o estilo; y en la parte superior el estigma, en el cual se deposita el polen. Los estambres y el pistilo son los órganos esenciales porque son indispensables para la formación de las semillas.

La formación de la semilla en las plantas superiores depende del proceso de la reproducción sexual en la flor. Seis pasos tienen lugar en el desarrollo de las estructuras de la planta que originan la formación de la semilla y son:

- 1) La formación de los estambres y del pistilo en la yema de la flor;
- 2) la floración, que indica la madurez sexual de estos órganos;
- 3) la polinización, que consiste en el transporte del polen de los estambres al pistilo, la germinación del polen, y la formación del tubo polínico;
- 4) la fecundación del núcleo del huevo y de los núcleos polares por los núcleos espermáticos ;
- 5) crecimiento del huevo fecundado y su diferenciación en un embrión, además de una capa envolvente, la testa;
- 6) madurez de la semilla, generalmente con una acumulación de alimentos almacenado.

Los granos de polen son llevados de los estambres al estigma del pistilo por los insectos, el viento, o por la gravedad.

Los granos de polen germinan en la superficie del estigma y producen un largo y delicado tubo, que crece a través del tejido del estilo hacia el óvulo. Dos núcleos masculinos o espermias, se dirigen hacia abajo en el tubo polínico para alcanzar el óvulo. Uno se une con el huevo en el saco embrionario del óvulo; el otro con los dos núcleos polares, ocurriendo lo que se denomina como doble fecundación.

El huevo fecundado origina una planta rudimentaria, el embrión de la semilla, punto de partida de la siguiente formación de la planta; los núcleos polares fecundados, originan un tejido llamado endospermo que rodea y nutre al creciente embrión. El endospermo en la mayoría de las semillas es absorbido completamente por el embrión cuando la semilla llega a su completa madurez.

De la Loma (1985) señala que en las angiospermas, el proceso de la fecundación ocurre cuando el grano de polen se pone en contacto con el estigma y germina, emitiendo un tubo por el cual se vacía su contenido. Este tubo penetra en el estilo llegando al ovario, y finalmente entra por el micropilo del óvulo al saco embrionario; cerca de la punta del tubo van dos núcleos generadores, quedando el núcleo del tubo bastante retrasado.

Uno de los núcleos generadores del polen se une con el núcleo del saco embrionario, y el otro núcleo generador se fusiona con el núcleo generador del óvulo. El núcleo resultante de la fusión de un núcleo haploide del polen con el núcleo diploide del saco embrionario, es triploide y contiene doble número de cromosomas de procedencia materna que los que contiene los procedentes del grano del polen. En cambio, el cigote resultante de la fusión de un núcleo haploide del grano de polen con el generador del óvulo, también es diploide y en él cada cromosoma proviene de un

progenitor y el cromosoma homólogo correspondiente procede del otro. Ambos núcleos se dividen repetidas veces por mitosis somática, y finalmente el cigote produce el embrión; el núcleo fertilizado del saco embrionario produce el endospermo, en tanto que las paredes del óvulo, que son de origen totalmente materno al desarrollarse producen el pericarpio. En la semilla resultante el embrión contiene igual número de cromosomas procedentes de cada uno de sus dos progenitores; el endospermo contiene doble número de cromosomas de origen materno que los que proceden del progenitor masculino, y el pericarpio contiene exclusivamente material materno; al germinar la semilla se desarrolla el embrión, en tanto que el endospermo y el pericarpio se desintegran, de manera que por lo que se refiere al contenido cromosómico, el nuevo individuo contiene dosis idénticas en cantidad, de cada uno de sus progenitores.

Sin embargo, hay que hacer notar que en las angiospermas realmente tiene lugar una doble fecundación y, puesto que el polen interviene en la formación del endospermo, es lógico esperar que el endospermo esté influido en sus caracteres por la clase de polen de que se haya formado siendo posible que el gameto masculino afecte sus caracteres en forma semejante a como afecta a los del cigote. A la influencia del polen sobre tejidos diferentes al embrión se le denomina xenia.

Reyes (1985) indica que en las plantas superiores angiospermas, la fecundación es una doble fertilización que requiere de los siguientes pasos: polinización, germinación del grano de polen y doble fertilización o singamia.

La polinización es el transporte del polen desde la antera hasta el estigma o el estilo; este transporte es realizado por el viento, los insectos o inconscientemente por el hombre. Cuando la polinización es controlada, el técnico la hace a voluntad, lo cual

requiere de ciertas técnicas. ya que el polen o el estigma son muy susceptibles a daño por el frío, el calor, la escasez o exceso de humedad, y su viabilidad es de corto tiempo.

La germinación del grano de polen ocurre en el estigma o en el estilo, si tiene propiedades estigmáticas. El grano de polen tiene 3 núcleos haploides y escaso citoplasma; uno de los núcleos tiene tales propiedades que forma un tubo a través del estilo hasta llegar al saco embrionario, este tubo se llama "tubo polínico"; los otros dos núcleos forman las células generativas o células espermáticas, las cuales pasan a través del tubo polínico hasta alcanzar al saco embrionario.

Se le llama doble fecundación al proceso en el cual ocurre la singamia, que consiste en la unión de un núcleo haploide de la célula espermática del grano de polen con los dos núcleos polares del saco embrionario formando una célula triploide, que por mitosis sucesivas forma el endospermo de la semilla. El otro núcleo haploide de la célula espermática del grano de polen se fusiona con la oosfera, núcleo también haploide; el resultado es la formación de una célula diploide llamada "cigote" o "cigoto" y que por divisiones mitóticas sucesivas formará el embrión. El endospermo y el embrión son las estructuras fundamentales de la semilla. El embrión, por mitosis, formará la plántula y la planta adulta. Cuando la semilla germina el endospermo o los cotiledones son las reservas que alimentan a la plántula.

El pericarpio es la cubierta de la semilla y es de origen únicamente materno; en la composición del endospermo $\frac{2}{3}$ son de origen materno y $\frac{1}{3}$ de origen paterno; y el embrión tiene el 50% de cada progenitor.

2.3 Calidad de la semilla.

Con el incremento constante del costo y la demanda de semilla para siembra, en

una agricultura que requiere ser dinámica y eficiente en el uso de insumos; se hace necesario considerar cada vez más la calidad de la semilla.

La calidad de semilla se refiere a la capacidad de esta para germinar y producir una plántula aceptable (Moreno, 1984) bajo condiciones óptimas y subóptimas, que aseguren buen establecimiento del cultivo (Ramírez, 1989), en siembras que tengan un determinado propósito en un ambiente definido (Thomson, 1979).

Para Maguire (1980), la calidad de semilla significa: homogeneidad genética, buena apariencia física, sanidad, uniformidad en tamaño y forma, alta viabilidad y que el comportamiento de las plantas sea buena en función de la emergencia, desarrollo, crecimiento y por último el rendimiento del cultivo. Frecuentemente se ha utilizado como sinónimo a la calidad de semilla y el vigor de semilla para referirse a la misma condición.

Valadez (1991) indica que el éxito de la producción se basa en gran medida en el uso de semilla de alta calidad. La calidad de la semilla es un concepto múltiple que conjunta varios componentes. Una semilla es de buena calidad cuando tiene pureza, tanto varietal como física, alto vigor y capacidad germinativa, y está libre de organismos patógenos transmisibles por semilla.

Dichos elementos deben ser considerados en todo momento en forma orgánica y estrictamente correlacionados entre sí.

Carballo (1989) describe a la calidad de semilla contemplando cuatro factores; a saber: calidad física, fisiológica, genética y sanidad. Perry (1983), menciona que la calidad de semilla adquirió relevancia con el desarrollo de la industria semillera; generalmente cubre cuatro aspectos: calidad genética, física, biológica y sanitaria.

Calidad pareciera ser un término nuevo; sin embargo. Bustamante (citado por Ramírez, 1989) comenta que data de 1896; cuando en Europa la semilla comercializada produjo bajos rendimientos por estar deteriorada. A partir de tales incidentes es como inician laboratorios de análisis de semillas en Europa, Norte y Sudamérica, África y Asia.

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).

2.3.1. Calidad genética.

La calidad genética se refiere a la que obtiene el fitomejorador; es decir, un material genético de características sobresalientes (Bustamante, 1983). Las semillas tienen pureza varietal (calidad genética) cuando al reproducirse transmiten todas sus características genéticas (CIAT, 1979). La pureza varietal no implica necesariamente homogeneidad total de tipos; supone más bien; la identificación de ámbitos de variaciones que resulten, conciente o inconcientemente del trabajo de mejoramiento al momento de liberar la variedad (CIAT, 1983).

La calidad genética de la semilla depende de su identidad y pureza varietal. Es deseable en plantas alógamas cierto grado de uniformidad, sobre todo en líneas de maíz, para evitar cambios indeseables en su expresión y en el comportamiento híbrido (FAO: Crosbie; citados por Martínez, 1988) por lo cual, se han desarrollado metodologías respecto a descripción varietal que permitan un mantenimiento adecuado de la pureza genética (CIAT, 1983). Organismos internacionales de pruebas de semillas contemplan la verificación de especie, cultivar y origen de la semilla mediante pruebas

laboratorio, invernadero y campo, para corroborar la autenticidad de la variedad o híbrido adquirido por el agricultor (ISTA, 1985).

Garay (1981) señala que debido a la importancia de este componente se han desarrollado los programas de fitomejoramiento, mediante la introducción y/o cruzamiento y selección para identificar el material genético adecuado. Llegándose a obtener variedades e híbridos con características sobresalientes, tales como un mayor rendimiento, calidad de producción, resistencia a plagas y enfermedades. etc. El hecho de obtener este "material genético superior" significa que se ha logrado el primer componente de la calidad de la semilla; entonces esta calidad viene determinada por el genotipo de la variedad o híbrido.

2.3.2. Sanidad.

Carballo (1989) indica que la calidad sanitaria implica que la semilla este libre de plagas y enfermedades o de las estructuras reproductivas de tales organismos.

Valadez (1991) señala que la calidad sanitaria es referida a la ausencia de patógenos que puedan transmitirse por semilla y a la utilización de tratamientos con productos químicos. La sanidad patológica se refiere al hecho de que la semilla se encuentra libre de microorganismos (hongos, bacterias y virus), ya que representan una seria amenaza para la producción de semilla de alta calidad.

Valadez (1991) indica que aproximadamente el 90% de las enfermedades son transmitidas por semilla; existiendo tres formas de asociación semilla-patógeno: acompañamiento, transporte externo y transporte interno.

Garay (1981) menciona que para obtener semillas sanas, es necesario cuidar los siguientes aspectos: a) origen de la semilla, b) zona de producción, c) erradicación

de núcleo, d) control de vectores, e) tratamiento de la semilla y f) almacenamiento.

2.3.3. Calidad física.

La calidad física consiste en una serie de atributos de la semilla, como peso de mil semillas, clasificación por tamaños, peso volumétrico y el análisis propiamente de pureza que separa la muestra de semillas en sus diversos componentes: semilla pura, semilla de otros cultivos, semilla de malas hierbas y materia inerte (Moreno, 1984).

Carballo (1989) se refiere a la calidad física como la proporción de semilla pura, uniforme en tamaño y forma, ausencia de semilla de otros cultivos y de malezas.

Las semillas tienen calidad física o pureza física, cuando están libres de materia inerte y de semillas tanto de malezas como de otros cultivos (CIAT, 1979); son de tamaño uniformemente grande y con bajo contenido de humedad (Thomson, 1979); sin daño mecánico y están tratadas químicamente.

Adicionalmente el peso volumétrico y el peso de mil semillas son indicadores de la calidad física (F.A.O. 1961), ya que un cultivo sujeto a falta de nutrientes, daño por helada o granizo; lo verá reflejado en su peso volumétrico (Bustamante, 1983).

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 relacionada con el vigor y por ende en la calidad.

2.3.3.1. Color de la semilla. 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 éste tejido, el comportamiento de la semilla puede ser muy variable. La composición de la semilla puede ser modificada por acción génica de los

progenitores que participan (Perry, 1981a).

En la polinización, uno de los efectos es el de "xenia" definida por Poehlman (1979) 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 (dominancia y recesividad), más el efecto de xenia.

Kratebuch de Taberna (citado por Ramírez, 1989), 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.

2.3.3.2. Tamaño 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 por la acción génica que ejercen los progenitores.

El máximo nivel de vigor de un lote de semilla es determinado por el genotipo, y puede ser modificado por las condiciones de producción de la planta madre (Perry, 1981), las cuales pueden afectar directamente su tamaño y composición: por otro lado se ha observado (Copeland, 1976) que la condición nutricional de la planta madre, densidad de población y etapa de maduración en la semilla son características que están directamente relacionadas con el vigor, y se ve reflejado en el tamaño de la misma.

Un aspecto físico de las semillas, que incluso puede cuantificarse son el peso, forma y tamaño. Tales características han sido motivo de discrepancias.

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.

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 la semilla con mayor contenido de reservas y por lo tanto alto vigor.

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

Sánchez (1982), al someter distintos tamaños de semillas de maíz a diferentes profundidades de siembra no encontró diferencia alguna para el parámetro rendimiento; sin embargo, el tamaño más grande de la 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). Osorio (1987) al evaluar líneas de maíz en base al porcentaje de germinación y vigorosidad en la plántula, concluyó 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.

Villaseñor (1984) menciona que si bien es cierto que en algunos casos el tamaño de la semilla presenta cierta relación con el vigor de plántula y el rendimiento de campo; existen también ejemplos donde no se presenta relación alguna, como los indicados por Major (1977), Sánchez (1982), Suh *et al.* (1974), Calton y Hartwig (1971), Johnson y Luedders (1974), y Hartwig y Edwards (citados por Johnson y Luedders, 1974); sin embargo, aún se tiene la tendencia a suponer que un mayor tamaño de la semilla tiene una repercusión directa sobre la emergencia, establecimiento y desarrollo inicial de las plántulas, lo que hace necesario que la relación tamaño-vigor deba seguirse estudiando.

2.3.4. Calidad fisiológica.

La calidad fisiológica involucra aspectos tales como viabilidad, germinación y vigor. La viabilidad se determina preferentemente en especies que germinan de manera lenta cuando se utilizan los métodos convencionales de germinación. Esta ha sido definida y estandarizada a nivel internacional para numerosas especies y es una prueba indispensable en los laboratorios de semillas (ISTA, 1985).

Carballo (1989) menciona que la calidad fisiológica implica a la viabilidad, germinación, vigor y longevidad.

La calidad fisiológica esta referida a las características de viabilidad de una

semilla y a la capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos (Bustamante, citado por Valadez, 1991). La viabilidad denota el grado en que una semilla esta viva, metabólicamente activa, y posee enzimas capaces de catalizar las reacciones necesarias para la germinación y el crecimiento de la plántula. En este sentido la semilla puede contener tejido vivo y tejido muerto. El término viabilidad también se usa como sinónimo de germinación (Bustamante, citado por Valadez, 1991).

Germinación se refiere a la capacidad para "la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la aptitud de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Moreno, 1984).

El concepto de "vigor" de las semillas surgió como un aspecto adicional de la calidad fisiológica que es importante en cuanto al comportamiento de las semillas en el campo (Perry, 1983).

2.3.4.1. Vigor en semillas. Recientemente se reconoció el vigor como un factor definitivo de la calidad y se comprendieron sus efectos sobre el comportamiento de la semilla y del cultivo en el campo (Perry, 1980); por lo tanto, debe de ser considerado para la evaluación de la calidad. Al respecto Perry (1983) señala al vigor como el factor más importante de la calidad de semillas.

El vigor de la semilla es una característica en la que se ha puesto especial interés en la producción moderna de semillas. Esta generalizado y aceptado que el valor principal del vigor de la semilla resulta de su aplicación a la semilla que se siembra en el campo. Los efectos más reconocidos son los relacionados a la emergencia de las plántulas.

Hay dos aspectos considerados en el vigor de la semilla, el genético y el fisiológico. El vigor genético puede ser visto en la heterosis (vigor híbrido) o como la diferencia en vigor entre dos líneas genéticas. El vigor fisiológico puede ser visto en la diferencia en vigor entre dos lotes de semillas de la misma línea genética (Kozlowsky, 1972).

Para Halmer y Bewley (1984) el término vigor es aplicado en muchos sentidos específicos para describir la cualidad que incluyera parámetros fácilmente medibles como velocidad de germinación, velocidad de elongación de plántula, incremento de peso fresco o seco en condiciones de prueba.

Villaseñor (1984) indica que el vigor de la semilla, dentro de los factores de calidad, se considera como el más importante, ya que está directamente relacionado con una germinación más rápida y uniforme, así como con plántulas más vigorosas que subsecuentemente tendrán mayor capacidad competitiva esperándose que dicha característica se refleje en el rendimiento.

Las pruebas de germinación y las pruebas de vigor están directamente ligadas, ya que no se puede realizar la prueba de vigor en forma directa, sin haber practicado la de germinación. Thomson (1979) indica que la alta capacidad germinativa esta asociada con el alto vigor de un lote de semillas.

2.3.4.2. Importancia del vigor en semillas. Delouche y Cadwell, (citados por Villaseñor, 1984) indican que el término vigor de la semilla ha sido manejado más a nivel de plántula, teniendo como objetivo principal, establecer la diferencia entre lotes de semilla y descartar los que muestren menor vigor: sin embargo, Perry (1981a) considera que el valor principal del concepto de vigor de semilla consiste en su aplicación sobre

semillas sembradas en el campo donde puede ser usado para describir variaciones observadas en rendimiento entre los lotes.

Por su parte Copeland (1976) considera que el vigor de la semilla se observa más fácilmente durante la emergencia, siendo posible en esta etapa de desarrollo encontrar mayor diferencia entre genotipos con diferente vigor e incluso entre lotes de un mismo genotipo, lográndose así seleccionar aquellos lotes que aseguren mayor emergencia, establecimiento del cultivo y capacidad competitiva bajo diversas condiciones de siembra; esto también ha sido señalado por Delouche y Cadwell (1962).

Villaseñor (1984) cita a Perry quien considera que la diferencia de vigor de la semilla durante la emergencia, cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas, puede traducirse posteriormente en baja capacidad de ahijamiento, menor crecimiento, alteraciones en el ciclo de cultivo y diferencias en rendimiento entre lotes; cuando las condiciones para emerger son adecuadas, la diferencia entre lotes se reduce, pero se ha observado que lotes vigorosos presentan germinación más uniforme, mayor capacidad competitiva y posiblemente algún incremento en el rendimiento.

Villaseñor (1984), considerando características como emergencia y establecimiento, menciona que el vigor de la semilla es importante para especies de semilla chica, como las gramíneas forrajeras entre otras; donde la velocidad de emergencia y la mayor capacidad competitiva inicial es fundamental para obtener buenos rendimientos. Perry (1981a) indica que otra aplicación directa de contar con lotes de semillas con alto vigor es en aquellas especies con ciclo de cultivo reducido en donde se busca una emergencia rápida y una etapa vegetativa reducida para tener una etapa reproductiva prolongada que se espera este relacionada con mayor rendimiento.

2.3.4.3. Concepto de vigor en semilla. Perry (citado por Villaseñor, 1984) menciona que fue en 1950, durante el Congreso Internacional de Prueba de Semillas, cuando surgió el término vigor, mediante una sugerencia de Frank (citado por Perry, 1981a) proponiéndose que la germinación fuera evaluada en sustratos artificiales, ya fuese mediante métodos directos o indirectos, y que fue en la misma reunión donde se formó un Comité para definir el vigor y uniformizar los métodos para su determinación.

Isely (1957) señala que dos puntos de vista predominan en la mayoría de los conceptos de vigor:

- 1) La capacidad de emerger y crecer bajo condiciones desfavorables de campo.
- 2) El vigor por sí mismo, reflejado en la rapidez de la germinación y rápida tasa de crecimiento de las plántulas.

Este autor expresa que ambos aspectos deben ser juzgados como entidades separadas, dando más énfasis al segundo punto, el que se considera como una cualidad innata de la semilla.

Isely (citado por Villaseñor, 1984) define el vigor como "la suma total de todos los atributos de la semilla, los cuales favorecen el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones favorables de campo".

Hunter (1971) definió vigor de la semilla como "la suma de todas las propiedades de la semilla que resultan en una rápida y uniforme producción de cogollos sanos bajo una amplia gama de ambientes, incluyendo condiciones favorables y desfavorables"; por su parte Copeland (1976) definió el vigor como "aquella condición activa y sana de las semillas que les permita una germinación uniforme y un rápido crecimiento de plántulas, bajo condiciones generales de campo, al ser sembradas".

Fue hasta 1977 cuando el Comité Internacional de Pruebas de vigor logró tener una definición más clara acerca del término (Perry, 1981a), y lo definió como "la suma total de todas aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y rendimiento de la semilla durante la germinación y emergencia".

Villaseñor (1984) menciona que de las definiciones revisadas en ninguna de ellas se consideran etapas fenológicas mas allá del estado de plántula, ni indican la posible metodología a emplear para evaluar el vigor; por lo anterior, con base en las mismas definiciones y considerando las metodologías más apropiadas para evaluar vigor, propone definir éste como "la capacidad de la semilla puesta en diversas condiciones ambientales para emerger mas rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo".

2.3.4.4. Evaluación del vigor en semillas. Perry (citado por Villaseñor, 1984) señala que en la actualidad existen pruebas, tanto de campo como de laboratorio para evaluar el vigor de las semillas.

Menciona que un primer avance que se tuvo sobre pruebas de vigor fue señalado por Isely (1957) quién las clasificó en: a) Pruebas directas, las cuales simulan condiciones favorables o desfavorables de campo, y b) Pruebas indirectas, las cuales miden ciertos atributos fisiológicos de la semilla. Según este autor ambos tipos de pruebas presentan ventajas y desventajas.

Perry (1981a) señala las siguientes cuatro áreas en donde es factible observar el efecto de vigor:

- 1) Procesos y reacciones bioquímicas durante la germinación, tales como reacciones de enzimas y actividad respiratoria.

2) Proporción y uniformidad en la germinación de la semilla y crecimiento en el semillero.

3) Proporción y uniformidad en la germinación de la semilla y crecimiento en el campo.

4) Habilidad de emergencia de la semilla bajo condiciones ambientales desfavorables.

Por su parte Copeland (1976) menciona siete aspectos donde es factible evaluar el vigor y son:

1) Velocidad de germinación.

2) Uniformidad de germinación y desarrollo de la plántula bajo condiciones ambientales no uniformes.

3) Habilidad para emerger a través de una costra de suelo.

4) Germinación y emergencia de la plántula en suelo frío, inundado e infestado de patógenos.

5) Desarrollo morfológico normal de la plántula.

6) Rendimiento.

7) Almacenamiento bajo condiciones adversas.

Villaseñor (1984) establece asimismo que considerando la clasificación dada por Isely (1957), y las áreas y aspectos mencionados por Perry (1981a) y Copeland (1976), las diferentes pruebas de vigor se han agrupado de la siguiente manera:

Pruebas directas.

Estas pruebas se caracterizan en que la evaluación del vigor se hace una vez que la semilla ha germinado bajo condiciones favorables en unos casos, o condiciones

desfavorables para otros; y pueden ser realizadas bajo condiciones de campo o laboratorio. Entre las pruebas más comunes se tienen las siguientes:

- Prueba de frío.
- Prueba de Hiltner.
- Prueba de crecimiento de plántulas.
- Prueba de velocidad de germinación.
- Prueba de acumulación total de materia seca producida en el cogollo de la planta.
- Prueba de envejecimiento acelerado.
- Prueba de ladrillo molido.

Pruebas indirectas.

Este tipo de pruebas son más sofisticadas que las pruebas directas, ya que por lo general requieren de aparatos especializados o sustancias que no fácilmente se consiguen. El nombre de indirectas se debe a que la evaluación de vigor se aplica directamente sobre la semilla, antes de que se inicie la germinación. Dentro de las más comunes tenemos las siguientes:

- Prueba de tetrazolium.
- Prueba de la tasa de respiración.
- Prueba de ácido glutámico descarboxilasa (GADA).
- Prueba de niveles de Adenosina Trifosfato (ATP)
- Prueba de conductividad eléctrica.
- Prueba de cambios en la permeabilidad.

2.4. Influencia del progenitor masculino sobre la calidad de semilla.

De la Loma (1985) sostiene que los caracteres del endospermo del maíz, en los maces provenientes de cruzamiento, se deben a la xenia que como sabemos, es el efecto de la fusión de los dos núcleos polares del saco embrionario con el segundo núcleo del grano de polen, por lo que, el albumen del grano tiene ya las características del híbrido, al formarse la semilla en la mazorca de la planta madre.

Ramírez (1989) menciona que en la polinización, uno de los efectos es el de "xenia" definido por Poehlman (1979) como la acción inmediata del grano de polen sobre la incipiente semilla en formación. Por lo tanto, la coloración que adquiera estará de acuerdo a las leyes de la recombinación génica (dominancia y recesividad).

En 1588, Kratbuch de Taberna (citado por Ramírez, 1989) 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).

Jugenheimer (1981) cita que la xenia es el efecto inmediato del polen de un progenitor masculino extraño sobre el tejido no materno del grano. Este incluye tanto al embrión como al endospermo. Pueden afectarse caracteres fenotípicos como el color, la forma, el tamaño y el peso. Los granos de maíz dulce y ceroso cruzados con maíz harinoso se caracterizan por una extracción reducida de carbohidratos solubles en agua.

Kieselbach (1960a) estudió el significado genético y fisiológico de los efectos de

la xenia sobre el peso de los granos de maíz maduro e informó que tales efectos son causados por una o más, de las tres causas siguientes.

- 1). Cambio en el vigor híbrido de los tejidos no maternos, el cual puede relacionarse con la acción de la dosis o dotación cromosómica o con la de los genes específicos.
- 2). Cambio de un endospermo recesivo o uno dominante con sus efectos fisiológicos específicos.
- 3). Herencia cuantitativa (tamaño). Los efectos de ésta generalmente no tienen consecuencias. Ramírez (1989) indica que 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.

Reyes (1985) indica que se conoce como xenia al efecto inmediato del grano de polen en tejidos diferentes del embrión; generalmente el efecto se manifiesta en el endospermo.

Robles trabajó en maíz cacahuazintle, palomero y el efecto de xenia se midió por pruebas de expansión con las cruces directas y recíprocas.

La importancia de la xenia se manifiesta en la producción de semilla o de grano comercial para fines industrializables, ya que es necesario evitar el efecto de la xenia. Por ejemplo: para producir maíz dulce, céreo, palomero, amarillo etc. es necesario el aislamiento para obtener semilla o grano que conserve las características que exige la industria.

III. MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se dividió en dos etapas. La primera comprendió las actividades realizadas en campo, desde la siembra hasta la cosecha de híbridos trilineales formados a partir de 6 cruzas simples y 10 líneas como progenitores. La segunda etapa incluyó las pruebas de laboratorio e invernadero para evaluar la calidad física y fisiológica de la semilla producida en campo.

3.1. Localización del sitio experimental.

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, localizado en Montecillo, Estado de México. De las estaciones meteorológicas que reporta García (1988), Chapingo es la más cercana al sitio experimental; se localiza a los 19° 29' de Latitud Norte y 98° 53' de Longitud Oeste, a una altura de 2 250 msnm. La temperatura media anual es de 15.2°C y el promedio anual de precipitación pluvial es de 636.5 mm.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), el clima de la región corresponde a un C (wo) (W) b(i) g, templado subhúmedo con lluvias en verano y es el subtipo más seco de los C (w).

3.2. Material genético.

Los materiales genéticos fueron proporcionados por el programa de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados.

Para lograr el material experimental consistente de 55 cruzas trilineales, se partió de un grupo de 10 líneas no emparentadas entre sí, con niveles de autofecundación S_2 a S_4 , como progenitores machos, y de seis cruzas simples sobresalientes como progenitores femeninos.

3.3. Establecimiento y conducción del lote experimental.

3.3.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno incluyó un barbecho, dos rastreos cruzados, nivelación y surcado a 80 cm de separación.

3.3.2. Siembra.

Se realizó en el ciclo primavera-verano de 1991, en seco, en forma manual con la ayuda de una pala y depositando una semilla por golpe cada 30 cm para obtener la densidad de población de 42,000 plantas por hectárea; cada línea y cruza simple fueron sembradas en parcelas de 10 surcos de 10 metros de largo.

3.3.3. Control de malezas y plagas.

El cultivo se mantuvo libre de malezas mediante la aplicación de Gesaprim 50 y Hierbamina (2,4 D-amina + atrazina) en proporción de 1 kg + 1 lt en pre-emergencia del cultivo, además de dos escardas y deshierbes manuales. La incidencia de plagas y enfermedades no fue importante y no ameritó el uso de agroquímicos para su control.

3.3.4. Riegos y fertilización.

Se aplicó el riego de siembra y posteriormente se dieron cuatro de auxilio con un intervalo de 15 días, y una vez establecido el temporal se interrumpieron éstos.

Se fertilizó con el tratamiento 140 - 60 - 00 ; aplicando todo el fósforo y 80 kg de nitrógeno en la siembra y el resto de nitrógeno en la segunda escarda. Las fuentes de fertilizante fueron nitrato de amonio (33.5% de N), superfosfato de calcio triple (46.0% de P_2O_5), y sulfato de amonio (20.5% de N).

3.3.5. Polinización controlada manual.

Esta técnica de polinización necesita de varias prácticas: corte y cobertura de

jilotes, cobertura de espigas para recolección de polen y polinización, después de la cual se marca en las bolsas, la fecha y progenitores de la cruce, se cubren los jilotes polinizados y se engrapan las bolsas. El jiloteo consistió en recorrer diariamente surco por surco y planta por planta, observando las que ya tuvieran espiga emergida para en ellas localizar el jilote superior, eliminar la hoja, cortarlo en la punta antes de la emisión de estigmas y cubrirlo con bolsas transparentes o "glassine".

Transportar el polen a los jilotes cubiertos es parte importante del proceso de la polinización controlada. Primero hay que cubrir las espigas seleccionadas en el progenitor macho; que en este caso fueron las líneas. La elección de las espigas debe ser tal que permita cubrir espigas cuya derrama de polen abundante ocurra en el día en que se realizará la recolección del polen y la polinización correspondiente, en estigmas expuestos de manera uniforme en jilotes de los progenitores hembra. La cubierta del jilote y de la espiga, fundamentalmente tiene por objeto controlar la polinización entre los progenitores programados; en este caso cruza simple hembras y líneas como macho.

3.3.6. Cosecha.

Esta se realizó cuando el grano llegó al 25% de humedad. Cada planta polinizada de manera controlada, se cosechó individualmente colocando la mazorca en la bolsa correspondiente, donde estaba identificado el cruzamiento realizado. En cada una de las 6 cruza simple hembras se realizó esta separación, para después juntar mazorcas correspondientes a una misma cruce, hasta conjuntar las 10 cruza programadas en cada hembra. Cada cruce se colocó en bolsas de manta, debidamente identificadas con etiquetas colocadas al interior y exterior de las mismas.

3.4. Datos tomados en mazorca y semilla.

Para la toma de datos, se eligieron al azar diez mazorcas bien formadas de cada una de las cruces realizadas. Las variables consideradas en esta etapa fueron las siguientes:

3.4.1. En mazorca.

Número de hileras. Ya sean rectas o en espiral, siempre habrá un número par de ellas. Se contaron en la parte central de la mazorca.

Longitud de la mazorca. Se midió en centímetros desde la base hasta el ápice.

Número de granos por hilera. Se contaron en la hilera, desde la base hasta el ápice de la mazorca.

Diámetro de la mazorca. Se midió en cm en la parte media desde la corona de un grano a la corona del diametralmente opuesto, utilizando vernier para la medición.

Diámetro del olote (ráquiz). Se midió en centímetros en la parte media entre la base de la inserción de dos granos diametralmente opuestos, utilizando vernier para la medición.

3.4.2. En semilla.

Para todas las características de la semilla, estas se obtuvieron cuando tenían entre 12 y 15% de humedad.

Espesor de los granos. Comprendida entre dos caras opuestas del grano, se midió en mm con vernier, en la parte media de la mazorca, a partir de 10 granos.

Longitud de grano. Se midió en milímetros, desde el ápice del grano -extremidad que se inserta en la mazorca- hasta la corona del mismo en muestras de 10 granos tomados de la parte central de la mazorca.

Peso de 1000 semillas. Se pesaron ocho muestras de 100 semillas y se obtuvo el promedio, el cual se multiplicó por 10.

Peso hectolítrico. Se determinó a partir del peso de 1 litro de semilla y se expresa en kilogramos/hectolitro.

Porcentaje de humedad. Se obtuvo en un determinador electrónico Steinlite Modelo 55250, a partir de una muestra de 250 g de semilla.

3.5. Evaluación de la calidad fisiológica.

3.5.1 Diseño experimental, características y conducción del experimento.

De cada material genético, debidamente homogeneizado se obtuvo una muestra de 100 semillas para formar cuatro repeticiones de 25 semillas cada una.

Posteriormente, se procedió a realizar la siembra conduciendo el experimento bajo el diseño de bloques completos al azar. Dicha siembra se efectuó en semilleros de madera de 1.90 m de ancho por 4.8 m de longitud, utilizando arena esterilizada como sustrato. La parcela útil dentro del semillero estuvo constituida por hileras de 75 cm de longitud, con una distancia de 4 cm entre tratamientos. La distancia entre semillas fue de 3 cm, colocándolas con la "corona" hacia arriba a una profundidad de 3 cm. Se aplicó un riego al momento de la siembra y después cada dos días, para mantener húmedo el sustrato. El semillero permaneció cubierto con una estructura metálica con malla de alambre en la parte inferior y cubierta con plástico en la parte superior formando un invernadero móvil.

A los ocho días después de la siembra aparecieron las primeras plántulas y a partir de entonces diariamente se tomó el dato de las plántulas emergidas hasta el decimotercer día en el que no se observaron cambios en el número de plántulas

emergidas, y así proceder a la extracción del material para la medición de otras variables. Consistió en extraer las plántulas por hilera, para lo cual primeramente en cada parcela se aflojó la tierra con la ayuda de una pala; para después con la mano realizar la extracción de plántulas, las cuales se lavaron con cuidado tratando de dañar lo menos posible el sistema radicular, al eliminar el exceso de arena. Se midió la longitud en centímetros de cada plántula y después se seccionó con una navaja, para separar la plúmula de la radícula, para colocarlo por separado en sobres con perforaciones para su secado. En el secado se utilizó una estufa de temperatura controlada, calibrada a 70°C, durante tres días, para llevar el material a peso constante.

3.5.2. Variables estudiadas.

Velocidad de germinación (VELG). Se determinó en base a la siguiente expresión matemática (Copeland, 1976).

$$V.G. = \frac{\text{Número de plántulas normales (primer conteo)}}{\text{Días al primer conteo}} + \dots + \frac{\text{Número de plántulas normales (último conteo)}}{\text{Días al conteo final}} + \dots$$

Con respecto a la velocidad de germinación, se consideraron las 25 semillas, como el 100%.

Peso seco de plúmula (PSPLU). Peso en g de la parte aérea del total de plántulas normales después de secadas a 70°C durante 72 h.

Peso seco de radícula (PSRA). Peso en g de las raíces de todas las plántulas normales, sin los restos de la semilla después de secadas a 70°C durante 72 h.

Longitud de plúmula (LONPLU). Desde la inserción en la semilla hasta la punta de la plúmula: medida en cm, en 10 plántulas normales.

Longitud de radícula (LONRA). Medida en cm, desde la inserción en la semilla hasta la punta de la raíz más larga.

Emergencia. Total de plántulas emergidas al final de la prueba.

3.6. Análisis estadístico.

En las variables consideradas para caracterizar mazorca y granos, se obtuvieron los parámetros estadísticos media, desviación estándar y amplitud. Para las variables de calidad fisiológica se hizo el análisis de varianza (ANVA), y se aplicó la prueba de rango múltiple de Túkey ($p = 5\%$) para comparar las medias en aquellas donde el ANVA detectó diferencias estadísticamente significativas.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de mazorca.

Número de hileras.

Los resultados de la caracterización de los 55 híbridos trilineales formados muestran que existe una gran variación en promedio tanto por efecto del progenitor macho, como por la influencia del progenitor hembra. así, para el carácter número de hileras (Cuadro 1) la variación respectivamente va de 15.33 a 18.70 y de 15.55 a 21.15 hileras; siendo las cruzas 189 x 200, y 189 x 194 las de mayor número de hileras (Figura 1).

Longitud de mazorca.

En cuanto a este carácter (Cuadro 2) la variación también es marcada, ya que la influencia de las hembras presenta promedios de 12.53 hasta 17.18 cm, siendo la cruz 186 x 194 la mejor, mientras que la influencia del progenitor macho varió de 14.13 a 16.25 cm, observando la cruz 186 x 194 como la de mayor longitud.

Granos por hilera.

Para el carácter en cuestión (Cuadro 3) la variación que se observa es de 22.58 a 30.34 por efecto de las hembras, y de 24.98 a 32.26 en el progenitor macho, y las cruzas mas sobresalientes fueron de 186 x 194 y 190 x 193.

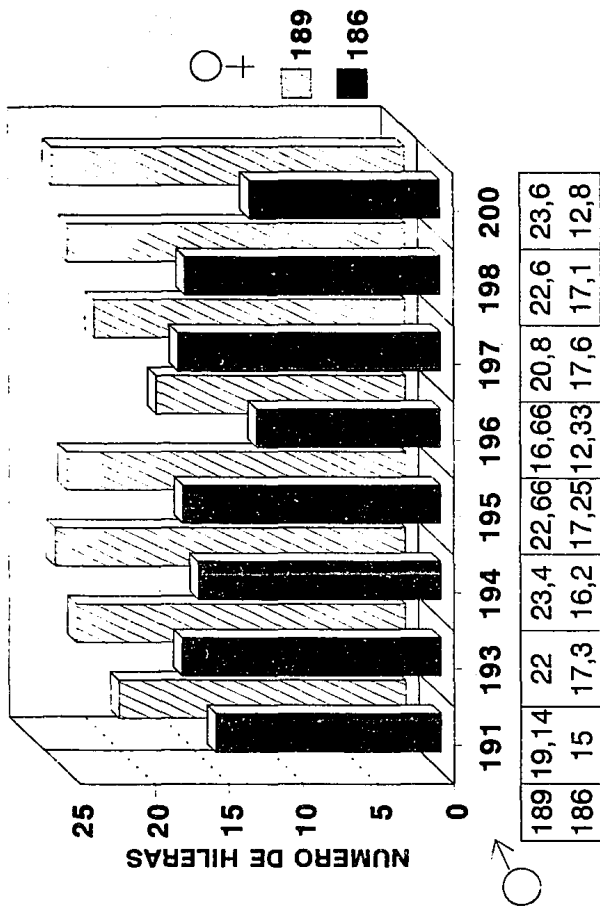
Diámetro de mazorca.

La variación también se expresa en este carácter (Cuadro 4), observando que en promedio para el progenitor hembra va de 4.34 a 5.00 cm, y por efecto del progenitor macho, 4.33 a 5.04 cm, siendo las cruzas 189 x 198 y 189 x 200 las de mayor diámetro.

Cuadro 1. Parámetros descriptivos para el carácter número de hileras en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio híbridos
185	\bar{x}	18.20	17.75	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	17.20
	S	1.75	2.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.79
	MIN MAX	16.00 20.00	12.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00	14.00 20.00
186	\bar{x}	15.00	16.30	17.25	17.25	17.25	17.25	17.25	17.25	17.25	17.25	15.95
	S	3.29	1.47	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.70
	MIN MAX	10.00 20.00	14.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00	16.00 18.00
187	\bar{x}	15.88	18.40	17.75	13.00	15.20	19.00	19.00	18.80	14.44	17.77	16.00
	S	3.40	1.28	2.75	2.06	1.78	1.41	1.93	1.33	2.10	2.10	2.10
	MIN MAX	9.00 20.00	16.00 20.00	10.00 18.00	10.00 18.00	14.00 18.00	16.00 20.00	16.00 20.00	16.00 20.00	16.00 20.00	16.00 20.00	16.00 20.00
188	\bar{x}	20.60	18.00	14.42	19.75	18.40	15.33	19.00	19.20	18.00	17.55	18.52
	S	1.64	2.13	0.97	2.91	2.06	1.15	1.94	1.36	2.61	1.33	1.33
	MIN MAX	18.00 24.00	14.00 20.00	14.00 20.00	16.00 24.00	16.00 22.00	14.00 16.00	16.00 22.00	16.00 20.00	16.00 22.00	16.00 22.00	16.00 20.00
189	\bar{x}	19.14	20.20	22.00	23.40	22.66	16.66	20.80	22.60	20.44	21.00	21.15
	S	3.41	3.70	2.82	1.64	2.44	6.42	2.52	2.11	2.40	2.27	2.27
	MIN MAX	14.00 24.00	17.00 24.00	16.00 24.00	20.00 26.00	18.00 26.00	14.00 24.00	16.00 24.00	16.00 24.00	16.00 24.00	16.00 24.00	16.00 24.00
190	\bar{x}	14.00	15.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
	S	1.41	2.54	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
	MIN MAX	14.00 14.00	14.00 16.00	14.00 18.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00	14.00 16.00
Promedio machos	17.18	17.27	18.69	18.47	17.26	15.33	17.99	18.70	16.46	16.46	17.70	

Figura 1. EFECTO DE HEMBRAS Y DE MACHOS PARA NUMERO DE HILERAS EN HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ



Cuadro 2. Parámetros descriptivos para el carácter longitud de mazorca (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
♂											
185			16.14	15.56		12.00	14.82	16.12	15.34	14.81	14.97
\bar{X}			1.69	1.61		2.78	2.86	1.87	1.48	2.70	
S			13.20	13.50		9.20	10.50	13.50	13.50	10.50	
MIN			18.20	18.00		15.80	18.10	18.50	17.20	20.00	
MAX											
186	18.04		17.07	18.93	17.73	16.45	16.08	17.85	17.00	15.51	17.18
\bar{X}	0.79		3.28	2.53	2.31	1.63	1.71	1.58	1.45	0.89	
S	17.00		10.60	13.50	13.80	14.00	13.50	15.80	19.50	14.50	
MIN	19.70		20.80	22.80	20.50	19.00	18.00	20.50	19.00	17.00	
MAX											
187		15.44	16.79	16.03	12.58	14.44	15.16	15.39	13.84	15.51	15.02
\bar{X}		1.33	1.49	1.01	0.66	0.92	1.94	1.22	1.72	0.89	
S		12.50	15.00	15.00	12.00	13.70	11.00	14.00	11.00	14.00	
MIN		17.00	19.50	17.50	16.00	18.00	18.00	18.00	16.00	17.00	
MAX											
188		12.53	14.90	11.50	12.23	12.40	15.97	11.07	12.05	9.78	12.53
\bar{X}		2.51	3.15	1.54	2.26	0.36	8.90	1.58	1.55	1.41	
S		8.20	10.50	9.20	7.30	12.00	11.60	8.50	8.80	8.20	
MIN		17.20	18.20	13.80	15.30	12.70	14.10	13.40	13.50	13.00	
MAX											
189		14.72	14.01	17.12	15.36	14.06	14.33	16.89	14.55	15.40	15.77
\bar{X}		2.57	2.95	1.78	2.29	1.39	2.34	2.34	1.54	2.51	
S		11.90	8.00	15.20	10.50	12.00	11.40	12.00	12.00	12.00	
MIN		17.90	17.00	20.80	18.00	18.50	18.40	20.30	16.80	20.50	
MAX											
190		15.00	14.15	15.48	13.80	13.75	11.60	14.26	15.08	14.94	14.77
\bar{X}		0.91	0.91	1.57	3.63	1.06	-----	1.25	1.09	1.54	
S		15.00	13.50	12.50	10.00	13.00	11.60	13.00	12.40	12.80	
MIN		15.00	14.80	17.50	18.00	14.50	11.60	15.50	16.00	17.30	
MAX											
Promedio machos	15.07	14.13	16.25	15.19	14.07	13.85	15.10	15.40	14.74	14.32	

Cuadro 3. Parámetros descriptivos para el carácter granos por hilera, en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
		\bar{X}	33.70	29.50	25.75	27.50	32.90	30.77	19.10	28.46		
S	3.19	4.86	7.50	8.81	4.95	5.51	1.79					
MIN	24.00	20.00	16.00	14.00	23.00	23.00	22.00					
MAX	30.00	35.00	34.00	38.00	40.00	38.00	43.00					
\bar{X}	34.55	35.20	29.16	30.83	32.40	26.80	23.80	30.34				
S	4.34	6.12	7.13	2.78	3.74	4.43	6.41					
MIN	27.00	23.00	20.00	28.00	25.00	25.00	14.00					
MAX	40.00	45.00	39.00	36.00	38.00	36.00	30.00					
\bar{X}	23.44	28.62	22.00	26.90	31.10	22.44	31.22	25.93				
S	3.77	2.32	4.04	5.30	4.30	6.02	2.53					
MIN	18.00	25.00	18.00	20.00	26.00	15.00	28.00					
MAX	29.00	32.00	30.00	34.00	40.00	30.00	35.00					
\bar{X}	25.60	21.50	27.71	21.12	22.30	24.30	22.50	22.58				
S	5.46	3.29	5.15	3.13	5.07	2.88	4.13	3.51				
MIN	16.00	17.00	20.00	16.00	11.00	17.00	18.00	14.00				
MAX	32.00	27.00	35.00	26.00	26.00	22.00	27.00	24.00				
\bar{X}	24.42	24.50	33.77	32.60	32.44	29.20	30.60	29.31				
S	4.64	6.09	1.39	6.39	3.00	3.15	4.42	5.00				
MIN	18.00	16.00	32.00	22.00	29.00	23.00	20.00	23.00				
MAX	32.00	32.00	36.00	41.00	38.00	34.00	36.00	38.00				
\bar{X}	29.00	30.50	35.14	29.80	25.00	17.00	27.33	24.22				
S	0.70	4.41	7.36	1.41	4.16	7.46	4.96	5.29				
MIN	29.00	30.00	29.00	18.00	24.00	17.00	25.00	23.00				
MAX	29.00	31.00	42.00	37.00	26.00	17.00	32.00	37.00				
Promedio machos	26.40	24.98	32.26	29.47	26.09	22.87	27.67	27.93	25.97			

Cuadro 4. Parámetros descriptivos para el carácter diámetro de mazorca (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hombres
		\bar{X}	5.19	4.76	4.57	4.87	5.21	5.07	5.36	5.00	5.00	
185	S	0.19	0.36	0.33	0.60	0.71	0.40	0.44	0.40	0.40	0.44	
	MIN	4.90	4.20	4.10	3.90	4.10	4.10	4.40	4.30	4.10	4.40	
	MAX	5.50	5.20	4.80	6.00	7.00	5.40	5.80	5.40	5.40	5.80	
186	\bar{X}	4.55	4.80	4.55	4.78	4.96	5.00	4.70	4.96	5.00	4.70	4.77
	S	0.26	0.20	0.43	0.48	0.26	0.14	0.72	0.40	0.14	0.72	
	MIN	4.00	4.50	4.30	5.50	4.40	4.80	5.70	4.40	4.80	5.70	
	MAX	4.80	5.20	4.90	4.20	5.20	5.20	3.70	5.20	5.20	3.70	
187	\bar{X}	4.87	5.25	4.88	4.96	4.96	4.24	4.91	4.96	4.24	4.91	4.71
	S	0.44	0.37	0.25	0.28	0.24	0.46	0.37	0.33	0.46	0.37	
	MIN	4.20	4.70	4.50	4.30	3.80	3.50	5.30	4.60	3.50	5.30	
	MAX	5.70	5.90	5.20	6.00	4.40	4.70	5.40	5.50	4.70	5.40	
188	\bar{X}	4.89	4.75	4.84	4.82	4.60	4.36	4.65	5.13	4.87	4.65	4.76
	S	0.33	0.35	0.32	0.28	0.38	0.05	0.29	0.14	0.49	0.29	
	MIN	4.40	4.10	4.50	4.20	3.90	4.30	4.30	4.80	4.20	4.30	
	MAX	5.40	5.30	5.30	5.10	5.00	4.40	5.10	5.30	5.80	5.10	
189	\bar{X}	4.45	4.84	5.22	5.19	4.51	4.56	5.45	5.40	5.15	5.45	4.96
	S	0.64	0.42	0.26	0.35	0.67	0.73	0.27	0.35	0.45	0.27	
	MIN	3.30	4.00	4.80	4.70	3.80	4.00	4.20	4.40	4.20	5.10	
	MAX	5.30	5.40	5.70	5.80	5.40	5.40	6.10	5.80	5.80	6.10	
190	\bar{X}	4.00	4.55	4.44	4.34	3.75	4.90	4.24	4.61	4.33	4.24	4.34
	S	---	0.07	0.44	0.32	0.35	---	0.33	0.20	0.36	0.33	
	MIN	4.00	4.50	4.10	3.80	3.50	4.90	3.60	3.50	3.70	3.60	
	MAX	4.50	4.60	5.30	4.60	4.00	4.90	4.50	5.30	4.90	4.50	
Promedio machos		4.47	4.75	4.97	4.79	4.33	4.52	4.75	5.04	4.77	4.88	

Diámetro de olote.

En el (Cuadro 5) se aprecian los efectos de los progenitores, existiendo variaciones en las cruzas realizadas que van de 2.19 a 2.85 cm en el progenitor hembra, y de 2.44 a 2.81 cm en el progenitor macho; observando que las cruzas 190 x 199 y 190 x 195 presentaron el menor diámetro de olote.

4.2. Caracterización de la calidad física.

Los resultados para la característica de calidad física que se evaluaron se pueden observar en los cuadros 6 al 10, los cuales nos muestran la existencia de influencias muy notables tanto por efecto del progenitor masculino, como por el progenitor femenino.

Longitud de grano.

La variación presentada (Cuadro 6 y Figuras 2 y 3) oscila de 7.82 a 8.37 cm por efecto del progenitor macho y de 6.87 a 8.48 cm por efecto del progenitor hembra; siendo las cruzas 190 x 191, 187 x 199 las de mayor longitud.

Espesor de 10 granos.

Los efectos presentados por los progenitores macho y hembra varían de 4.15 a 5.15 y de 4.20 a 4.93 cm respectivamente, observando que las cruzas 188 x 196 y 186 x 200 fueron las mejores (Cuadro 7).

Peso de 1000 semillas.

Se observa (Cuadro 8) que la variación sigue existiendo, presentando que para el progenitor hembra el efecto varía de 304.1 a 376.8 g y el del progenitor macho va de 306.0 a 385.9 g, apreciándose que las mejores cruzas fueron 187 x 199 y 190 x 191 (Figura 4).

Cuadro 5. Parámetros descriptivos para el carácter diámetro de olote. (cm), en mazorcas de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
		\bar{X}	2.53	2.65	2.56	2.67	2.51	2.45	2.58	2.85	2.78	
S	0.29	0.15	0.21	0.36	0.24	0.36	0.33	0.14	0.21	0.21	0.21	
MIN	2.20	2.40	2.40	2.40	1.80	2.20	2.00	2.40	2.60	2.40	2.40	
MAX	3.20	2.90	2.90	2.90	2.90	2.80	2.90	3.30	3.00	3.00	2.90	
\bar{X}		2.87	3.06	2.88	2.63	2.76	2.79	2.77	2.72	2.78	2.78	2.80
S	0.29	0.33	0.18	0.13	0.27	0.15	0.15	0.17	0.35	0.13	0.13	
MIN	2.50	2.60	2.70	2.50	2.50	2.50	2.50	2.60	2.10	2.60	2.60	
MAX	3.20	3.80	3.10	2.80	3.10	3.00	3.00	3.10	3.10	3.00	3.00	
\bar{X}		2.61	2.70	2.61	2.56	2.46	2.62	2.64	2.56	2.56	2.54	2.60
S	0.21	0.09	0.16	0.10	0.05	0.21	0.21	0.10	0.20	0.20	0.13	
MIN	2.10	2.60	2.50	2.40	2.40	2.40	2.20	2.50	2.30	2.30	2.40	
MAX	2.80	2.90	3.00	2.90	2.80	2.50	2.90	2.80	2.90	2.90	2.70	
\bar{X}		2.64	2.81	2.97	2.97	2.66	2.66	2.79	3.00	3.00	3.05	2.85
S	0.41	0.31	0.28	0.29	0.36	0.11	0.29	0.24	0.40	0.40	0.29	
MIN	2.10	2.50	2.40	2.50	2.10	2.60	2.30	2.60	2.40	2.60	2.60	
MAX	3.30	3.20	3.30	3.30	3.30	2.80	3.30	3.40	3.40	3.60	3.40	
\bar{X}		2.30	2.80	2.10	2.12	1.85	2.20	2.23	2.21	2.07	2.08	2.19
S	---	0.98	0.24	0.25	0.21	---	---	0.30	0.17	0.20	0.20	
MIN	2.30	2.10	1.80	1.80	1.70	2.20	2.20	1.90	1.90	1.80	1.70	
MAX	2.30	3.50	2.50	2.50	2.00	2.20	2.50	2.40	2.40	2.40	2.30	
Promedio machos		2.52	2.81	2.68	2.63	2.44	2.50	2.61	2.67	2.61	2.63	2.63

Cuadro 6. Parámetros descriptivos para el carácter longitud de 10 granos (cm), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx., 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
		\bar{X}	8.24	8.26	7.72	8.53	8.16	8.75	7.98	8.23		
S	0.50	0.78	0.44	0.50	0.65	0.51	0.51	0.51				
MIN	7.70	7.30	7.30	7.80	7.50	7.70	7.10	7.10				
MAX	9.30	9.50	8.20	9.20	9.60	9.50	8.60	8.60				
\bar{X}	7.93	7.98	8.25	7.51	8.17	8.72	8.74	8.12				
S	0.53	0.35	0.64	0.75	0.72	0.39	0.53	0.53				
MIN	6.90	7.40	7.60	6.40	7.10	8.10	8.10	8.10				
MAX	8.80	8.80	9.30	8.40	9.50	9.20	9.50	9.50				
\bar{X}	9.14	8.55	8.15	7.98	7.86	9.36	8.32	8.48				
S	0.57	0.76	0.82	0.64	0.78	0.62	0.52	0.52				
MIN	8.30	7.00	7.10	7.00	6.50	8.30	7.50	7.50				
MAX	10.00	9.30	9.80	9.20	9.00	10.50	9.00	9.00				
\bar{X}	7.92	8.62	7.65	8.03	8.07	8.40	8.45	8.25				
S	0.46	0.48	0.48	0.56	0.63	0.59	0.65	0.65				
MIN	7.40	7.90	7.00	8.70	7.10	7.50	7.40	7.40				
MAX	8.70	9.50	8.80	9.70	9.00	9.30	9.20	9.20				
\bar{X}	6.44	6.69	7.45	7.41	6.48	7.13	6.54	6.87				
S	1.16	0.44	0.48	0.34	0.77	0.70	0.70	0.70				
MIN	5.00	6.00	7.00	7.00	5.00	6.00	5.40	5.40				
MAX	8.20	7.20	8.20	8.00	7.40	7.30	7.80	7.80				
\bar{X}	9.20	7.75	7.68	7.98	7.95	7.50	8.08	7.98				
S	---	0.07	0.84	0.37	0.49	---	0.66	0.58				
MIN	9.20	7.70	6.40	7.60	7.60	7.50	7.40	7.20				
MAX	9.20	7.80	8.80	8.60	8.30	7.70	8.30	8.80				
Promedio machos	7.87	8.05	7.87	7.94	7.82	8.02	7.77	7.83	8.37	8.01		

**Figura 2. EFECTO PROMEDIO DE HEMBRAS Y MACHOS
PARA LONGITUD DE GRANO EN HIBRIDOS
TRILINEALES DE MAIZ**

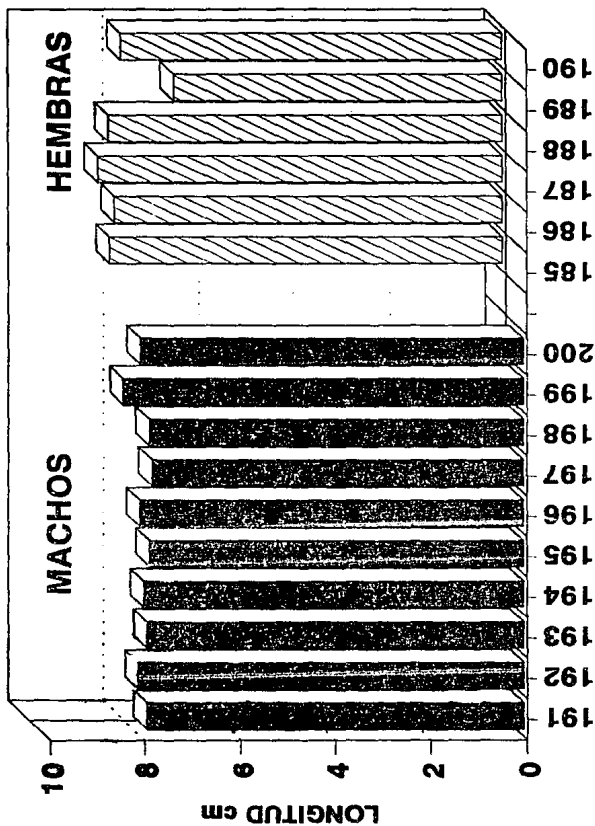
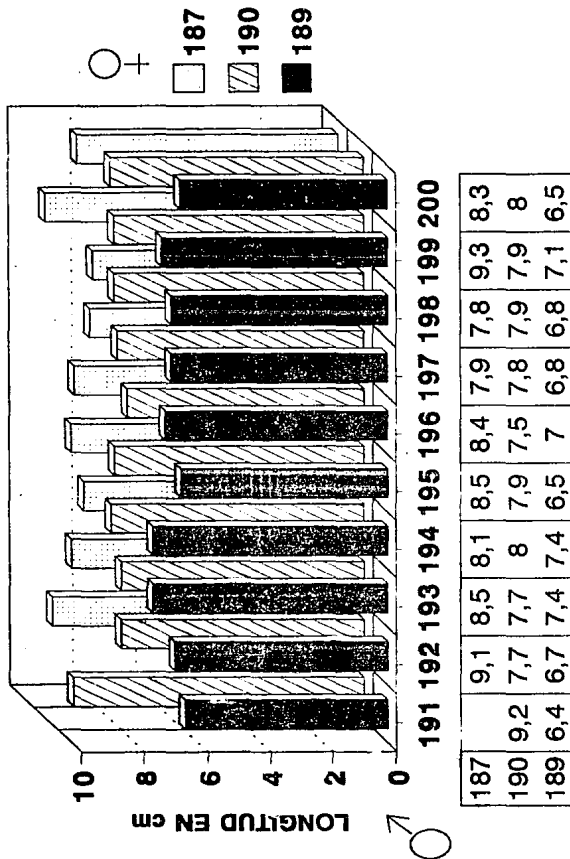


Figura 3. EFECTO DE HEMBRAS Y DE MACHOS PARA LONGITUD DE GRANO EN HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ



Cuadro 7. Parámetros descriptivos para el carácter espesor de 10 grinos (cm), en semilla F₁ de híbridos Lrilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
♀											
185			3.82	4.21	4.35	4.48	4.74	4.14	4.17	4.17	4.20
			0.25	0.61	0.93	0.81	0.47	0.76	0.48	0.48	
			3.40	3.60	3.40	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	
			4.30	5.40	5.30	5.90	4.80	4.80	4.90	4.90	
186	5.28		4.21	4.86	4.76	4.81	4.51	5.28	5.67	5.67	4.93
	0.52		0.50	0.39	0.48	0.82	1.13	0.78	1.00	1.00	
	4.50		3.50	4.30	3.90	4.20	3.80	4.00	4.50	4.50	
	6.20		5.00	5.40	5.30	6.60	6.90	5.10	5.80	7.10	
187		5.40	4.63	4.72	5.11	5.10	4.83	4.59	5.34	4.24	4.88
		0.89	0.40	0.33	0.63	0.43	0.60	0.57	1.11	0.60	
		4.70	4.20	4.10	4.50	4.60	4.20	3.80	3.50	3.70	
		7.50	5.40	5.20	6.00	5.70	5.80	5.60	7.10	5.70	
188		4.20	4.82	4.46	4.55	5.76	4.68	4.26	4.50	5.18	4.66
		0.35	0.52	0.80	0.66	1.24	0.56	0.28	0.44	0.53	
		3.60	4.10	3.80	4.00	5.00	4.00	3.90	3.80	4.30	
		4.90	5.50	4.80	6.30	7.20	5.80	4.60	5.30	5.90	
189		4.67	4.49	4.22	3.98	5.43	4.20	4.37	4.34	3.71	4.11
		0.82	0.57	0.35	0.49	0.98	0.41	0.55	0.45	0.46	
		3.80	3.90	3.70	3.40	4.30	3.50	3.50	3.90	2.70	
		6.40	5.70	4.70	4.70	6.10	4.70	5.50	5.30	4.40	
190		4.10	3.90	4.02	4.45	5.20	4.43	4.16	4.06	4.45	4.11
		---	0.14	0.62	0.70	---	0.98	0.37	0.47	0.84	
		4.10	3.80	3.70	4.40	5.20	3.30	3.80	3.30	3.50	
		4.10	4.00	4.30	4.70	5.20	5.10	4.70	4.80	5.90	
Promedio machos	4.56	4.65	4.15	4.37	4.55	5.15	4.57	4.35	4.61	4.56	

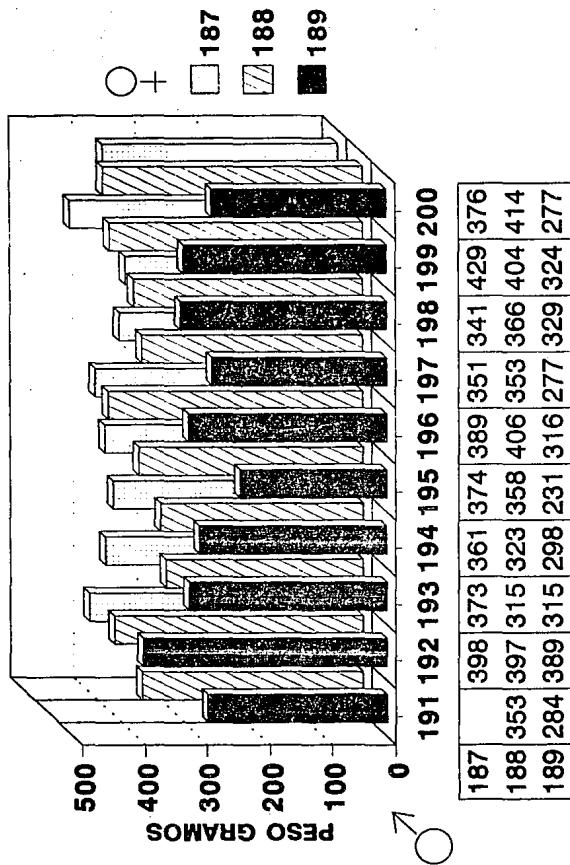
Cuadro 8. Valores promedio para el carácter peso de 1000 semillas (g), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
185	\bar{x}			298.60	288.40		363.40	266.50	288.50	379.60	294.80	311.4
186	\bar{x}	349.00		295.10	329.70	325.10	324.40	273.80	310.20	397.70	414.90	355.5
187	\bar{x}		397.70	373.00	361.20	374.10	349.10	350.70	341.00	429.00	376.00	376.8
188	\bar{x}	353.30	397.40	314.60	322.70	357.80	405.70	333.40	366.10	403.80	414.50	368.1
189	\bar{x}	284.30	389.10	315.20	398.10	330.70	316.10	277.20	329.30	324.50	277.20	304.1
190	\bar{x}	418.60	359.60	299.40	264.50	334.80	337.80	319.20	306.80	315.80	329.20	328.5
Promedio machos		351.30	385.90	315.90	310.70	324.50	356.00	306.80	323.60	375.00	351.10	

Cuadro 9. Valores promedio para el carácter peso hectolitrico (kg), en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

♀	♂	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
185	\bar{x}			73.53	76.21		72.78	75.07	73.52	73.52	73.52	74.02
186	\bar{x}	75.75		71.43	75.75	77.22	74.51	70.33	74.67	74.64	77.04	74.01
187	\bar{x}		75.75	77.34	76.17	77.94	79.68	80.64	78.11	80.64	76.92	80.64
188	\bar{x}	78.12	76.92	77.57	75.75	76.12	76.27	79.36	78.12	80.64	80.64	80.64
189	\bar{x}	79.23	80.64	78.12	79.36	78.86	73.85	80.64	80.64	79.36	78.12	80.64
190	\bar{x}	70.52	72.72	76.39	78.61	74.68	70.02	73.36	76.56	78.12	80.51	80.51
Promedio machos		75.90	76.50	75.73	77.01	77.36	74.51	76.56	76.93	77.98	77.79	

Figura 4. EFECTO DE HEMBRAS Y DE MACHOS PARA PESO DE MIL SEMILLAS EN HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ



Peso hectolítrico.

La variación presentada (Cuadro 9) por efecto del progenitor hembra va de 74.02 a 112.68 kg, en tanto que la influencia del progenitor macho determinó valores de 74.51 a 77.98 kg; observándose que las cruzas 187 x 199, 189 x 192, 188 x 199 y 190 x 200 son las que presentan mayor peso hectolítrico.

Porcentaje de humedad.

Se observa que la variación va de 13.16 a 15.31% por efecto materno, y de 12.73 a 14.63% por efecto del macho; siendo las cruzas 186 x 197 y 185 x 195 las que menor porcentaje de humedad presentaron (Cuadro 10).

4.3. Calidad fisiológica.

4.3.1. Análisis de varianza.

Los cuadrados medios y la significancia estadística de los caracteres indicativos de calidad fisiológica de semilla se muestran en el Cuadro 11 en el que se aprecia que hay diferencias altamente significativas en las seis variables estudiadas con excepción de longitud de raíz donde la probabilidad para F es de 0.019; mostrando en lo general coeficientes de variación bajos.

4.3.2. Prueba comparativa de medias.

En esta sección se muestran (Cuadro 12) las pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) efectuadas en las evaluaciones de calidad fisiológica de la semilla de los 55 híbridos trilineales formados; señalándose los híbridos que destacan en el primer grupo de significancia; para velocidad de germinación fueron 8 y 41; para peso seco de plúmula 7 y 32, para peso seco de radícula 4 y 29, para longitud de plúmula 6 y 46; para longitud de radícula 2 y 54, y para emergencia 3 y 53.

Cuadro 10. Valores promedio para el carácter porcentaje de humedad, en semilla F1 de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	Promedio hembras
♀											
185			13.90	13.10	10.00		13.40	14.70	14.60	14.80	13.50
186	14.40		14.40	14.40	12.90	13.00	9.60	13.80	13.40	12.60	13.16
187		13.70	13.90	14.50	14.10	14.00	15.60	15.10	15.20	16.20	14.70
188	16.00	14.50	14.60	14.60	14.80	11.20	15.30	14.20	14.40	14.60	14.41
189	13.50	14.70	15.90	16.20	13.80		15.50	16.50	15.40	16.30	15.31
190			13.60	13.80				13.00	13.30	13.20	13.38
Promedio machos	14.63	14.30	14.38	14.43	13.12	12.73	13.88	14.55	14.36	14.61	

Cuadro 11. Cuadrados medios, coeficiente de variación y significancia estadística en el análisis de varianza para seis caracteres de calidad fisiológica en semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

F.V. VARIABLES	GL	VELG		PSPLU		PSRA		LONPLU		LONRA		RMEH	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
TRATAMIENTO	54	0.1208	0.0001	0.0303	0.0001	0.0173	0.0001	3.8487	0.0001	4.3510	0.0190	3.2814	0.0001
REPETICION	3	0.0979	0.0025	0.1948	0.0001	0.0437	0.0001	34.8642	0.0001	28.6484	0.0001	1.6303	0.1118
ERROR	162	0.0197		0.0066		0.0049		1.7092		2.8058		0.8031	
C.V. (%)		5.41		12.03		15.31		6.8337		10.25		3.6880	

Pr > F = 0.0001; altamente significativo.

Cuadro 12. Comportamiento de la semilla F₁ de híbridos trilineales de maíz en seis caracteres de calidad fisiológica. Montecillo, Méx. 1991

52

TRATA- MIENTO	CRUZA	VELG	PSPL ¹	FSRA	LONPLU	LONRA	EMER
3	185 x 196	2.910 A	0.612 C	0.382 A	15.737 A	16.312 A	24.750 A
22	187 x 197	2.900 A	0.862 A	0.505 A	16.777 A	17.575 A	24.500 A
23	187 x 198	2.882 A	0.787 A	0.467 A	17.077 A	16.395 A	25.000 A
24	187 x 199	2.882 A	0.872 A	0.525 A	17.362 A	16.650 A	25.000 A
8	186 x 191	2.805 A	0.795 A	0.480 A	17.337 A	16.562 A	24.500 A
41	189 x 196	2.800 A	0.610 C	0.425 B	14.663 A	16.075 A	24.750 A
44	189 x 199	2.780 A	0.677 A	0.842 A	15.838 A	18.225 A	25.000 A
43	189 x 198	2.767 A	0.635 C	0.567 A	15.275 A	18.337 A	25.000 A
52	190 x 197	2.735 A	0.610 C	0.507 A	14.050 C	16.275 A	25.000 A
36	189 x 191	2.730 A	0.607 C	0.440 B	14.405 A	18.245 A	24.750 A
42	189 x 197	2.725 A	0.622 C	0.537 A	14.863 A	16.312 A	24.750 A
3E	189 x 193	2.710 A	0.622 C	0.437 B	15.250 A	16.712 A	24.750 A
21	187 x 196	2.702 A	0.832 A	0.467 A	16.305 A	16.270 A	24.500 A
18	187 x 193	2.700 A	0.732 A	0.445 B	15.613 A	16.270 A	24.500 A
54	190 x 199	2.700 A	0.660 A	0.530 A	14.350 A	15.903 A	25.000 A
26	188 x 191	2.677 A	0.695 A	0.400 B	15.188 A	18.400 A	25.000 A
39	189 x 194	2.670 A	0.647 A	0.370 B	14.812 A	14.950 A	25.000 A
32	188 x 197	2.670 A	0.750 A	0.402 B	14.663 A	16.677 A	25.000 A
55	190 x 200	2.667 A	0.742 A	0.540 A	15.638 A	17.275 A	24.750 A
17	187 x 192	2.655 A	0.717 A	0.420 B	16.513 A	17.138 A	24.750 A
2	185 x 194	2.645 A	0.672 A	0.427 B	16.200 A	16.762 A	24.750 A
7	185 x 200	2.642 A	0.572 B	0.455 A	15.375 A	16.212 A	24.250 A
25	187 x 200	2.640 A	0.760 A	0.510 A	16.100 A	16.955 A	24.500 A
31	188 x 196	2.630 A	0.760 A	0.375 B	15.275 A	15.038 A	24.500 A
15	186 x 199	2.615 A	0.600 B	0.490 A	15.650 A	15.688 A	25.000 A
48	190 x 193	2.597 A	0.747 A	0.510 A	16.000 A	17.000 A	24.500 A
10	186 x 194	2.597 A	0.745 A	0.775 A	16.207 A	14.927 A	24.750 A
49	190 x 194	2.592 A	0.770 A	0.487 A	15.725 A	16.100 A	23.750 A
45	189 x 200	2.585 A	0.562 E	0.380 B	14.038 C	14.800 A	24.750 A
46	190 x 191	2.577 A	0.697 A	0.532 A	14.465 A	16.675 A	24.750 A
37	189 x 192	2.575 A	0.647 A	0.445 B	15.015 A	15.545 A	24.500 A
13	186 x 197	2.570 A	0.757 A	0.420 B	15.677 A	15.125 A	23.250 A
9	186 x 193	2.565 A	0.632 C	0.420 B	15.762 A	16.612 A	24.000 A
19	187 x 194	2.560 A	0.745 A	0.410 B	15.400 A	15.975 A	24.000 A
16	186 x 200	2.547 A	0.682 A	0.657 A	14.437 A	17.762 A	24.500 A
34	188 x 199	2.547 A	0.807 A	0.492 A	16.387 A	15.050 A	23.750 A
33	188 x 198	2.535 A	0.692 A	0.432 B	14.650 A	16.300 A	25.000 A
1	185 x 193	2.532 A	0.605 C	0.472 B	15.288 A	17.850 A	24.000 A
53	190 x 198	2.520 A	0.685 A	0.510 A	15.112 A	18.750 A	24.250 A
50	190 x 195	2.512 A	0.607 C	0.465 A	13.900 C	16.225 A	24.250 A
11	186 x 195	2.505 A	0.620 C	0.520 A	14.737 A	16.900 A	24.000 A
6	185 x 199	2.497 B	0.635 A	0.545 A	16.082 A	15.988 A	23.750 A
12	186 x 196	2.495 B	0.572 D	0.392 B	17.863 A	16.075 A	24.000 A
40	189 x 195	2.487 C	0.517 F	0.310 D	13.060 F	14.913 A	24.250 A
27	188 x 192	2.477 C	0.685 A	0.435 B	15.113 A	15.530 A	24.500 A
28	188 x 193	2.472 D	0.640 B	0.377 B	14.262 B	15.950 A	24.500 A
35	188 x 200	2.472 D	0.825 A	0.545 A	15.913 A	15.950 A	24.000 A
51	190 x 196	2.467 D	0.637 B	0.390 B	14.438 A	14.950 A	23.750 A
47	190 x 192	2.465 C	0.610 C	0.470 A	14.450 A	15.150 A	25.000 A
14	186 x 198	2.442 D	0.610 C	0.457 A	15.550 A	16.337 A	23.500 A
20	187 x 195	2.437 D	0.705 A	0.497 A	14.600 A	16.477 A	23.500 A
29	188 x 194	2.325 E	0.617 C	0.325 C	14.025 C	13.538 B	23.500 A
30	188 x 195	2.262 F	0.660 A	0.375 B	13.090 F	16.025 A	24.000 A
5	185 x 198	2.175 G	0.460 G	0.390 B	14.063 B	16.647 A	21.500 B
4	185 x 197	1.910 H	0.565 E	0.515 A	13.513 D	17.000 A	19.500 C

Medios seguidos con la misma letra, son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 13 se presentan los valores para las diferentes variables evaluadas, y que caracterizan a las 55 combinaciones formadas, mostrándose en las Figuras 5 y 6, ejemplos de la variación encontrada.

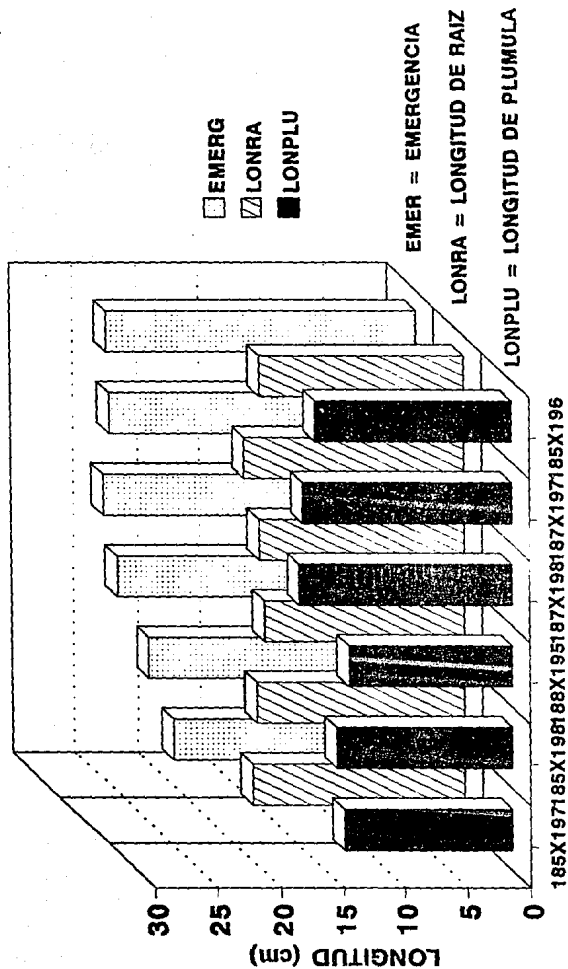
Con esta información en el Cuadro 14 se presentan sólo los híbridos sobresalientes para las seis variables de calidad fisiológica, las cruzas con los valores más bajos fueron 187 x 195, 188 x 194, 188 x 195, 185 x 198, y 185 x 197; destacándose que los machos 199 y 200 son los que más sobresalen en las primeras 15 cruzas, así como las hembras 190 y 187.

Cuadro 13. Prueba comparativa de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de seis caracteres de calidad fisiológica en semilla
 F1 de híbridos trilineales de maíz. Montecillo, Méx. 1991

HEMBRAS	VARIABLES	191	M	192	A	193	C	194	G	195	H	196	O	197	S	198	199	200
185	VELG				2.532	2.645				2.910	1.910	1.910	1.910	1.910	2.175	2.437	2.437	2.642
	PSPLU				0.605	0.672				0.612	0.565	0.565	0.565	0.565	0.460	0.685	0.685	0.571
	PSRA				0.442	0.427				0.382	0.515	0.382	0.382	0.382	0.380	0.545	0.545	0.414
	LONPLU				15.288	16.200				15.737	13.513	14.063	14.063	14.063	17.000	16.083	15.375	15.375
	LONRA				17.850	16.762				16.117	17.000	16.117	16.117	16.117	16.647	15.988	16.217	16.217
186	EMER				24.000	24.750				24.750	19.500	19.500	19.500	19.500	21.500	23.750	23.750	24.250
	VELG	2.805			2.565	2.597				2.505	2.495	2.495	2.495	2.570	2.442	2.615	2.615	2.547
	PSPLU	0.795			0.632	0.745				0.620	0.572	0.572	0.572	0.757	0.610	0.600	0.600	0.682
	PSRA	0.480			0.420	0.475				0.392	0.420	0.392	0.392	0.420	0.457	0.480	0.480	0.657
	LONPLU	17.337			15.762	16.207				14.737	14.863	14.863	14.863	15.677	15.550	15.650	15.650	14.437
187	LONRA	16.562			16.612	14.927				16.900	16.075	16.075	16.075	15.125	16.117	15.688	14.767	14.767
	EMER	24.500			24.000	24.750				24.000	24.000	24.000	24.000	23.250	23.250	25.000	25.000	24.500
	VELG	2.655			2.700	2.560				2.437	2.702	2.702	2.702	2.900	2.882	2.882	2.882	2.640
	PSPLU	0.717			0.732	0.745				0.832	0.787	0.787	0.787	0.892	0.787	0.872	0.872	0.760
	PSRA	0.420			0.445	0.410				0.497	0.467	0.467	0.467	0.525	0.467	0.525	0.525	0.510
188	LONPLU	16.153			15.613	15.400				14.600	16.305	16.305	16.305	16.777	17.077	17.362	17.362	16.100
	LONRA	17.138			15.488	15.975				16.487	16.270	16.270	16.270	17.575	16.395	16.650	16.650	16.955
	EMER	24.750			24.500	24.000				23.500	24.500	24.500	24.500	24.500	25.000	25.000	25.000	24.500
	VELG	2.677			2.477	2.325				2.262	2.630	2.630	2.630	2.670	2.535	2.547	2.547	2.472
	PSPLU	0.685			0.640	0.617				0.680	0.760	0.760	0.760	0.750	0.692	0.807	0.807	0.825
189	PSRA	0.400			0.435	0.377				0.375	0.375	0.375	0.375	0.402	0.432	0.482	0.482	0.545
	LONPLU	15.188			14.262	14.025				13.090	15.275	14.663	14.663	14.663	14.650	16.387	15.913	15.913
	LONRA	18.400			15.930	13.538				16.025	15.038	16.677	16.677	16.300	15.050	15.050	15.050	15.950
	EMER	25.000			24.500	23.000				24.000	24.500	24.500	24.500	25.000	25.000	23.750	23.750	24.000
	VELG	2.730			2.575	2.710				2.670	2.487	2.800	2.800	2.725	2.767	2.780	2.780	2.585
190	PSPLU	0.607			0.647	0.622				0.517	0.610	0.610	0.610	0.622	0.635	0.677	0.677	0.562
	PSRA	0.440			0.445	0.437				0.370	0.310	0.425	0.425	0.537	0.567	0.482	0.482	0.380
	LONPLU	14.405			15.015	15.250				14.812	13.080	14.663	14.663	14.863	15.275	15.838	15.838	14.038
	LONRA	18.248			15.545	16.717				14.950	14.913	16.075	16.075	16.312	18.117	18.117	18.117	14.800
	EMER	24.750			24.500	24.750				25.000	24.750	24.750	24.750	24.750	25.000	24.750	24.750	24.750
190	VELG	2.577			2.465	2.597				2.517	2.467	2.467	2.467	2.735	2.700	2.700	2.700	2.667
	PSPLU	0.687			0.610	0.747				0.607	0.637	0.637	0.637	0.610	0.685	0.660	0.660	0.742
	PSRA	0.532			0.470	0.510				0.487	0.465	0.390	0.390	0.507	0.510	0.530	0.530	0.540
	LONPLU	14.485			14.450	16.000				15.725	13.900	14.438	14.438	14.050	15.112	14.310	15.638	15.638
	LONRA	16.675			15.150	17.000				16.225	14.950	16.275	16.275	18.750	15.903	15.903	15.903	17.175
EMER	24.750			25.000	24.500				23.750	24.250	23.750	23.750	25.000	24.250	25.000	25.000	24.750	

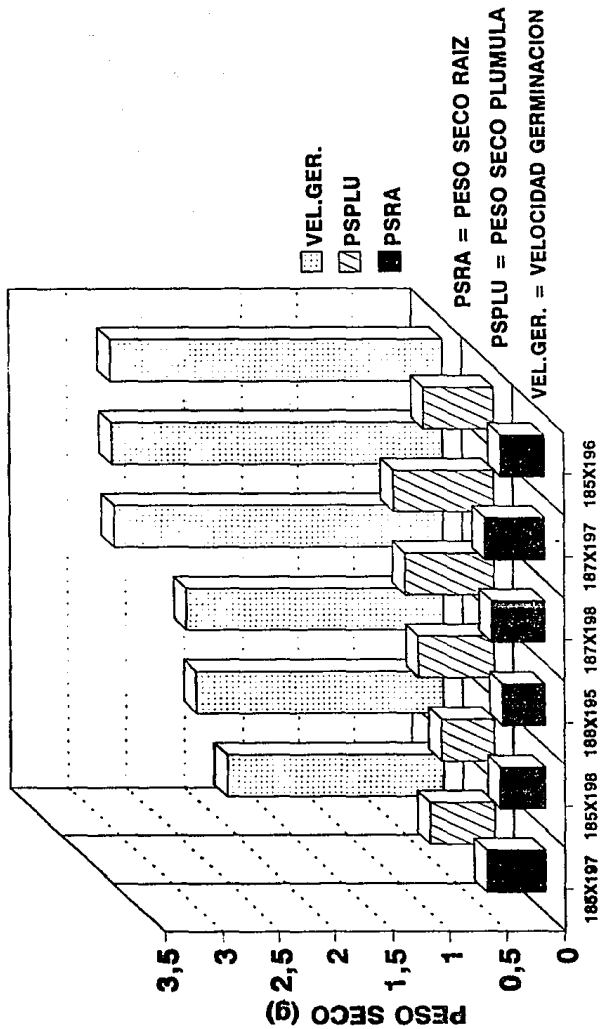
VELG = VELOCIDAD DE GERMINACION PSPLU = PESO SECO DE PLUMULA PSRA = PESO SECO DE RAIZ
 LONPLU = LONGITUD DE PLUMULA LONRA = LONGITUD DE RAIZ EMER = EMERGENCIA

**Figura 6. LONGITUD DE RADICULA Y PLUMULA (cm)
Y EMERGENCIA COMO VARIABLES FISIOLÓGICAS
EN HIBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ**



HIBRIDOS

Figura 6. VELOCIDAD DE GERMINACION Y PESO SECO DE RADICULA Y PLUMULA (g), COMO VARIABLES DE CALIDAD FISIOLOGICA EN HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ.



HIBRIDOS

Cuadro 14. Cruzas sobresalientes en la prueba de calidad fisiológica de semillas (Tukey, $\alpha = 0.05$). Montecillo, Méx., 1991

CRUZAS	VELOCIDAD DE GERMINACION (VELG)	PESO SECO DE PLUMULA (g)		PESO SECO DE RAIZ (g)		LONGITUD DE PLUMULA (cm)		LONGITUD DE RAIZ (cm)		EMERGENCIA (%) (EMERG)
		(PSPLU)	(PSRA)	(LONPLU)	(LONRA)					
187 x 197	2.900 A	0.882 A	0.505 A	16.777 A	17.575 A	24.500 A				
187 x 198	2.882 A	0.787 A	0.467 A	17.077 A	16.395 A	25.000 A				
187 x 199	2.882 A	0.872 A	0.525 A	17.362 A	16.650 A	25.000 A				
186 x 191	2.805 A	0.795 A	0.480 A	17.337 A	16.562 A	24.500 A				
187 x 196	2.702 A	0.832 A	0.467 A	16.305 A	16.270 A	24.500 A				
190 x 193	2.700 A	0.660 A	0.530 A	14.350 A	15.903 A	25.000 A				
190 x 200	2.667 A	0.742 A	0.540 A	15.638 A	17.275 A	24.750 A				
187 x 200	2.640 A	0.760 A	0.510 A	16.100 A	16.955 A	24.500 A				
190 x 193	2.597 A	0.747 A	0.510 A	16.000 A	17.000 A	24.500 A				
186 x 194	2.597 A	0.745 A	0.775 A	16.207 A	14.927 A	24.750 A				
190 x 194	2.592 A	0.770 A	0.487 A	15.725 A	16.100 A	23.750 A				
190 x 191	2.577 A	0.697 A	0.532 A	14.465 A	16.675 A	24.750 A				
186 x 200	2.547 A	0.682 A	0.657 A	14.437 A	17.767 A	24.500 A				
188 x 191	2.447 A	0.807 A	0.492 A	16.347 A	15.050 A	23.750 A				
190 x 198	2.520 A	0.685 A	0.510 A	15.112 A	18.750 A	24.250 A				

V. DISCUSION

En la producción de semilla de híbridos de maíz, es importante conocer las características y condiciones de manejo que permitan mayor producción de semilla de alta calidad. Entre otras, cabe señalar como deseables, sincronía entre progenitores, uniformidad en floración, altura de planta y maduración, que permita la aplicación de una mejor tecnología; además, desde el punto de vista agronómico, son deseables plantas de porte bajo y vigorosas que resistan el acame y rotura de tallo, así como mayor sanidad de mazorca y grano en general y alto vigor inicial de semilla.

En la obtención de variedades mejoradas, como culminación de un programa de mejoramiento genético el fitomejorador se enfrenta a la difícil tarea de elegir entre distintos materiales; el por qué 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 acorde a los objetivos que se persiguen, aunque en general dos variables son las que juegan un papel importante 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, no obstante, que en el proceso de producción de los cultivos, la semilla de buena calidad es considerada como el insumo de mayor importancia, ya que constituye el componente cuya información genética en combinación con el ambiente y las prácticas de manejo determinan el nivel de expresión del potencial de una variedad, para el carácter de interés económico, sobre todo en áreas donde las condiciones son menos favorables y el suministro de semilla de calidad representa una de las pocas posibilidades para

obtener cosecha. En la producción de semillas, la calidad física y fisiológica son importantes por ser la semilla un insumo de la producción agrícola que debe implicar confiabilidad, al permitir un buen establecimiento del cultivo, y de aquí entonces que la semilla y sus cualidades morfo-fisiológicas, deben ser consideradas como criterios de selección, dentro del mejoramiento genético.

En la situación actual del país, con la inminente entrada en vigor del tratado de libre comercio (TLC), la competitividad se presentará en gran escala; lo cual conllevará a los fitomejoradores a obtener variedades altamente productivas y adaptadas a la tecnología moderna de producción, y que asimismo permitan un buen rendimiento de semilla aunado a una buena calidad tanto física como fisiológica, si se considera que de la calidad de la semilla dependerá en gran medida su aceptación por parte del agricultor.

De acuerdo a lo anterior, en esta investigación se planteó como objetivo medir los cambios en la expresión de la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz, por efecto del progenitor macho (líneas S_2 y S_4), en híbridos trilineales. Esto en virtud de que regularmente interesa más la productividad de los híbridos, sin poner atención a la semilla F_1 , en términos de su calidad y rendimiento en el beneficio.

5.1 Caracterización de mazorca.

En los 55 híbridos trilineales formados, las características descriptivas de mazorca muestran uniformidad en algunas cruzas, identificadas en base a los valores de desviación estándar y rango; situación que aunada a las medias deseables en cada caso, permite un apoyo adicional al de rendimiento de los híbridos, para propósitos de selección. Así para el carácter número de hileras (Cuadro 1) se observa que las cruzas

189 x 194, 188 x 191 y 189 x 200 son las que presentan mayor media y uniformidad; para longitud de mazorca (Cuadro 2) sobresalen las cruzas 189 x 193, 186 x 198, 186 x 191 y para granos por hilera (Cuadro 3) son las cruzas 189 x 193 y 190 x 192; el diámetro de mazorca (Cuadro 4) en combinación con el diámetro de olote (Cuadro 5) permite ubicar las cruzas que presentan de manera uniforme buena profundidad de grano como es el caso de los híbridos 185 x 193 y 190 x 195. El tamaño de semilla, determinado por espesor y longitud (Cuadros 6 y 7), muestra los híbridos que presentan uniformidad y buen tamaño, como las cruzas 187 x 192 y 187 x 196; el peso de mil semillas indica cruzas con buena densidad como las 187 x 199, 190 x 191 (Cuadro 8), lo cual conllevará a tener semillas con buen tamaño y vigor; para el peso hectolítrico las cruzas 187 x 200, 188 x 192, 188 x 198 y 190 x 200, presentan los valores más altos (Cuadro 9); en el porcentaje de humedad sobresalen las cruzas 186 x 200, 186 x 197 y 188 x 196 que muestran materiales precoces y un índice de maduración indicativo de que a igualdad de peso, al tener la semilla menos humedad al momento de la cosecha redituará en un mayor rendimiento.

5.2 Evaluación de la calidad física.

En la evaluación de la calidad física de la semilla F₂ de los 55 híbridos trilineales considerados en el estudio, los parámetros considerados muestran una gran variación por efecto del progenitor macho (Cuadros 6 al 9), con rangos muy marcados como se indican en los resultados. Así para longitud de grano la presentan las cruzas 189 x 191 y 187 x 194; para espesor de grano las cruzas 190 x 199 y 190 x 200; en el peso de mil semillas los híbridos 190 x 197 y 190 x 194, y para el peso hectolítrico las cruzas 187 x 200, 188 x 192, y 188 x 198. Esto demuestra lo encontrado por Pedersen y

Barnes (1973), en términos de la acción genética de los progenitores, en donde el grano de polen puede tener un efecto importante (Xenia) sobre la semilla F_1 , pudiendo llevar a determinar su tamaño. Así también Jugenheimer (1981) indica que el polen del progenitor macho puede afectar caracteres fenotípicos como color, forma, tamaño y peso.

En la expresión fenotípica de las combinaciones resultantes de cruzar 6 híbridos de cruza simple con 10 líneas; es posible incluso reconocer su calidad de antemano, considerando longitud, ancho y espesor de la semilla, que determinan su condición física, y que pueden estar íntimamente relacionadas con el vigor de la misma. La calidad física (peso, forma, tamaño) por la variación observada, permite establecer que esta influenciada genéticamente por los progenitores, de lo cual se desprende que si algunos grupos de materiales sobresalen en la clasificación, tendrán mayor probabilidad de manifestar un mejor comportamiento relativo en la prueba de calidad fisiológica (Virgen, 1983; Marroquín, 1986; Osorio, 1987; Morales, 1989 y Ramírez, 1989).

5.3 Evaluación de la calidad fisiológica.

La calidad fisiológica, referida a las características de viabilidad de una semilla y a la alta capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos y concretamente a la capacidad para una buena emergencia y desarrollo de aquellas estructuras que provienen del embrión y que manifiestan la aptitud de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones variables de ambiente, es un carácter múltiple importante desde el punto de vista agronómico. Su consideración en la evaluación de 55 híbridos trilineales de maíz, permitió detectar que hubo una respuesta diferencial de la semilla producida debido a los efectos de los progenitores; determinada

por el genotipo per se, y por las diferencias en la cantidad de sustancias de reserva, en los distintos tamaños de semilla propiciadas por efectos de xenia; donde las de mayor tamaño permiten producir plántulas mas vigorosas.

Así observamos que hubieron híbridos sobresalientes para las seis variables de calidad fisiológica estudiadas, como las cruzas mencionadas en el Cuadro 14, lo cual indica la posibilidad de apoyo en la definición de híbridos superiores; así como para seleccionar materiales con propósito de utilizarlos como progenitores en programas de mejoramiento genético.

5.4. Importancia de la Caracterización por Calidad de semillas.

Para resaltar la importancia de la calidad física de la semilla, cabe señalar que la consideración de su longitud, ancho y espesor, así como la uniformidad y mayor proporción del tamaño deseado, permite realizar la selección del material genético, así como aplicar apropiadamente la tecnología en el procesamiento, y con ello evitar ajustes continuos del equipo y reducir el daño mecánico a la semilla, que perjudiquen su calidad. El procesamiento esta referido a las operaciones de prelimpieza, limpieza, clasificación y mejoramiento de las cualidades físicas de las semillas; se realiza basándose en diferencias de características físicas existentes entre la semilla y las impurezas y a los que existan en las propias semillas, y de aquí entonces la importancia de la uniformidad en tamaño, pues ello redundará en mayor rendimiento en el beneficio.

El peso, color, y textura del pericarpio también son importantes en el procesamiento ya que el que procesa semillas tiene la posibilidad de escoger entre un gran número de máquinas que separan materiales diferentes entre sí por las características señaladas.

Tomando en cuenta que el procesamiento es parte esencial en la tecnología para producir semillas de alta calidad, debe programarse en función del material suministrado por los fitomejoradores. Este proceso se facilitaría si en la selección de genotipos se incorporan criterios que redunden en alto porcentaje de semilla de buena calidad física y fisiológica, misma que está estrechamente relacionada con su tamaño y densidad. La caracterización por calidad fisiológica permitió la identificación de híbridos en los que se conjuntan todos los parámetros para su medición, lo cual aunado a buena productividad son garantía de establecimiento, alto vigor inicial, buen desarrollo, y con ello de la expresión del potencial de rendimiento de los híbridos identificados como superiores. Por lo que toca a producción de semillas; estos híbridos, en combinación con un buen manejo agronómico en campo, darían lugar a un alto rendimiento de semilla con una excelente calidad física y fisiológica; y con ello, al recomendar su liberación, tendrían buena aceptación en el mercado por parte del productor, al constatar todas las ventajas de su utilización.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo y a la discusión de los mismos; se pueden establecer las siguientes conclusiones.

1. Existe variación en la calidad física y fisiológica de la semilla F_1 en híbridos trilineales de maíz por efecto de los progenitores utilizados; 6 cruza simples como hembras y 10 líneas como machos.
2. La calidad física de la semilla puede modificarse por efecto de "xenia", en función del progenitor masculino.
3. La evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla permitió identificar híbridos que reunieron un alto grado en todos los parámetros utilizados para su medición, los cuales aunados a las características de alta productividad y aspectos agronómicos deseables permiten una selección más apropiada del mejor híbrido para propósitos de uso comercial.
4. En la selección de materiales con buena calidad, la expresión fenotípica de la semilla y su vigor, pueden estar íntimamente relacionados y ser un criterio de selección importante dentro de un programa de mejoramiento genético.
5. Por el comportamiento en lo general y en lo particular en condiciones específicas; existe la posibilidad de seleccionar materiales sobresalientes para ser utilizados como progenitores en programas de mejoramiento genético.

VII BIBLIOGRAFIA

- Bustamante, L. 1983. Semillas: control y evaluación de su calidad. En: Memorias del curso "Actualización sobre tecnología de semillas". 1982. Univ. Aut. Agr. Antonio Narro. AMSAC. Méx.
- Carballo C., A. 1989. Notas del curso de producción de semillas I. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Méx. (Inédito).
- Carballo C., A. 1991. Notas del Curso "Técnicas de Mejoramiento". FES-C. UNAM. 100 p. Mimeografiado.
- CIAT. 1979. Semilla de frijol de buena calidad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 38 p.
- CIAT. 1983. Metodología para obtener semillas de calidad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 195 p.
- Copeland, L. O. 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Pu. Co. 370p.
- De la Loma J., L. 1975. Genética general y aplicada. Edit. UTEHA, 3a edición. México.

- Delouche, J. C. and W. P. Cadwell. 1962. Seed vigor and vigor test. Proceeding seedmens short course. Mississippi seed technology laboratory. State College Mississippi.
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. J. Wiley and Sons. (Ed.) 2a edición. USA.
- FAO. 1961. Las semillas agrícolas y horticolas, Producción, control y distribución de las mismas. Roma. 616 p.
- Garay A., E. 1981. Calidad de la semilla y su importancia en la productividad. Conferencia en el primer curso avanzado en producción y control de calidad de semilla. Cali, Colombia. Mimeografiado.
- García., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Méx. 246 p.
- Halmer, P. and J. Bewley, 1984. A physiological perspective on seed vigor testing. Seed Sci. and Technol. 12(2): 561-575.
- Hunter, C. 1971. Seed quality and crop performance. Handbook of seed Techynology. Mississippii State University.

- Haynes, K. H. 1964. Heterosis. A record of researches directed towards explaining and utilizing the vigor of hybrids. Compilation of in Gowen, W.C. (Ed). N.Y. Harner Publishing, Ca.
- Isely, D. 1957. Vigor Test. Procc. Ass. Off. Seed Annal. 47: 176-182.
- ISTA. 1985. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. and Technol. 13(1): 322-463.
- Jugenheimer W., R. 1976. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Edit. LIMUSA.
- Kozlowsky, T. T. 1972. Seed biology. Academic Press. London. 1: 416 p.
- Martínez C., J. 1988. Mejoramiento convergente en líneas de maíz considerando rendimiento, adaptabilidad y calidad de semilla como criterio de selección. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
- Magaña L., S. 1992. Calidad física y fisiológica de semilla de líneas endogámicas de maíz (Zea mays L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 72 p.

- Maguire D., J. 1980. Seed quality and germination. In : A. A. Khan. (Ed.) The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. N.Y. North-Holland-Publishing Co. pp. 219-235.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados. Vol. II.; AGT Editor.
- Marroquín B., A. 1986. Influencia del contenido de reservas y del tamaño del embrión de la semilla en el vigor de plántulas de maíz (Zea mays L.). Tesis de Licenciatura. FESC. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Méx.
- McKay, M. 1962. Semillas. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Continental, S.A. México.
- Morales R., F. 1989. Efecto del tamaño de la semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento en maíz. Tesis Licenciatura, F. E. S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México. 383 p.

Osorio O., M. E. 1987. Evaluación de líneas de maíz con base en el porcentaje de germinación y el vigor de plántula. Tesis Licenciatura F. E. S. Cuautitlán, Méx.,

LIMAM.
C.A.

Pedersen, W. M. and K. D. Barnes. 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. INGO. D. Hebblethwaite (Ed.). Seed Production. Great Britain. Butterworth. pp. 585-591.

Perry, A. D. 1981a. Handbook vigour test methods. International Seed Testing Association Zurich, Switserland.

Perry, A. D. 1983. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semilla. In : Hebblethwaite (coord.). Producción moderna de semillas. Trad. al español por Federico Stanham. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 393-405.

Poehlman J., M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. LIMUSA México.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Ramírez A., G. 1989. Influencia del progenitor masculino sobre la calidad en semilla híbrida de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Licenciatura F. E. S. Cuautitlán, Méx., UNAM.
- Ramírez S., J. 1989. La endogamia y sus efectos sobre la producción y calidad de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. CP., Montecillo, Méx.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenética básica y aplicada. A.G.T. Editor. México 460 p.
- Robles S., R. 1986. Producción de granos y forrajes. Editorial LIMUSA. 4a. Ed. México 609 p.
- Sánchez G., P. 1982. Efecto del tamaño de la semilla y la profundidad de siembra en el rendimiento de maíz. Tesis profesional UACH. Chapingo, Méx.
- Santiago R., L. H. 1998. Comportamiento de la germinación y del vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) de distinto origen genético sometidas a diferentes temperaturas y sustratos. Tesis Licenciatura. F.E.S. Cuautitlán, Mex., U.N.A.M.
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de las semillas. Trad. del Inglés por Paloma Melgarejo de Nárdiz. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 301 p.

- Valadez R., M. 1991. La calidad en semilla de maíz bajo dos condiciones de manejo en distintas etapas del período de llenado de grano. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
- Villaseñor M., H. E. 1984. Factores genéticos y efectos ambientales que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, 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.