



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**SEPARACION DEL PEDICELO EN SEMILLAS
DE MAIZ Y SU INFLUENCIA EN LA
CALIDAD FISIOLÓGICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

BIOLOGO

P R E S E N T A :

ROQUE LUGO PEREZ



MEXICO, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN

COMISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

87
rej



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

CIUDAD UNIVERSITARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
División de Estudios
Profesionales

Exp. Núm. 55

M. EN C. JOAQUIN CIFUENTES BLANCO
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Universidad Nacional Autónoma de México
P r e s e n t e

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó el pasante ROQUE LUGO PEREZ con número de cuenta 6864761-4. Carrera: BIOLOGIA con el título: SEPARACION DEL PEDICULO EN SEMILLAS DE MAIZ Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD FISIOLOGICA.

Consideramos que reúne los méritos necesarios para obtener el título de BIOLOGO.

Comunicamos lo anterior para los fines a que haya lugar.

Atentamente
México, D. F., a

- 1.- DR. AGUILER CARRALLO CARRALLO
grado Nombre (s) Apellidos completos
- 2.- BIOL. MA. RAQUEL GONZALEZ AVALOS
grado Nombre (s) Apellidos completos
- 3.- DRA. CLARA ESQUIVEL HUESCA
grado Nombre (s) Apellidos completos
- 4.- Sup. M. en C. MINERVA LEONOR GONZALEZ IBARRA
grado Nombre (s) Apellidos completos
- 5.- Sup. M. en C. AIDA MARISA OSUNA FERNANDEZ
grado Nombre (s) Apellidos completos

NOTA: El interesado deberá ponerse de acuerdo con el jurado para fijar fecha (día y hora) del examen, para evitar problemas de asistencia. ES **IM-PORTANTE LA PUNTUALIDAD.**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos mis familiares, a quienes debo el ser un profesionalista.

A mi madre, Ma. de Jesús Pérez Sánchez, por darme el privilegio de vivir y por sus sacrificios para hacer de mí una persona útil para la sociedad.

A mis hermanas, Lety y Sandra.

A mis sobrinos, Marisol, Julio, Robe y Angel.

A mis tíos: "More", "Chester", Ruth, Vivi y Luis, por su ayuda económica desinteresada durante mis estudios de educación secundaria y preparatoria, principalmente.

Por último, y no por ser menos importante, sino obedeciendo el orden cronológico, dedico esta tesis a mi esposa Ma. Guadalupe Díaz Bazaldúa y a mis hijos Roque Armando, Cesar Edgar, Citlalli Malinalli y Yendri Ireri, por su cariño, apoyo moral y por su interminable espera en verme convertido en biólogo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo, del Colegio de Postgraduados, por su gran calidad humana y por hacer renacer en mí el espíritu de la investigación; para él mi afecto, admiración y gratitud por siempre.

A la Biól. Raquel Gozález Avalos, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por su invaluable apoyo y sugerencias para la realización del presente trabajo.

A la Dra. Clara Esquivel Huesca, a la M. C. Minerva Leonor González Ibarra y a la M. C. Aida Marisa Osuna Fernández, por la detallada revisión del trabajo escrito y por sus excelentes observaciones que permitieron depurar y mejorar el contenido.

Al M. C. Gil Olmos Barrera, de Impulsora Agrícola, S. A. de C. V. por sus enseñanzas, apoyo y amistad con que me ha distinguido siempre.

Al Profr. Esteban López Covarrubias, del Colegio de Postgraduados, por su original estilo de apoyar, elogiar y motivar a sus amigos, entre los que me encuentro yo, para superarse.

Al Lic. Mario S. Nájera Figueroa, del Colegio de Postgraduados, por su paciencia y siempre buena disposición en la revisión del trabajo escrito, desde las primeras etapas hasta el trabajo final.

Al M. C. Arturo Salazar Gómez, de la Universidad Autónoma Chapingo, por sus consejos, apoyo y amistad, que me ha brindado desde que formé parte de su equipo de trabajo.

A Fernando Fonseca Cells, por los excelentes dibujos que realizó; y en forma especial a la Téc. Brenda Espejel Lagunas y al Prog. Alejandro Rojas Sánchez, de la Revista Agrociencia, por su invaluable ayuda en la captura y formateo de las versiones preliminares, así como del original para impresión.

A Elías Zaragoza, Tomás Romero y Vicente Guerra, integrantes del equipo de Campo del Dr. Carballo, por su colaboración durante el montaje del experimento y la etapa final.

Por último, no quiero dejar de mencionar a mis maestros, quienes han dejado una huella imborrable en mi pensamiento; así como a todos aquellos obreros y campesinos quienes con su trabajo hacen posible la existencia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Hipótesis	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Ubicación Taxonómica	3
2.2. Descripción Botánica	3
2.3. Estructura del Fruto	4
2.3.1. Composición química	5
2.3.2. Pericarpio	6
2.3.3. Endospermo	6
2.3.4. Embrión	6
2.3.5. Plúmula	7
2.3.6. Pedicelo	7
2.4. Desarrollo de la Planta de Maíz	8
2.5. Historia y Usos del Maíz	9
2.6. Producción	11
2.7. Antecedentes de la Producción de Semillas Mejoradas en México	14
2.8. Definición de Semilla	15
2.9. Calidad de la Semilla	16
2.9.1. Calidad genética	17
2.9.2. Calidad física	17
2.9.3. Sanidad	17
2.9.4. Calidad fisiológica	18
2.9.4.1. Viabilidad.	18

	Página
2.9.4.2. <i>Germinación</i>	19
2.9.4.3. <i>Vigor</i>	20
2.10. Factores que Afectan la Calidad Fisiológica de la semilla	22
2.10.1. Efecto materno	22
2.10.2. Daños a la semilla	22
2.10.3. Daños durante la cosecha y transporte	24
2.10.4. Daños durante el almacenamiento	25
2.10.5. Envejecimiento	26
2.10.6. Disminución del vigor	27
2.11. Pruebas para Evaluar la Calidad Fisiológica de la Semilla	29
2.11.1. Viabilidad	29
2.11.2. Germinación	30
2.11.3. Vigor	32
III. MATERIALES Y METODOS	34
3.1. Materiales	34
3.2. Métodos	34
3.2.1. Diseño experimental	34
3.2.1.1. Tratamientos	34
3.2.2. Establecimiento del experimento	36
3.2.2.1. <i>Preparación de la semilla</i>	36
3.2.2.2. <i>Tratamiento de envejecimiento acelerado</i>	38
3.2.2.3. <i>Preparación del semillero y siembra</i>	40
3.2.2.4. <i>Extracción de plántulas</i>	41
3.2.3. Registro de datos y variables evaluadas	42
3.2.3.1. <i>Plántulas emergidas diariamente</i>	42
3.2.3.2. <i>Velocidad de emergencia</i>	43
3.2.3.3. <i>Emergencia</i>	43
3.2.3.4. <i>Viabilidad</i>	43
3.2.3.5. <i>Germinación</i>	43
3.2.3.6. <i>Plántulas anormales</i>	44

	Página
3.2.3.7. <i>Semillas muertas</i>	44
3.2.3.8. <i>Peso seco de plántula</i>	44
3.2.3.9. <i>Peso seco de radícula</i>	44
3.2.4. Análisis estadístico	44
IV. RESULTADOS	45
4.1. Análisis de Varianza	45
4.2. Comparación Entre Medias	45
4.2.1. Variedad de maíz	45
4.2.2. Posición de la semilla en la mazorca	52
4.2.3. Descabezado de la semilla	52
4.2.4. Envejecimiento acelerado	52
4.2.5. Interacciones entre factores	53
V. DISCUSION	54
VI. CONCLUSIONES	61
VII. BIBLIOGRAFIA	62
VIII. APENDICE	70

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Composición química del fruto	5
2	Etapas fenológicas	9
3	Distribución de la producción de maíz en México	12
4	Normas de calidad	16
5	Factores que determinan el vigor de las semillas	38
6	Tratamientos	46
7	Análisis de Varianza	47
8	Comparación de Medias	
9	Componentes de la calidad de la semilla	55

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		
1	Planta de maíz	3
2	Estructura del fruto	5
3	Etapas fenológicas	10
4	Plántula normal y plántula anormal	31
5	Base, centro y punta de la mazorca	38
6	Semillas con y sin pedicelo	37
7	Dispositivo para envejecimiento acelerado	39
8	Semillero	40
9	Posición de la semilla al sembrarse	41
10	Extracción de plántulas	42
11	Respuesta de las variables al factor Variedades de maíz	48
12	Respuesta de las variables al factor Descabezado de la semilla	49
13	Respuesta de las variables al factor Posición del grano en la mazorca	50
14	Respuesta de las variables al factor Envejecimiento acelerado	51
15	Factores endógenos y exógeno que determinan el vigor de las semillas	57

RESUMEN

La calidad fisiológica se afecta por envejecimiento, calor, heladas y hongos (Christensen y Meronuck, 1985); por daños mecánicos (Pierce y Hanna, 1985); los daños en o cerca del embrión son los más graves, sigulendo en importancia los pedicelos rotos y la coronas rasgadas (Hoppe, 1953).

Al sembrar semillas descabezadas (sin pedicelo) se favorece la infestación de las mismas por *Penicillium oxalicum* (Koehler, 1957); en México el tipo de maquinaria usada en el acondicionamiento descabeza y quiebra un porcentaje importante de semillas (Celis, 1985).

Los escasos trabajos efectuados sobre el descabezamiento del maíz y el interés de las empresas productoras de semillas sobre este problema motivaron la realización de la presente investigación en 1993, en el Colegio de Postgraduados, para lo cual se planteó como hipótesis que la pérdida del pedicelo afecta la integridad estructural de la semilla de maíz propiciando la pérdida de calidad en cuanto a germinación y vigor.

Se consideraron como tratamientos: variedades de maíz V-18 y V-107; semilla descabezada y no descabezada; semillas de la base, centro y punta de la mazorca; semilla envejecida y no envejecida. El arreglo de los tratamientos fue un factorial completo $2 \times 2 \times 3 \times 2$ bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho repeticiones.

Los criterios seguidos para la evaluación del vigor fueron los señalados en las reglas Internacionales para la evaluación de semillas de maíz publicadas por la International Seed Testing Asociation en 1985.

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada de que la pérdida del pedicelo de las semillas de maíz afecta la integridad estructural de la cubierta de la semilla, propiciando la pérdida de calidad en cuanto a germinación y vigor; encontrándose además, que las semillas localizadas en la punta de la mazorca tienen menor vigor que las semillas del centro y de la base, y resultan más afectadas por el envejecimiento.

I. INTRODUCCION

En el México prehispánico el maíz fue arte, religión y ciencia; actualmente es uno de los cultivos más estudiados por especialistas de diversas disciplinas; de tal manera que se conoce una gran variedad de aspectos sobre su origen, evolución, domesticación, selección, cultivo, mejoramiento genético, aspectos químicos y bioquímicos, entre otros.

Sin embargo, el desarrollo desigual de la economía mexicana ha ocasionado que algunas regiones del país se encuentren al margen de los avances tecnológicos, pero también que conserven los conocimientos ancestrales heredados de nuestros antepasados, así como el mantener la diversidad genética del maíz. En otras regiones, los conocimientos modernos sobre la planta de maíz y la creciente mecanización de su cultivo han permitido una mayor rentabilidad y menor dependencia de la mano de obra y, consecuentemente, han propiciado un incremento de los rendimientos.

No obstante, los avances tecnológicos han originado problemas nuevos; uno de ellos es el daño que se ocasiona a los granos de maíz durante la cosecha mecanizada y su manejo posterior.

En lo que se refiere a la producción de semillas, y dentro del mejoramiento genético en general, se evalúa la productividad de híbridos y variedades sin tener en cuenta el comportamiento de los progenitores o de las propias variedades por la cosecha mecánica; desconociéndose el porcentaje y tipo de daños causados a las semillas durante la cosecha y manejo, así como las repercusiones negativas que pudieran existir sobre la calidad fisiológica de las mismas. Dentro de los diversos daños causados a las semillas de maíz durante el desgrane se encuentra la rotura o pérdida del pedicelo (pedúnculo floral), conocida por los agricultores como descabezamiento.

Este problema ha sido poco estudiado científicamente, aunque los agricultores tradicionales señalan que no es conveniente sembrar semilla descabezada porque según lo expresan, "las plantas no nacen". Por otra parte, las empresas productoras de semillas mencionan que tienen problemas con la semilla descabezada, pero no especifican qué tipo de problemas ni su repercusión económica.

Con base en los conocimientos teóricos, el descabezamiento de los granos de maíz presupone la pérdida de la integridad estructural de la cubierta protectora del extremo basal de la semilla y, por lo tanto, efectos en el intercambio de gases con el ambiente, cambios en el contenido de humedad del grano y mayores posibilidades de penetración de patógenos, con la consecuente alteración estructural y fisiológica, reduciendo la calidad biológica de la semilla y propiciando un desarrollo débil de las plántulas.

La situación señalada se considera de suma importancia, y por ello la necesidad de estudiar el efecto que tiene el descabezamiento de la semilla de maíz sobre la germinación de la misma y sobre el vigor de la plántula. Por lo anterior se realizó la presente investigación integrada dentro del Área de Mejoramiento Genético y Tecnología de producción, del Programa Interdisciplinario de Producción de Semillas (PIPS), del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados; para lo cual se planteó el objetivo y la hipótesis que enseguida se indican.

1.1 Objetivo

Determinar los efectos de la pérdida del pedicelo (descabezamiento) de la semilla de maíz sobre la germinación y el vigor inicial.

1.2 Hipótesis

Si la pérdida del pedicelo afecta la integridad estructural de la semilla de maíz, entonces se propiciará la pérdida de calidad en cuanto a germinación y vigor.

II. REVISION DE LITERATURA

La palabra maíz fue tomada por los españoles del dialecto de la isla de Haití, donde le llamaban "mahiz", los aztecas le llamaban "tlaolli" o "centli" y su nombre científico es *Zea mays* L. (Reyes, 1991).

2.1. Ubicación Taxonómica

CLASIFICACION (Reyes, 1990)

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pterapsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Orden	Gramineales
Familia	Gramineae
Tribu	Maydeae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>

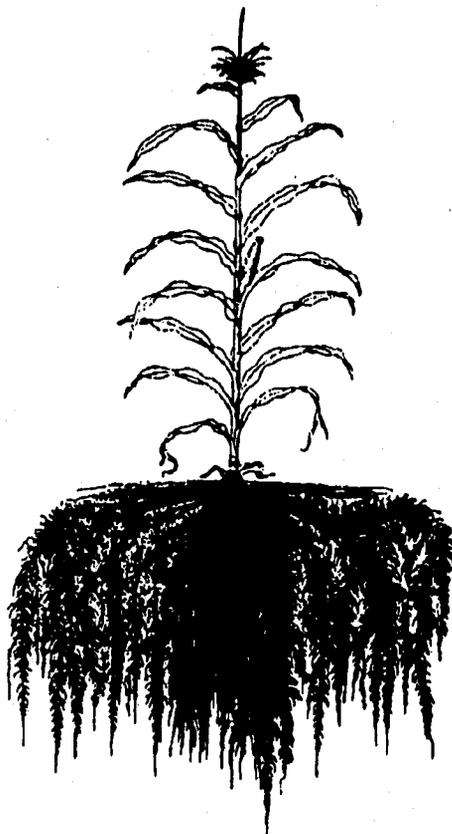


Figura 1. Planta de maíz (tomado de Kiesselbach, 1980).

2.2. Descripción Botánica

La planta de maíz es anual; generalmente con un solo tallo; mide de 0.90 a 4.0 m de altura; en algunas variedades se pueden producir uno o más tallos.

Las hojas de la planta son alternas, el número de éstas es de 8 a 21, pero en promedio se encuentran 14; sus vainas envuelven a los entrenudos en longitudes variables, pueden ser glabras o pubescentes; la lámina es linear lanceolada, acuminada, de 30 a 150 cm de longitud por 5 a 15 cm de anchura.

La planta es monoica; la inflorescencia masculina "espiga" es una panícula terminal; su eje central es una prolongación del tallo y lleva un número variable de ramas laterales, las cuales son más o menos erectas o inclinadas; las espiguillas se encuentran en pares y nacen en varias hileras sobre el eje principal y las ramas laterales.

La inflorescencia femenina "mazorca" es una espiga modificada, el eje central "olote" es un tallo engrosado y modificado. La mazorca madura mide de 8 a 42 cm de longitud por 3.0 a 7.5 cm de diámetro.

Los frutos (granos) maduran unos 50 días después de la fertilización; maduran siempre en hileras de 4 a 30, a lo largo del eje de la mazorca; el número de granos varía de 300 a 1000, los cuales son generalmente anchos y obovados; el color varía desde el blanco, pasando por el amarillo, rojo y púrpura al casi negro y hay una gran variación en el tamaño y en sus propiedades físicas y químicas (Bailey, 1973; Olmos *et al.*, 1982; Purseglove, 1979).

2.3. Estructura del Fruto

EL fruto de maíz es un **cariópside monocarpelar** (derivado de una flor con ovario único), seco (el pericarpio permanece delgado), **indehisciente** (la semilla no se libera al madurar) (López, 1991).

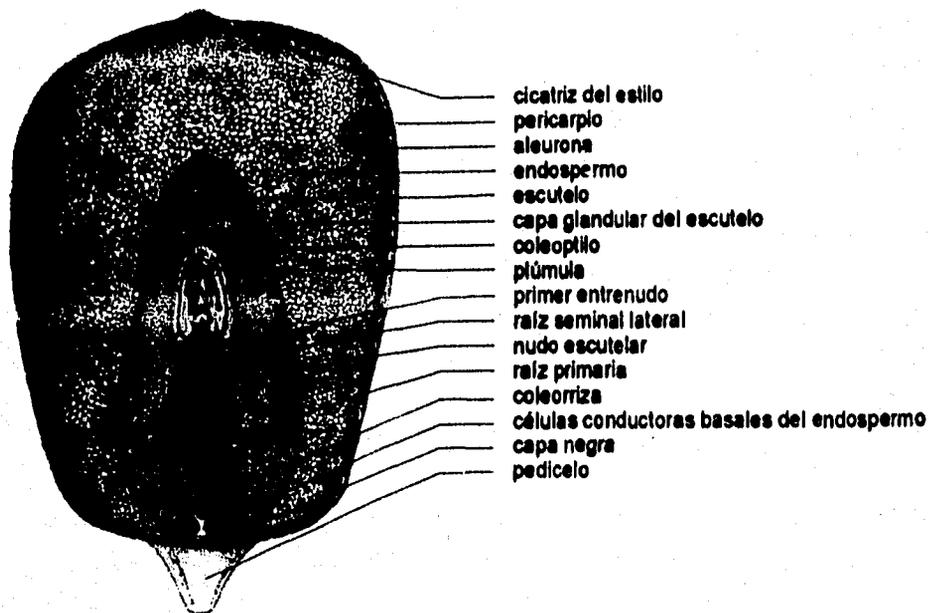


Figura 2. Estructura del fruto de maíz (tomado de Kiesselbach, 1980)

2.3.1. Composición química del fruto

Cuadro 1. Composición promedio de la materia seca del grano.
(Reyes, 1990)

COMPONENTE	%
Almidón	72.40
Aceite	4.70
Proteína	9.60
Cenizas	1.43
Azúcares	1.94
Fibra	9.93

El pericarpio constituye 6% del grano; el endospermo, 82%; y el embrión, 12%.

La composición química varía como resultado de las condiciones ambientales en las que se encuentra la planta madre durante el desarrollo de la semilla o debido a factores genéticos; por lo que los porcentajes de composición pueden ser diferentes o modificarse, también, por mejoramiento genético (Bewley y Black, 1978).

2.3.2. Pericarpio: Es la pared del ovario transformada en una cubierta exterior que protege las estructuras internas; en el caso del maíz, toma el lugar de las cubiertas o integumentos de la semilla. Sólo una membrana nucelar (la nucela es la región interior del óvulo) delgada y suberizada, derivada de la pared epidérmica exterior de la nucela, persiste como una cobertura única (testa) entre la aleurona y el pericarpio (Randolph, citado por Kiesselbach, 1980).

2.3.3. Endospermo: Consiste de células llenas de gránulos de almidón; en la base del endospermo las células de la capa superficial de éste se modifican en células conductoras y, aparentemente, conducen el alimento sintetizado por la planta madre hacia el endospermo en crecimiento e indirectamente hacia el embrión. El resto de las células superficiales forman la capa de aleurona normal; éstas células no contienen almidón (Weatherwax, citado por Kiesselbach, 1980).

2.3.4. Embrión: Los embriones de diferentes especies de plantas presentan una gran variación en su tamaño y estructura, pero todos, en su madurez, se componen de uno o más cotiledones, una plúmula y un hipocótilo (Meyer, 1966).

El eje embrionario está formado por el hipocótilo, al cual se adhieren los cotiledones, la radícula (difícil de diferenciar del hipocótilo) y la plúmula (ápice del hipocótilo con los primordios foliares de las primeras hojas), raramente se encuentra un mesocótilo (entrenado entre los cotiledones). Estas estructuras son fáciles de distinguir en los embriones de las dicotiledóneas, pero muy difíciles de identificar en las monocotiledóneas, especialmente en las gramíneas (Bewley y Black, 1978).

El embrión de la semilla de maíz consiste de un eje central, limitado en la región apical por el ápice del tallo, y en la región basal, por la raíz primaria. El tallo en miniatura contiene 5 ó 6 entrenudos; cada uno lleva una hoja.

La primera hoja embrionaria, modificada en órgano de reserva, conocida como **escutelo**, está adherida al primer nudo, la capa escutelar externa está especializada en la producción de enzimas que degradan al endospermo durante el crecimiento del embrión y de la plántula (Gager, Harz y Rowlee, citados por Kiesselbach, 1980). La segunda hoja, adherida al segundo nudo, llamada **coleoptilo**, está modificada en cubierta protectora para la plúmula o primera yema de la planta, y actúa como "punta de lanza" a través del suelo durante la germinación.

2.3.5. La plúmula es una parte del tallo embrionario que lleva 4 o 5 hojas pequeñas, enrolladas hacia adentro, una sobre otra, formando un cono dentro del coleoptilo.

El primer entrenudo del tallo, entre los nudos del escutelo y del coleoptilo, se alarga rápidamente durante la germinación y sirve para elevar al coleoptilo hacia la superficie del suelo.

La raíz primaria está cubierta por la coleorriza o vaina radical y, generalmente, las dos o más raíces adventicias seminales surgen de la base del primer entrenudo del tallo. El primero y segundo entrenudos son estructuras de transición entre el tallo y la raíz (Artschwagner, citado por Kiesselbach, 1980).

2.3.6. Pedicelo: En el maíz los tejidos del **pedicelo o pedúnculo floral** se fusionan con las paredes del ovario, y no existe un límite claro entre las dos estructuras. Al desgranar la mazorca de maíz, el pedicelo con la lema y la pálea quedan, generalmente, adheridas al grano.

Al momento de la maduración, antes de que los tejidos se hayan endurecido, el grano se rompe frecuentemente, en el plano de adhesión de la semilla al pedicelo, quedando expuesta una capa de abscisión delgada y de color café oscuro, **capa negra**, que corresponde al hilo de las especies funiculadas; esta capa se considera también como un tejido protector y forma un plano de rompimiento que se extiende totalmente a través del "orificio hilar", equivalente a la Chalaza, donde se unen la nucela y las cubiertas de la semilla (Kiesselbach, 1980).

Cuando las células de la capa negra están activas, todos los nutrimentos del grano pasan a través de ellas; cuando el grano deja de crecer (madurez fisiológica) las células se ennegrecen e impiden el paso de nutrimentos del olote hacia el grano. Cuando se define bien la formación de la capa negra, el contenido de humedad del grano es de aproximadamente 30% y ya se puede cosechar.

La capa negra también se forma cuando por cualquier motivo el grano deja de crecer; las enfermedades o trastornos fisiológicos pueden detener la corriente de alimentos hacia el grano y causar la formación de la capa negra (Reyes, 1990).

Hyde (1954) reporta que en las semillas de algunas leguminosas el agua entra solamente a través del hilio. Establece que la absorción de agua es controlada por un tejido higroscópico que forma parte de la fisura hilar. Cuando la humedad relativa es alta, el tejido hilar se hincha y cierra la fisura del hilio a la absorción de agua y, cuando la humedad relativa es baja, la fisura se abre y la semilla pierde más humedad. En el maíz, el pedicelo podría funcionar como estructura higroscópica y podría ser un indicativo, para la semilla, de que hay humedad suficiente para germinar; cuando la humedad en el suelo es alta el pedicelo puede saturarse de agua y ésta iniciar su difusión hacia el interior de la semilla, en caso contrario el pedicelo no se humedecería lo suficiente y el agua no penetraría al interior de la semilla. Esta hipótesis debería tomarse en cuenta para un trabajo posterior y determinar con mayor precisión la función del pedicelo en la germinación de la semilla de maíz (Osuna, F. 1994*).

2.4. Desarrollo de la Planta de Maíz

Hanway, J. J. (1971) en el boletín número 48 de la Universidad de Iowa clasifica numéricamente los diferentes estadios por los que pasa la planta de maíz durante su desarrollo.

El estado cero es cuando el ápice de la planta emerge del suelo y el estado diez es cuando la planta ya está totalmente madura; a los estadios intermedios se les asignan números entre cero y diez. Para estados de desarrollo intermedio se usan decimales. (Reyes, 1990) considera como estado cero al momento de sembrar la semilla.

* M.C. Osuna Fernández, Aida Marisa. Facultad de Ciencias. UNAM. Comunicación Personal.

Cuadro 2. Etapas fenológicas de la planta de maíz (Reyes, 1990)

ESTADIO	ETAPA	TIEMPO (días)
0.0	Siembra de la semilla	
0.1	Coleóptilo arriba del suelo	0
0.5	2-3 hojas abiertas	7
1.0	4-6 hojas emergidas	14-21
2.0	8-10 hojas emergidas	28-35
3.0	12-14 hojas emergidas	42-49
4.0	16 hojas emergidas	56
5.0	Estilos emergiendo y anteras dehiscentes	66
5.5	Polinización. Estilos con tendencia a secarse	
6.0	Estilos oscuros, desarrollo incipiente de granos	78
7.0	Granos con endospermo acuoso (lechoso)	80
8.0	Embriones en desarrollo	96
9.0	Endospermo semisólido (masoso)	108
10	Madurez fisiológica	110

2.5. Historia y Usos de! Maíz

Los cazadores recolectores consumían espigas de maíz como verdura; la planta crecía silvestre en América Central y México (Girard, 1976).

Se han encontrado impresiones de maíz prehistórico en lava volcánica en varias localidades de México, como la que se encuentra en el museo de la ciudad de Morelia; la lava tiene varias impresiones de mazorcas, de ellas una estaba bien formada, más o menos cilíndrica, con granos pequeños, no muy diferente al Chapalote o Nal-Tel actual; otras impresiones sobre la misma roca son diferentes y se asemejan al cónico. Puesto que no han habido erupciones volcánicas en tiempos históricos y no hay tradición de volcanes activos en el periodo de preconquista, es probable que esas impresiones sean muy antiguas (Wellhausen *et al.*, 1952).

En el área de Tehuacán, Puebla, el grupo encabezado por MacNeish encontró, en Coxcatlán, restos de maíz con una antigüedad de 6,600 a 4,900 años A.C. (Melgarejo, 1980).

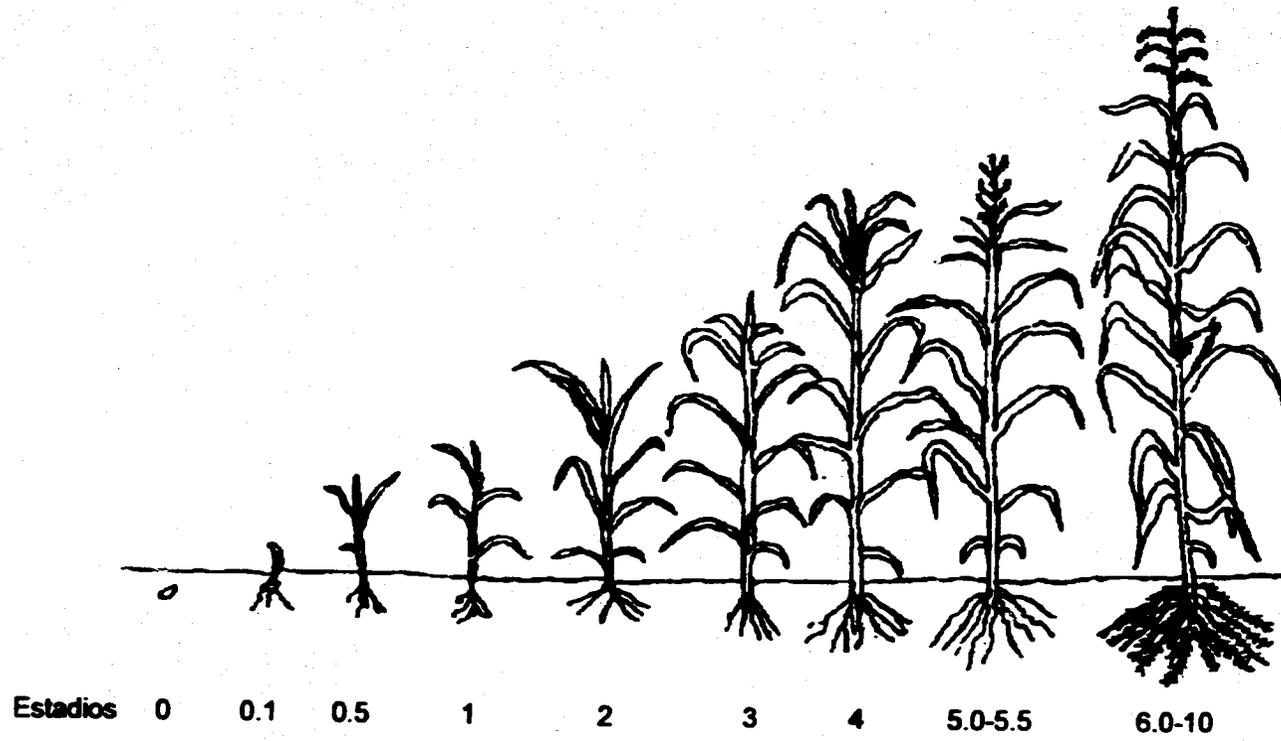


Figura 3. Estadios de crecimiento de la planta de maíz (Reyes, 1990).

En 1954 se encontró polen de maíz domesticado con una antigüedad de 80,000 años, a 70 m de profundidad, en el Valle de México, en el lugar donde se construyó la Torre Latinoamericana (Reyes, 1990). Si la antigüedad del polen es correcta, el maíz ya se cultivaba en los márgenes del Valle de México hace por lo menos 60,000 años (Miranda, 1991).

En el México prehispánico el maíz tenía usos ceremoniales, comestibles y medicinales, además de utilizarse como forraje y material de combustión; también formaba parte de la lista de tributos (Estrada Lugo *et al*, 1988).

En el siglo XVI se dispersó desde México hacia el mundo, y hoy se cultiva en 82% de los países (Castañeda, 1991).

La Corn Industries Research Foundation (CIRF) enlista más de 500 productos importantes, entre derivados y usos del maíz (Jugenheimer, 1988) y The Corn Refiners Association (citada por Reyes, 1990) estima más de 800 artículos en los cuales interviene el maíz.

En México, a pesar de la gran cantidad de usos industriales, su utilización primordial es para consumo humano directo (representa 66%) esencialmente en forma de tortilla (Fortson, 1986), y el consumo *per cápita* es de 104 kg/año (Reyes, 1991).

2.6. Producción

En nuestro país hay 3,532,004 familias productoras de gramíneas; de ellas 2,684,623 cultivan maíz (Calva, 1992), y de este total se distinguen dos grandes grupos de productores: los minifundistas ejidales o privados, que conforman entre 70 y 80%, cuya motivación principal es el autoconsumo, el porcentaje restante lo constituyen los agricultores comerciales, algunos que venden cuando menos la mitad de su cosecha y los que se dedican al cultivo del maíz como un negocio redituable (Fortson, 1986); durante el quinquenio 1985-1990 el rendimiento promedio del maíz obtenido en México fue de 1.7t/ha (Calva, 1992), y se estima que para el año 2,000 se tendrán que importar cerca de 8 millones de toneladas (producción estimada de 17 millones y una demanda total de 25 millones de toneladas) (Reyes, 1990).

Cuadro 3. Distribución de la producción de maíz en México. Rodríguez Vallejo (citado por Reyes, 1991).

DESTINO	TONELADAS
Consumo directo (tortillas, tamales, atole, pozole, etc.) con base en 104 kg anuales <i>per cápita</i>	7 000 000
Para la alimentación animal, principalmente en explotaciones familiares de comunidades, y en menor cuantía en explotaciones comerciales	3 000 000
Semilla para siembra de 8 millones de ha	150 000
Materia prima para la fabricación de almidones, aceites y otros usos industriales	400 000
Pérdidas por manejo de la producción y en el almacén	2 000 000
Otros usos	450 000
TOTAL	13 000 000

El promedio bajo se explica debido a que en México la semilla certificada apenas cubre de 20 a 25% de la demanda nacional (Reyes, 1990); además, con el uso de variedades mejoradas e híbridos de alto rendimiento se obtienen cosechas buenas sólo en la primera siembra, ya que en las subsecuentes la semilla pierde su fuerza y vigor, lo que obliga a adquirir semilla cada año, y por ello la mayoría de los agricultores continúan empleando semillas criollas que sembraron sus padres o abuelos (Fortson, 1986); esto es importante si consideramos que la agricultura tradicional del maíz se practica en una extensión de aproximadamente 5 millones de hectáreas (Figueroa, 1991).

Tomando en cuenta esta problemática y la demanda en constante aumento de este alimento básico, se hace imperativo incrementar la producción de maíz en todas las zonas del país donde se cultiva actualmente.

Según Bradfield (citado por Jugenheimer, 1988) un país puede incrementar su producción de alimentos de tres maneras:

1. Extendiendo el área plantada con cultivos alimentarios.
2. Aumentando el número de cultivos sembrados en la tierra cada año.
3. Incrementando el rendimiento de los cultivos por área unitaria.

De estas tres formas de incrementar la producción sólo una puede aplicarse al caso del maíz en México, ya que en nuestro país se presentan las situaciones siguientes (Casas, 1991):

Las tierras áridas (con una precipitación pluvial de 250 mm al año) son cultivables sólo con riego y se calculan en 102 millones de hectáreas, 52% de la superficie nacional.

Las tierras semiáridas (con una precipitación de 250 a 500 mm anuales) son aproximadamente 60 millones de hectáreas, 30% de la superficie nacional. En su mayoría requieren riego para ser remunerativas.

Las tierras semihúmedas (500 a 1,000 mm anuales de precipitación pluvial), aproximadamente 13 millones de hectáreas, 7% de la superficie nacional. Cuando reciben lluvia superior a 2,000 mm se ven limitadas significativamente en su producción agrícola.

Por otra parte, según el inventario de la SARH de 1986 (citado por Jasso y López, 1991) 81% de la superficie del país está erosionada; y la Dirección del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) citada por los mismos autores, estima una deforestación de 370,000 ha/año; 130,000 ha de bosques, 190,000 de selvas y 50,000 de zonas áridas.

De lo anterior se deduce que la única opción viable es incrementar el rendimiento de los cultivos por área unitaria, ya que se pueden aumentar los rendimientos mediante selección de materiales criollos que constituyen una opción más accesible para mejorar la producción (Fortson, 1986) o con mejoramiento genético para la obtención de variedades de polinización libre e híbridos; siendo obvio que en el proceso de producción de estos materiales deberán considerarse los diferentes ambientes, aunado a otros factores de la producción (Carballo, 1993)*.

* Carballo C., A. Profesor Investigador. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Comunicación personal.

2.7. Antecedentes de la Producción de Semillas Mejoradas en México

En el año de 1933 se iniciaron los programas de producción de semillas mejoradas, pero no fue sino hasta 1947 cuando se formó la Comisión del Maíz, creándose dos años después la Comisión Nacional del Maíz. En 1961 se expidió la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas, la cual ordenó la transformación de la Comisión Nacional del Maíz en Productora Nacional de Semillas (PRONASE) (Casas, 1991).

En la década de 1960 y durante un período relativamente corto, se desarrollaron actividades tendientes al control de la calidad en semillas, y se condujeron trabajos al respecto en especies hortícolas y forrajeras. Sin embargo, quedaron sin apoyo la investigación y la formación de recursos humanos requeridos para satisfacer la demanda de conocimientos y tecnología en producción de semillas por parte de la industria semillera privada y del sector público. Con ello se señala el hecho de que al finalizar la década de 1970 había un atraso de 20 años en investigación y tecnología apropiada para nuestras variedades así como para nuestras condiciones climáticas y sociales (Carballo, 1990).

Inclusive, actualmente, la industria semillera mexicana se encuentra en desventaja en comparación con otros países que cuentan con tecnologías avanzadas que contemplan desde la producción de semilla para siembra hasta la conservación de los granos cosechados para el consumo directo o para utilización industrial, y bajo normas estrictas cuyo objetivo primordial es garantizar la buena calidad de la semilla (Villaseñor, 1984).

Los fitomejoradores se basan en la "eliminación de defectos" y en la "selección para rendimiento", poniendo escasa atención sobre aspectos fisiológicos y/o morfológicos de la planta (Reyes, 1990).

Existen varias instituciones del país que trabajan en estas áreas de investigación, entre ellas 17 de enseñanza agrícola superior que ofrecen un curso de producción de semillas dentro de la carrera de ingeniero agrónomo (Carballo, 1985), pero desafortunadamente se ha descuidado el proceso final, que consiste en mantener la

calidad genética y la integridad física de las semillas durante las etapas de multiplicación, acondicionamiento, conservación y distribución a agricultores (Villaseñor, 1984).

2.8. Definición de Semilla

Con la semilla se inicia la independencia de la generación siguiente de plantas. La semilla, conteniendo a la nueva planta en miniatura, está equipada con todos los recursos estructurales y fisiológicos idóneos para su papel como unidad de dispersión, además, está bien provista de reservas alimenticias que sostendrán a la planta joven hasta la autosuficiencia, cuando pueda establecerse como organismo autótrofo (Bewley y Black, 1978).

Esau (1977) define a la semilla como un óvulo maduro, conteniendo al embrión y los nutrientes almacenados, con el integumento o integumentos diferenciados como cubierta protectora de la semilla o testa.

El ovario de la flor de maíz es unilocular (con una sola cavidad interior); dentro del ovario se encuentra un solo óvulo ortótropo (el óvulo se encuentra en posición erecta) que al madurar se transformará en semilla (López, 1991).

Por su parte, Moreno (1984) explica que, en términos agronómicos y comerciales, se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidades semilla) que se emplean en las siembras agrícolas.

En la ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas de nuestro país se define a las semillas como "los frutos o partes de éstos, así como las partes vegetales, vegetales completos o un conjunto de genes, con la calidad física, fisiológica, genética y fitosanitaria que asegure la reproducción y propagación de las diferentes especies vegetales".*

* Diario Oficial de la Federación. 26 de mayo de 1993.

2.9. Calidad de la Semilla

El concepto "Calidad de semilla" se aplica a las características que debe reunir un lote de semillas, entendiéndose por lote a una cantidad específica de semillas que puede ser físicamente identificable (Moreno, 1984). Según Christensen y Meronuck (1988) los granos y semillas que se producen, ya sea para siembra o para procesarse industrialmente, deben poseer alta calidad, es decir que las semillas deben estar sanas, limpias, libres de daños mecánicos y con una germinación alta y uniforme; Kjaer (1961) considera, además, humedad, peso por mil granos y peso por volumen.

Gutiérrez Hernández (1988) considera, dentro de la calidad de las semillas, a la condición en que se encuentren sus sistemas metabólicos, a la provisión que posean de compuestos bioquímicos importantes para los eventos fisiológicos y a su habilidad intrínseca para afrontar tensiones ambientales, aspectos que en su acción conjunta establecen el nivel de vigor de la semilla.

En México, a los agricultores se les exige que sus semillas reúnan las características de calidad siguientes (Reyes, 1990):

Cuadro 4. Normas de calidad para la semilla de maíz

FACTORES	NORMAS DE CALIDAD (Porcentajes)
Semilla pura (mínimo)	98.0
Capacidad de germinación	90.0
Humedad máxima	14.0
Semilla inútil	0.0
Semilla de otras variedades(máximo)	0.2
Semilla de malezas	0.0
Materia inerte (máximo)	2.0

En lo que se refiere a la calidad de las semillas, se ha puesto mayor atención en ciertos atributos de la misma, más que en la calidad en sí, y aunque ello es

Indudablemente importante, se olvida que la calidad está determinada desde antes de la cosecha, y no durante o después. La cosecha, secado, etc. están involucrados únicamente con la conservación de la calidad (Curtis, 1980).

A nivel nacional e internacional, la determinación de la calidad de la semilla se hace mediante la evaluación de los factores germinación, pureza y sanidad, considerándolos como sus componentes más importantes (Villaseñor, 1984).

Moreno (1984) dice que el principal atributo para evaluar la calidad y el potencial de las semillas es su capacidad para germinar y producir una planta normal, pero que es necesario considerar la pureza física y varietal, el vigor y el contenido de humedad, ya que son aspectos importantes relacionados con la calidad, manejo y comercialización, y repercuten en su valor comercial. Así, tenemos que una semilla de calidad debe reunir las características siguientes:

2.9.1. Calidad genética:

Este concepto se refiere a que la semilla debe conservar su pureza varietal, es decir, las características del genotipo logrado por el fitomejorador al momento de su liberación.*

2.9.2. Calidad física:

Se refiere a la semilla pura, de la variedad de que se trate. Dependiendo del cultivo y de la categoría, considera un porcentaje mínimo, en peso, de semillas intactas (Bradbeer, 1988) así como un porcentaje máximo de impurezas, tales como semillas de otros cultivos, de malezas y material inerte (ISTA, 1985).

2.9.3. Sanidad:

Se refiere a la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades, tales como hongos, bacterias, virus y plagas animales como gusanos e insectos; también se consideran condiciones químicas, tales como ausencia de elementos traza (ISTA, 1985).

* Carballo C., A. Profesor Investigador. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Apuntes del Curso Producción de Semillas I. Principios Genéticos.

2.9.4. Calidad fisiológica:

Incluye los conceptos de viabilidad, germinación y vigor, entre otros.*

2.9.4.1. Viabilidad

Una semilla viable es aquella capaz de germinar bajo condiciones apropiadas; en las semillas latentes la latencia debe romperse antes de que la viabilidad sea medida por germinación (Bradbeer, 1988).

Las semillas maduras normalmente pasan por un periodo de reposo o descanso antes de germinar; Zamora (1978) llama latentes a estas semillas, y Cronquist (1971) aplica el mismo término a la semilla que no germina aun bajo condiciones ambientales favorables, en tanto que Meyer (1966) considera el término letargo para las semillas que no germinan debido a causas internas.

Salisbury (1969) llama quiescentes a las semillas incapaces de germinar, debido a que las condiciones ambientales que se requieren normalmente para el crecimiento no están presentes, y llama latentes a las semillas incapaces de germinar aunque las condiciones ambientales, consideradas normalmente necesarias para el crecimiento, estén presentes.

Cuando una semilla viable no germina, aun bajo condiciones favorables, puede deberse a uno o varios factores, actuando individualmente o en combinación; estos factores, de acuerdo con Meyer (1966), Salisbury (1969) y Cronquist (1971), son los siguientes:

- Cubierta de la semilla impermeable al agua y/o al oxígeno.**
- Cubierta de la semilla con resistencia mecánica al crecimiento del embrión.**
- Inhibidores de la germinación.**
- Necesidad de cambios fisiológicos durante la germinación.**
- Embrión inmaduro o rudimentario.**

*** Carballo C., A. Profesor Investigador. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Apuntes del Curso Producción de Semillas I. Principios Genéticos.**

Con respecto al embrión considerado como inmaduro o rudimentario, Bradbeer (1986) lo considera como embrión latente, y dice que es aquel que presenta la o las características siguientes:

- No desarrollado o no diferenciado.
- Bloqueo de la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas.
- Falla en la movilización de reservas hacia el embrión.
- Deficiencia de sustancias reguladoras del crecimiento.
- Presencia de inhibidores.

2.9.4.2. Germinación

El paso inicial de la germinación consiste en la imbibición en agua de varios tejidos de la semilla, lo que generalmente provoca un aumento de volumen. La mayor hidratación de los tegumentos seminales generalmente causa un pronunciado incremento en su permeabilidad al oxígeno y al CO₂, la cual es muy baja en los tegumentos secos (Meyer, 1966).

Cuando una semilla viable se humedece, el agua penetra en ella y se inicia la respiración, la síntesis de proteínas y algunas otras actividades metabólicas y, después de cierto tiempo, la emergencia del embrión, generalmente primero la radícula; esto es, que la semilla ha germinado (Bewley y Black, 1978).

Barloy (1984) dice que la germinación comprende el ensamble de procesos metabólicos que se desarrollan entre la imbibición de la semilla y el inicio del alargamiento radicular, primera manifestación morfológica de la germinación.

Dure (citado por Van Staden, Davey y Brown, 1982) considera que la germinación es el período más crítico en la vida de la planta, y sugiere que la embriogénesis debe ser considerada como la preparación para la germinación, y que la embriogénesis y la germinación involucran una serie de cambios sucesivos controlados por factores dentro del cuerpo de la planta y el ambiente en que ésta se desarrolla.

Tissaoui y Côme (citados por Côme y Thévenot, 1982) proponen que el proceso de la germinación se desarrolla en tres fases.

1. Imbibición (absorción de agua por la semilla)
2. Fase de activación (conocida como germinación)
3. Fase de crecimiento (alargamiento de la radícula)

Como regla general, la absorción de agua por las semillas durante la germinación, también se lleva a cabo en tres etapas. Durante la fase de imbibición la absorción de agua es rápida al principio y después disminuye. En el curso de la segunda fase, cuya duración depende de la especie, el contenido de agua permanece estable (esta fase corresponde a la germinación *sensu stricto*). En la última etapa se reinicia la absorción de agua y coincide con el inicio del alargamiento radicular (Côme y Thévenot, 1982).

Moreno (1984) define a la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

El ISTA (1985) establece que la germinación de una semilla, en una prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de la plántula, hasta un estado donde sus estructuras esenciales indiquen si es o no capaz de desarrollarse en una planta normal, bajo condiciones de suelo favorables.

De acuerdo con las Normas Internacionales de Ensayos de Semillas, Anon (citado por Perry, 1981a), las semillas pueden considerarse capaces de germinar desde el momento en que puede realizarse una valoración de las plántulas, y se excluyen del porcentaje final de germinación las plántulas anormales, que son aquellas que tienen partes dañadas, podridas o ausentes.

2.9.4.3. Vigor

Las propiedades germinativas de un lote de semillas, designadas con el término vigor, son difíciles de definir de manera precisa. Un lote de semillas con buen vigor

se caracteriza por producir plántulas completas, con un crecimiento rápido y uniforme; además, se supone que deberán desarrollarse como plantas robustas y fértiles que expresen totalmente las propiedades agronómicas de la variedad (rendimiento, precocidad y resistencias diversas), aun cuando las condiciones ambientales sean adversas (David, 1984).

Nobbe, desde 1896 (citado por Perry, 1981a) reconoció que las propiedades de cada semilla, tales como velocidad de germinación y crecimiento de plántula, varían dentro de cada lote de semillas, así como las medias entre lotes diferentes. A este fenómeno le dio el nombre de *Tiebkraft* (que significa literalmente "fuerza impulsora") y se le han asignado diferentes nombres, por ejemplo: energía de germinación y vitalidad, y en los últimos años ha predominado el nombre de Vigor de Semilla.

En 1977 el Comité Internacional de Pruebas de Vigor, (citado por Perry, 1981a) propuso la definición siguiente:

"El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla o del lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula. Las semillas de buen comportamiento se denominan de alto vigor y aquellas de pobre comportamiento serán consideradas semillas de bajo vigor".

Villaseñor (1984), después de revisar varias definiciones, considera que ninguna de ellas abarca etapas fenológicas más allá del estado de plántula ni indican la metodología para evaluar el vigor; por ello propone definir el vigor como "la capacidad de la semilla puesta en diversas condiciones ambientales para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo".

Heydecker (citado por Ching, 1982) define al vigor de la semilla como un factor de calidad que denota el potencial para una germinación y desarrollo rápidos de las plántulas, bajo condiciones generales de campo.

El concepto del vigor de las semillas es diferente a viabilidad y porcentaje de germinación; los últimos conceptos indican una situación de sí o no, mientras que el vigor indica la capacidad de desarrollo de las semillas, comúnmente viables y

germinables, en condiciones inferiores a las óptimas. Un índice de vigor de un lote de semillas indica su probable comportamiento en el campo, y es un índice más real para predecir el establecimiento, desarrollo y producción de un cultivo (Ching, 1982).

2.10. Factores que Afectan la Calidad Fisiológica de la Semilla

2.10.1. Efecto materno

En gran parte, la capacidad de emergencia de las plántulas en el campo puede atribuirse a las condiciones climáticas y ambientales experimentadas por la planta madre durante el desarrollo de la semilla, en su maduración y en la cosecha (Gray y Thomas, 1982).

De igual manera, la variabilidad en la forma de las semillas, entre un mismo lote y entre lotes comerciales, puede asociarse, en parte, con los efectos posicionales en la planta madre (Kidd y West; citados por Gray y Thomas, 1982). La posición de la semilla no sólo afecta el tamaño y las proporciones relativas de tejidos y composición química de las semillas, sino también su contenido de humedad (Anslow; citado por Gray y Thomas, 1982).

La aplicación de minerales a la planta madre, particularmente nitrógeno, puede afectar las estructuras de la cubierta de la semilla, el llenado del grano y los contenidos proteínicos y hormonales, con los efectos consecuentes sobre la germinación y el vigor (Austin, citado por Gray y Thomas, 1982).

2.10.2. Daños a la semilla

En México la cosecha o "pizca" se efectúa casi completamente a mano; en algunas regiones se acostumbra primero doblar el tallo en un punto debajo de la mazorca, cuando el grano ya está formado, para que ésta quede colgando hasta que la planta se seque y entonces se cosecha. En los estados de Oaxaca, Hidalgo y México, se cortan las plantas cuando el grano ya está formado y se amontonan en "mogotes", una vez secas se separan las mazorcas del rastrojo que se utiliza como forraje (Fortson, 1986).

Cuando se trata de desgranar cantidades pequeñas de maíz para semilla, debe preferirse el desgrane a mano o con oloterías, con el fin de no lesionar los granos (Díaz del Pino, 1964); la olotería es un conjunto de oliotes amarrados paralelamente en forma de círculo y el desgrane se realiza frotando la mazorca contra ella (Fortson, 1986).

Los granos dañados se definen como los granos o partes de granos de maíz que han sido afectados por calor, germinación, heladas, o que han recibido daños en el suelo o por el clima, por mohos, o aquellos con apariencia enferma o que han sido deteriorados por cualquier otro medio (Christensen y Meronuck, 1986).

Existen diferentes tipos de daños al pericarpio de la semilla; Paulsen y Nave (1988) proponen tres categorías para describir la severidad de los mismos:

- a. Daño severo:** Granos evidentemente rotos, partes de endospermo perdidas o con resquebrajaduras profundas en el pericarpio.
- b. Daño menor:** Granos sanos, excepto con el pericarpio rasgado o roto.
- c. Sin daño:** Granos sanos, con la cubierta intacta.

Por su parte, Koehler (1957) los clasifica en ocho categorías:

- a. Daño severo a la corona:** Pérdida de un cuarto o más del pericarpio de la corona.
- b. Daño ligero a la corona:** Cuando se pierde menos de un cuarto del pericarpio o cuando éste está resquebrajado.
- c. Daño sobre la plúmula:** Cualquier rompimiento sobre la cara del grano donde se encuentra el embrión, sobre el nudo central, limitado por el margen interior del embrión.
- d. Daño sobre la radícula:** Daño abajo del nudo central, incluyendo el margen inferior del embrión.
- e. Daño en el margen del embrión:** En cualquier lugar de la periferia del margen externo del embrión, excepto en la parte inferior de la radícula.
- f. Otros daños al pericarpio:** Daños en las caras laterales o en la zona posterior del grano, incluyendo resquebrajaduras.

g. El descabezamiento, aunque no es, estrictamente hablando, un daño al pericarpio, se incluye debido a que predispone a la semilla a la invasión por hongos del suelo.

h. Granos quebrados

2.10.3. Daños durante la cosecha y transporte

Cuando se cosecha la semilla antes de alcanzar la madurez fisiológica se afecta su calidad; lo cual no ocurre cuando se cosecha al momento o poco después de ocurrida esta etapa fisiológica (Aguilar Castillo, 1989).

La cosecha mecánica es la principal causante de daños a la cubierta de la semilla y contribuye a incrementar la susceptibilidad al rompimiento del grano, después, durante el manejo los daños aumentan conforme la semilla pasa de una operación a la siguiente (Pierce y Hanna, 1985).

Mientras que con el desgrane manual se afecta 14% de los tegumentos, con las desgranadoras mecánicas el daño a la semilla aumenta a 47% (Kaerwer; citado por Jugenheimer, 1984).

El rompimiento de las cubiertas de la semilla en o cerca del embrión son las más dañinas, siguiendo en importancia las coronas rasgadas y los pedicelos rotos, y aunque los daños a la cubierta ocurren durante todos los pasos de la cosecha mecánica y el procesamiento, la mayoría ocurren durante el desgrane (Hoppe, 1953). La gravedad de una rotura depende de qué tan directa es para que los patógenos alcancen al embrión. El daño al pericarpio se incrementa con el desgrane y durante el procesamiento; en la clasificación de la semilla por tamaño es importante señalar que el daño es acumulativo (Tatum y Zuber, citados por Jugenheimer, 1984).

Las mazorcas rugosas son muy susceptibles a daños en el pericarpio y al descabezamiento, facilitando la infección de la semilla por organismos del suelo (Koehler y Holbert, citados por Koehler, 1957).

Koehler (1957) encontró que sembrando semilla descabezada o con daños que llegaban hasta el endospermo, en suelos inoculados con esporas de *Penicillium*

oxalicum, la concentración de esporas se correlacionaba positivamente con el tizón foliar.

Un registro del porcentaje de granos descabezados, realizado en la Universidad de Illinois, muestra que de 2.8% de granos descabezados en 1943 aumentó a 12.6% en 1947 (Koehler, 1957)

En México, varias empresas productoras de semilla y productores señalan como problema el maíz descabezado (Carballo, 1993)* ; en particular se presenta en la PRONASE en el manejo y comercialización de la semilla, pues el tipo de maquinaria usada en el acondicionamiento descabeza y quiebra un porcentaje importante de la misma (Cells, 1985).

Los productores de maíz de las regiones aledañas al municipio de Texcoco no siembran maíz descabezado porque dicen que "no nacen las plantas" (Carrillo Corona, 1993)**

2.10.4. Daños durante el almacenamiento.

Una de las principales causas de la pérdida de semillas en el país es su deterioro por almacenamiento inadecuado (Vázquez, 1990).

La aptitud de conservación de las semillas está en función de sus cualidades iniciales (vigor, estado sanitario e integridad física), del contenido de agua en los granos y de las condiciones de conservación (temperatura y humedad relativa del aire) (David, 1984).

Puesto que la semilla es materia orgánica compuesta por agua, carbohidratos, proteínas, enzimas, grasas, minerales y vitaminas, su estabilidad depende del mantenimiento de una relación balanceada dentro de estos componentes y de aquellos que se encuentran en el ambiente físico y biológico durante el almacenamiento;

* Carballo C., A. Profesor Investigador. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Comunicación personal.

** Carrillo Corona Lino. Productor de maíz. Nativitas, Texcoco. Comunicación personal.

cuando esta relación se desequilibra debido a condiciones desfavorables, el deterioro, desde mínimo hasta completo, puede ocurrir en pocos días (Zeleny, citado por Zamora, 1978).

Las evidencias indican que los tipos de cambios metabólicos que ocurren durante el deterioro de las semillas son específicos y dependen de la naturaleza de los factores que inducen un cambio particular (Abdul-Baki, 1972):

Durante el almacenamiento existen factores físicos (temperatura y humedad), químicos (oxígeno y dióxido de carbono) y biológicos (roedores, insectos y hongos), que causan deterioro a las semillas (Zamora, 1978).

La humedad favorece el desarrollo de insectos y hongos, los que con sus actividades demeritan la calidad comercial y biológica de los granos y semillas (Moreno, 1978).

La temperatura atmosférica, la temperatura del grano y la temperatura intergranular son cruciales para la seguridad y prolongación de la calidad del grano almacenado (Zamora, 1978).

El almacenamiento de semillas de maíz bajo condiciones inadecuadas causa, aparte de la reducción de viabilidad y vigor, cambios genéticos, así como los cambios bioquímicos siguientes: menor síntesis de ATP (y, por lo tanto energía insuficiente para satisfacer las necesidades de los procesos metabólicos esenciales para la germinación); menor actividad respiratoria; disminución de hasta 80% de la capacidad de síntesis de proteínas; reducción de síntesis de ARN y pérdida de la cohesión de las membranas celulares (afectando la permeabilidad y la actividad de las enzimas adheridas a ellas) (Vázquez, 1990).

2.10.5. Envejecimiento

Leopold (1980) señala que los términos envejecimiento y senescencia se usan indiscriminadamente y crean confusiones acerca del significado preciso y propone que: "Senescencia puede definirse como el proceso deteriorativo natural que causa la muerte; en tanto que envejecimiento se refiere al incremento de la madurez, con

el transcurso del tiempo, sin llegar a la muerte de la planta". Los efectos del envejecimiento son la disminución gradual de la germinación y del vigor de las plántulas resultantes.

El deterioro de las semillas de maíz, bajo condiciones naturales de envejecimiento, aumenta en la medida en que se incrementa la duración del almacenamiento (Rincón, 1989).

Una de las consecuencias más conocidas del envejecimiento es el incremento en el número de aberraciones cromosómicas en las primeras divisiones celulares de la radícula, incrementando el número de plántulas anormales y mutaciones poblacionales (Villiers, 1980), otros síntomas del envejecimiento son la pérdida de la actividad enzimática y la acumulación de daños a las membranas (Bradbeer, 1988); además, con el almacenamiento durante períodos largos se incrementa el tiempo para la germinación, a partir de la imbibición, junto con una mayor variabilidad del tiempo a emergencia, dentro de un lote de semillas (Villiers, 1980).

La germinación de la semilla de maíz, almacenada en condiciones normales de bodega, comienza a bajar a partir del tercer o cuarto año, de manera que es normal que la semilla con 5 ó 6 años de envejecimiento tenga porcentajes de germinación de 40 a 80 % (Celis, 1985).

2.10.6. Disminución del vigor

El vigor depende del genotipo de las semillas (efecto varietal) y de las técnicas de producción; asimismo, el comportamiento del vigor guarda una relación estrecha con el grado de integridad de las semillas (integridad genética, morfológica, anatómica, citológica, bioquímica y fisiológica) (David, 1984).

Los efectos ambientales y sus relaciones (antes de la cosecha, durante la cosecha, procesamiento y almacenaje) que influyen en el vigor son, principalmente madurez de la semilla y ambiente de almacenamiento (de las mazorcas cosechadas y de los granos secos), procesos de secado, daños mecánicos y microflora (David, 1984).

Perry (1981a) y Moreno (1984) enlistan los siguientes factores más comunes que influyen sobre el vigor de las semillas: genotipo, medio ambiente y nutrición de la planta, estado de madurez al momento de la cosecha, tamaño, peso volumétrico, daño físico, deterioro, envejecimiento y patógenos.

Los factores involucrados en el origen y causas del vigor de la semilla se pueden agrupar en factores genéticos o endógenos a la planta o la semilla, y ambientales o exógenos, que son los que inciden desde el lote de producción hasta los posteriores a la cosecha (Villaseñor, 1984).

Hunter (citado por Villaseñor, 1984) considera que el vigor es altamente complejo, y que dentro de los factores endógenos, a nivel bioquímico, se incluye la energía y el metabolismo biosintético, la coordinación de las actividades celulares y el transporte y utilización de las sustancias de reserva; además, considera que el vigor es una característica genética de la planta, expresada en la semilla, y que se ve afectada por condiciones exógenas como la nutrición de la planta madre, daños mecánicos, daños durante el procesamiento y deterioro durante el almacenamiento, que incluye el ataque de plagas y de enfermedades.

Copeland (citado por Villaseñor, 1984) da más énfasis a la constitución genética de la planta madre; comparando líneas de maíz que con igual tamaño de semilla presentan diferente expresión de vigor en estado de plántula. Por otra parte, dentro de la constitución genética también considera a la uniformidad en la maduración y tamaño de la semilla, como factores importantes. Entre los factores exógenos considera a la temperatura ambiental y humedad disponible, fertilidad del suelo, daños mecánicos, densidad de población, edad de la semilla, grado de deterioro y ataque de microorganismos, tanto en el campo como en el almacén.

Hanway (1971) consigna que la profundidad de siembra influye en el tiempo que transcurre entre la siembra y la emergencia. Las plántulas de semillas sembradas profundamente tienen una mayor cantidad de suelo que atravesar, además de que la temperatura es menor a mayor profundidad y hace que el crecimiento sea lento.

Abdul-Baki (1972) reporta que la reducción del vigor está asociada con la declinación de la respiración, de la síntesis de proteínas y de carbohidratos y con el incremento de la permeabilidad de las membranas de los ejes embrionarios.

Vázquez Ramos (1990) dice que las causas de la pérdida de vigor y viabilidad, a nivel bioquímico, son difíciles de definir, ya que las semillas muestran una gran diversidad de respuestas ante el deterioro.

2.11. Pruebas para Evaluar la Calidad Fisiológica de la Semilla

2.11.1. Viabilidad

El objetivo principal de esta prueba es determinar la viabilidad de las semillas que germinan lentamente cuando se utilizan los métodos convencionales de germinación, así como determinar la viabilidad de las llamadas semillas duras (Moreno, 1984).

El principio de este ensayo se basa en la reacción bioquímica de los tejidos vivos de la semilla con el 2,3,5-cloruro de trifenil tetrazolio, en la que este compuesto se reduce por la acción de los sistemas enzimáticos, pasando de una solución incolora a una solución roja, formazán, insoluble en agua y que precipita en las células vivas, mientras que en las células muertas no tiene lugar la reacción, permaneciendo incolora (Perry, 1981b).

El ensayo de viabilidad se puede aplicar al embrión o a la aleurona de la semilla. El ensayo topográfico con tetrazolio se aplica al embrión, el cual no necesita estar completamente teñido, como indicativo para ser capaz de germinar; al respecto Anon y Grabe (citados por Perry, 1981b) han publicado mapas de tinción para varios tipos de semillas con el fin de facilitar la distinción entre semillas viables y no viables, como las determinaría un ensayo normal de germinación.

El ensayo de tetrazolio en la aleurona tiene como base la importancia fisiológica de la aleurona en el metabolismo de la germinación, ya que produce enzimas que hidrolizan las reservas de almidón del endospermo y, además, las áreas necróticas en la aleurona pueden permitir la entrada de patógenos al endospermo y la colonización de los embriones sanos, en especial si los tratamientos fungicidas se diluyen y dispersan en suelos húmedos (Fiala, 1981b).

En general, las pruebas de viabilidad con tetrazolio permiten estimar en forma rápida la condición biológica de las semillas en cuanto a viabilidad y vigor; además, son útiles para complementar los datos obtenidos en una prueba de germinación y en el diagnóstico de las causas del deterioro de las semillas (Moreno, 1984).

Por otra parte estas pruebas tienen la desventaja de que no detectan diferencias entre semillas latentes y no latentes, porcentaje de semillas duras, daños por tratamientos con sustancias químicas, por heladas recientes, por calor o efectos mecánicos, ni organismos dañinos para los brotes (Delouche, 1971).

2.11.2. Germinación

El objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, y permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie (Moreno, 1984).

Las pruebas se realizan en laboratorio y se utilizan principalmente para hacer comparaciones entre genotipos; pero, puesto que existen diferentes velocidades de crecimiento, inherentes al genotipo, puede no existir una correlación con la capacidad de emergencia en el campo (Perry, 1981a).

Las plántulas consideradas morfológicamente anormales se excluyen del resultado de los ensayos de germinación (Wellington, Bekendan y Grob; citados por Perry, 1981a).

Moreno (1984) define como plántulas normales a aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, en suelo de buena calidad preparado en el laboratorio, plantas normales bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura, y como plántulas anormales, a las que no se pueden definir como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, que les impide su desarrollo normal cuando crecen en suelo preparado y bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura.

Se consideran plántulas normales a aquellas que presentan los siguientes defectos ligeros, siempre y cuando el resto de las estructuras vitales tengan un desarrollo balanceado.

1. Raíz primaria dañada, pero con raíces adventicias y laterales suficientemente largas y vigorosas para sostener a la plántula en el suelo.
2. Con daño superficial o deterioro en el mesocótilo, plúmula o cotiledón, siempre y cuando el daño no afecte los tejidos conductores.

En la figura siguiente se muestra el aspecto que presentan una plántula normal y una plántula anormal, en el estadio 1.0 de desarrollo (4-6 hojas emergidas), así como sus estructuras esenciales.

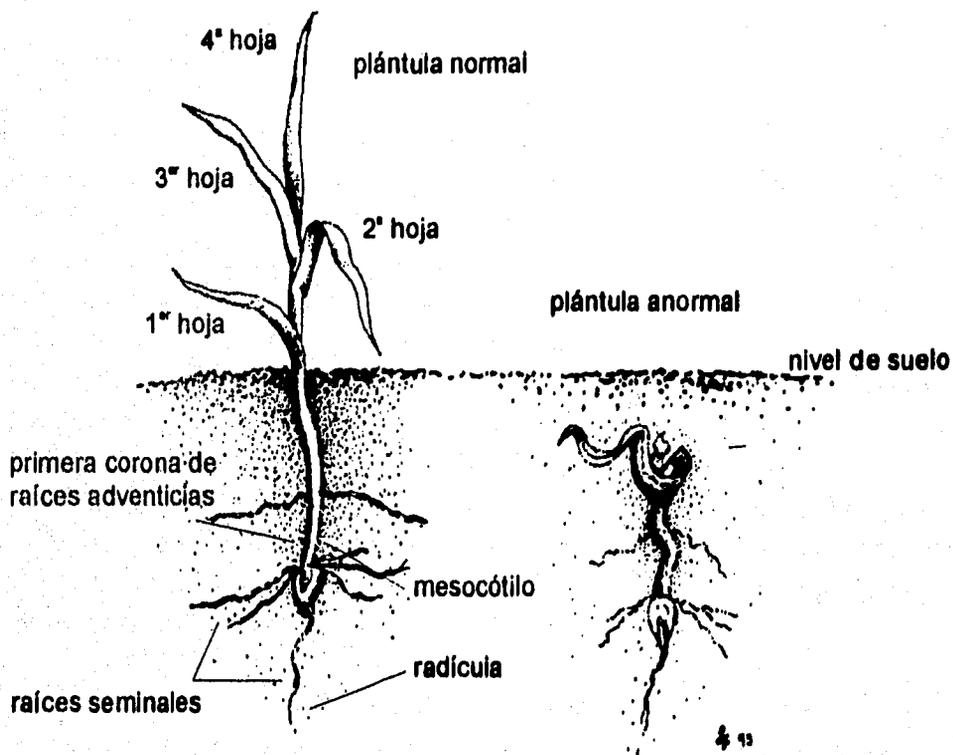


Figura 4. Estructuras de una plántula normal y de una plántula anormal.

Fiala (1981a) Clasifica a las plántulas en cinco grupos:

Vigorosas:

- 1. Plántulas fuertes, sin daño.**
- 2. Plántulas fuertes, pero ligeramente retrasadas en su desarrollo, o con daños ligeros, por ejemplo raíces primarias o secundarias cortas, extremidades de las hojas fragmentadas, coleóptilo dañado pero sin daño en la hoja, mesocótilo moderadamente enrollado.**

No vigorosas:

3. Germinadas

- a) Plántulas débilmente ahiladas o cortas, pocas raíces laterales presentes.
- b) Plántulas fuertes, pero desarrolladas desproporcionadamente.

4. Plántulas anormales de acuerdo con la ISTA

5. Semillas muertas.

2.11.3. Vigor

Con los ensayos de vigor se pretende obtener resultados reproducibles que se puedan relacionar con el comportamiento real de la semilla en el campo (Perry, 1981a); sin embargo, muchas de estas pruebas se han desarrollado para condiciones muy particulares y en determinadas especies, por lo que difícilmente podrán aplicarse a otras especies y en diferentes condiciones (Villaseñor, 1984); además, Gutiérrez Hernández (1988), al analizar el vigor en semillas de maíz, encontró que cada prueba impone sus propias limitaciones al desarrollo de las semillas y que éstas responden mejor cuando disponen de una buena fertilización.

De manera general, las pruebas de vigor se dividen en directas e indirectas (Villaseñor, 1984). En las pruebas directas se establecen y controlan en laboratorio, invernadero o campo, los factores que se espera reduzcan la emergencia. Evalúan el vigor una vez que la semilla ha germinado.

Las pruebas indirectas intentan medir el vigor antes de que la semilla germine y, normalmente, requieren de sustancias y equipo del que no se dispone en la mayoría de laboratorios en México.

Enseguida se enlistan las pruebas principales para la evaluación del vigor de las semillas con base en los criterios señalados por Villaseñor, (1984).

PRUEBAS DIRECTAS: Primer recuento de germinación; Velocidad de germinación; Evaluación de plántulas (Perry, 1981a); Crecimiento de plántulas (Perry, 1981a) ; Envejecimiento acelerado (Baskin, 1981); Deterioro controlado (Mattews y Powell, 1981a); Ensayo de Hiltner (Fuchs, 1981) ; Ensayo de Frío y prueba en Ladrillo molido (Fiala, 1981a).

PRUEBAS INDIRECTAS: Conductividad eléctrica (Mattews y Powell, 1981b); Cambios de permeabilidad; Niveles de ATP; Tasa de respiración del ácido glutámico descarboxilasa (GADA); Tetrazolio al embrión (Perry, 1981b); Tetrazolio a la aleurona (Fiala, 1981b).

III. MATERIALES Y METODOS

Los criterios seguidos para la evaluación del vigor, son los señalados para las semillas de maíz en *International Rules for Seed Testing*, publicadas por la *International Seed Testing Association* en 1985.

3.1. Materiales

El material biológico utilizado fueron las variedades de maíz V-18, de doble propósito, y V-107, forrajera, obtenidas respectivamente por el Instituto de Capacitación Agropecuaria del Estado de México (ICAMEX) y por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), para áreas con riego o buen temporal de la Mesa Central. Estas variedades se sembraron en el ciclo agrícola primavera-verano de 1992 en el Campo Experimental en Tecámac, Estado de México, situado entre los 19° 35' de Latitud Norte y los 98° 55' de Longitud Oeste, y a una altitud de 2,298 msnm (Hérmendez y Carballo, 1988), en el área de proyectos de mejoramiento y calidad genética del PIPS.

3.2. Métodos

El trabajo de laboratorio y de campo se efectuó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México, ubicadas entre los 19°29' de Latitud Norte y los 98°53' de Longitud Oeste, a una altura de 2240 msnm; la temperatura promedio anual es de 15°C y la precipitación pluvial total por año es de 613.7 mm (información proporcionada por la estación agroclimatológica de Montecillo, ubicada dentro del campo experimental del Colegio de Postgraduados).

3.2.1. Diseño experimental.

3.2.1.1. Tratamientos

Para el diseño experimental del presente trabajo se consideraron los siguientes tratamientos:

- V** Variedades de maíz V-18 y V-107
- D** Pedicelo: semilla no descabezada (ND) y semilla descabezada (D)
- P** Posiciones del grano en la mazorca: Base (B), Centro (C) y Punta (P)
- E** Envejecimiento: semilla no envejecida (NE) y semilla envejecida aceleradamente(EA).

Se eligieron las variedades de maíz V-18 y V-107 por su alto rendimiento en el Valle de Toluca y en el Valle de México, respectivamente, y para comparar entre ellas el problema del descabezamiento de la semilla y la posible expresión diferencial del vigor, por tener genotipos diferentes.

El arreglo de los tratamientos fue un factorial completo $2 \times 2 \times 3 \times 2 = 24$ tratamientos. Los 24 tratamientos resultantes, que se indican en seguida, se evaluaron bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, con ocho repeticiones.

Cuadro 5. Tratamientos.

Núm. de tratamiento	Descripción	Núm. de tratamiento	Descripción
1.	V-18/ND-B-NE	13.	V-107/ND-B-NE
2.	V-18/ND-B-EA	14.	V-107/ND-B-EA
3.	V-18/ND-C-NE	15.	V-107/ND-C-NE
4.	V-18/ND-C-EA	16.	V-107/ND-C-EA
5.	V-18/ND-P-NE	17.	V-107/ND-P-NE
6.	V-18/ND-P-EA	18.	V-107/ND-P-EA
7.	V-18/D-B-NE	19.	V-107/D-B-NE
8.	V-18/D-B-EA	20.	V-107/D-B-EA
9.	V-18/D-C-NE	21.	V-107/D-C-NE
10.	V-18/D-C-EA	22.	V-107/D-C-EA
11.	V-18/D-P-NE	23.	V-107/D-P-NE
12.	V-18/D-P-EA	24.	V-107/D-P-EA

De acuerdo con la capacidad del semillero donde se sembrarían las semillas y considerándolo como una muestra representativa, el número de semillas por parcela fue de 26.

3.2.2. Establecimiento del experimento

3.2.2.1. Preparación de la semilla

Se desgranaron manualmente 200 mazorcas, 100 de la variedad V-18 y 100 de la variedad V-107.

La mazorca se subdividió en tres secciones: Base (B), Centro (C) y Punta (P) y de cada una de ellas se tomaron dos hileras de granos.

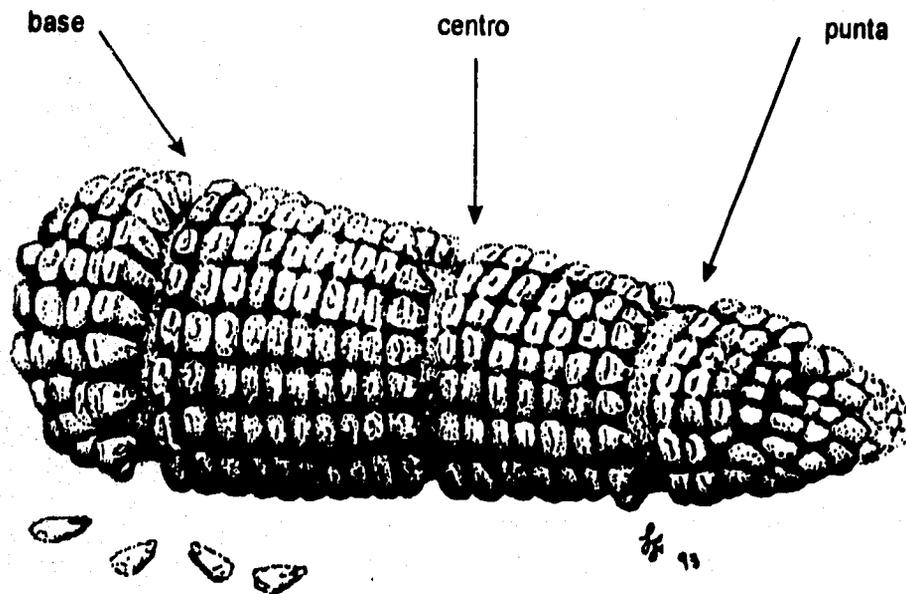


Figura 5. División de la mazorca en secciones.

De cada variedad se formaron 3 compuestos (conjunto de todas las semillas de cada sección de mazorcas).

Base 3500 semillas
Centro 3500 semillas
Punta 3500 semillas

Posteriormente se seleccionaron las semillas no descabezadas (con pedicelo) y las semillas descabezadas (sin pedicelo) de las dos variedades.

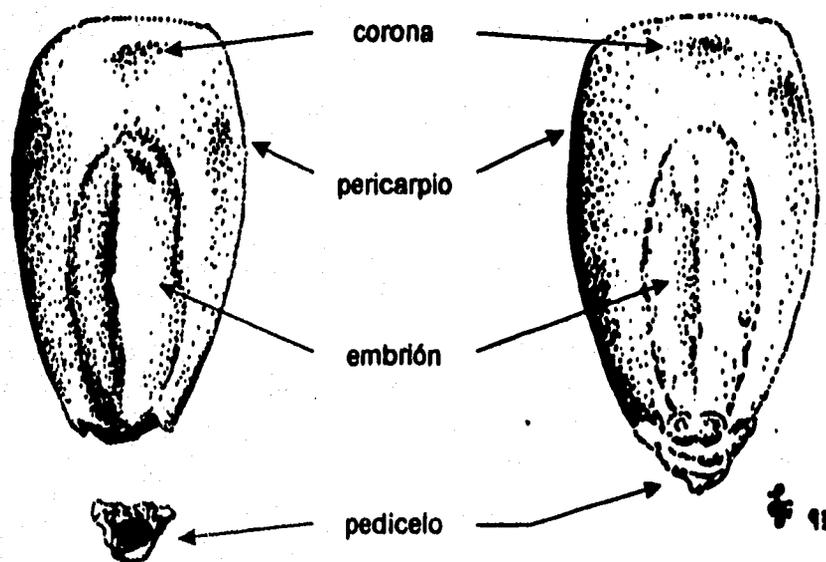


Figura 6. Semilla con pedicelo y semilla sin pedicelo, y estructuras externas.

La cantidad necesaria de semillas para el experimento fue de 2,496 por cada una de las dos variedades, quedando éstas a su vez fraccionadas en:

1,248 Semillas Descabezadas (D)
1,248 Semillas No Descabezadas (ND)

Como la cantidad de semillas descabezadas durante el desgrane, para ambas variedades, fue inferior a la requerida, las semillas faltantes para el experimento se descabezaron manualmente.

Una vez seleccionadas, tanto las semillas descabezadas como las no descabezadas de cada variedad, se tomó la mitad de cada grupo de éstas para someterse a la prueba de Envejecimiento Acelerado (EA); el restante 50 % se conservó en condiciones normales, No Envejecidas (NE), para su siembra posterior simultánea con las que sufrieron este proceso.

Variedad V-18	624 ND + 624 D = 1,248 semillas
Variedad V-107	624 ND + 624 D = 1,248 semillas

3.2.2.2. Tratamiento de envejecimiento acelerado

El procedimiento seguido se basó en el propuesto por Baskin (1981), modificado en el presente trabajo, para adaptarlo a las condiciones de los laboratorios del país que no cuentan con cámaras especiales de envejecimiento.

Se sometieron al proceso de envejecimiento acelerado doce tratamientos para un total de 2,496 semillas conformadas por:

Variedad V-18	1,248 Semillas
Variedad V-107	1,248 Semillas

El número de semillas por cada tratamiento, incluyendo sus repeticiones, fue de 208.

Para realizar este tratamiento se efectuaron los pasos siguientes:

- a. Con un sacabocado se hicieron 40 perforaciones, con un diámetro de 4 mm a 12 bolsas de plástico de 10 x 20 cm por lado.

- b. En cada bolsa se etiquetó el tratamiento correspondiente y se colocaron en su interior las semillas (208 por tratamiento, incluyendo las repeticiones)
- c. En el interior de un bote de lámina de 15 cm de diámetro por 25 cm de altura, se puso una capa de tezontle de 4 cm de espesor; esta capa se cubrió con agua y encima se colocó una rejilla de alambre, para evitar el contacto directo de las semillas con el agua, la cual rebasó ligeramente el nivel del tezontle.
- d. Sobre la rejilla de alambre se colocaron apiladas, una sobre otra, las 12 bolsas con las semillas.
- e. Se colocó una hoja de papel filtro sobre la parte superior del bote, y posteriormente se puso la tapa a presión; el borde entre la tapa y la orilla del bote se selló con papel filtro enrollado; el sellado se terminó cubriendo el papel filtro con cinta engomada "masking tape".

El papel filtro colocado dentro del bote tuvo la finalidad de evitar la condensación de agua en la parte superior de éste y evitar goteo sobre las semillas; el sellado exterior evitó la fuga de agua y mantuvo la humedad relativa dentro del bote a 100%.

- f. El paso final consistió en colocar el bote dentro de una estufa marca "CENCO", previamente calentada a 42°C; las semillas permanecieron bajo estas condiciones durante 96 horas.

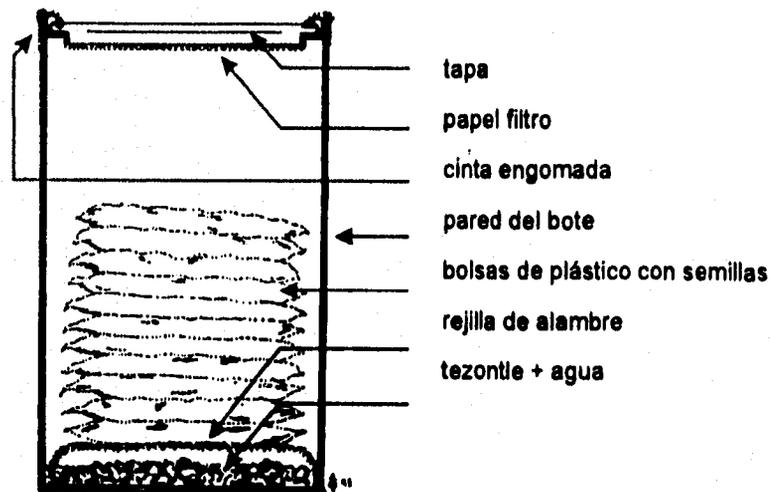


Figura 7. Dispositivo para el envejecimiento acelerado de las semillas.

3.2.2.3. Preparación del semillero y siembra

Previo a la siembra se preparó el semillero, formado por dos cuadros de madera con unas dimensiones de 4.90 m de longitud por 1.95 m de anchura, con una altura de 30 cm.

El sustrato utilizado fue arena de río cernida, sin esterilizar, para eliminar piedras y terrones que pudieran obstaculizar la emergencia de las plántulas.

Se colocó una capa de arena de 20 cm de espesor en el cual se trazaron 192 surcos de 90 cm de longitud (parcelas), con una separación de 4.6 cm entre ellos. Se dejó una separación de 10 cm de distancia entre las paredes del semillero y el inicio del surco.

Las parcelas quedaron distribuidas en dos partes; en un extremo del semillero se ubicaron las parcelas 1 a 96, y en el extremo opuesto quedaron las parcelas 97 a 192, con una separación de 15 cm entre las dos partes.

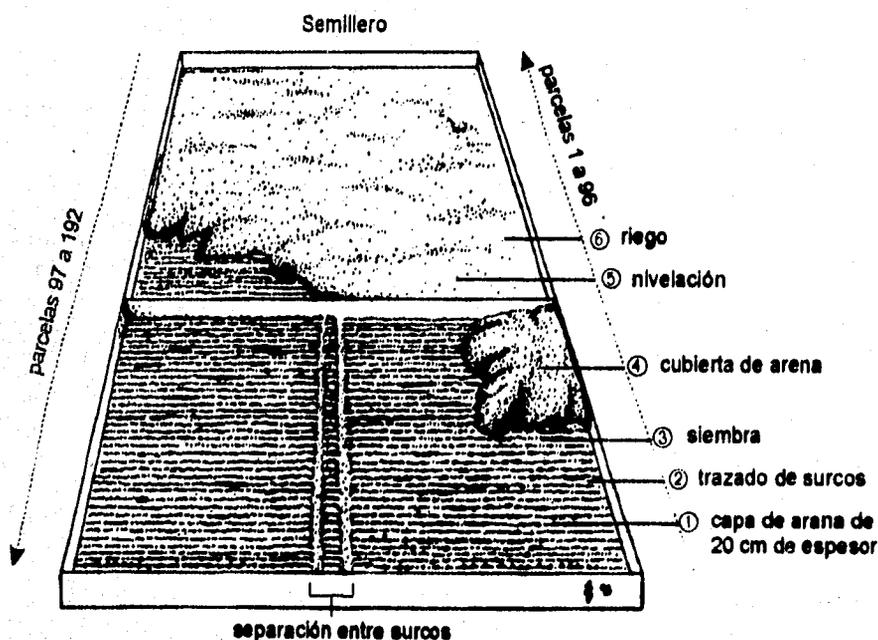


Figura 8. Semillero y siembra.

Se sembraron 26 semillas por surco, de acuerdo con la distribución aleatoria previamente determinada; la distancia entre semillas fue de 2.5 cm y la profundidad de siembra fue de 8 cm.

La secuencia de pasos seguidos durante la siembra se muestra en la figura 8.

Cada semilla se sembró con la corona hacia arriba y con el embrión dirigido hacia la parte externa del semillero; esto tuvo la finalidad de evitar efectos por la colocación de la semilla y para procurar una emergencia con una orientación uniforme.

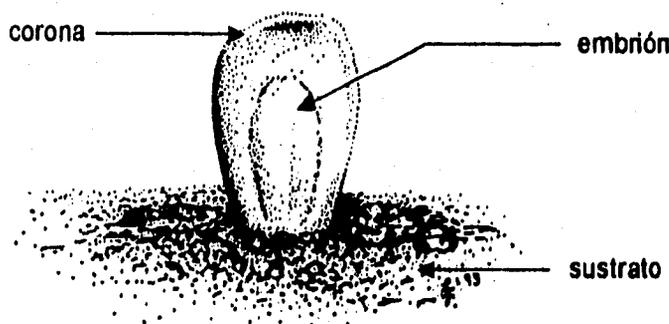


Figura 9. Posición de la semilla al sembrarse.

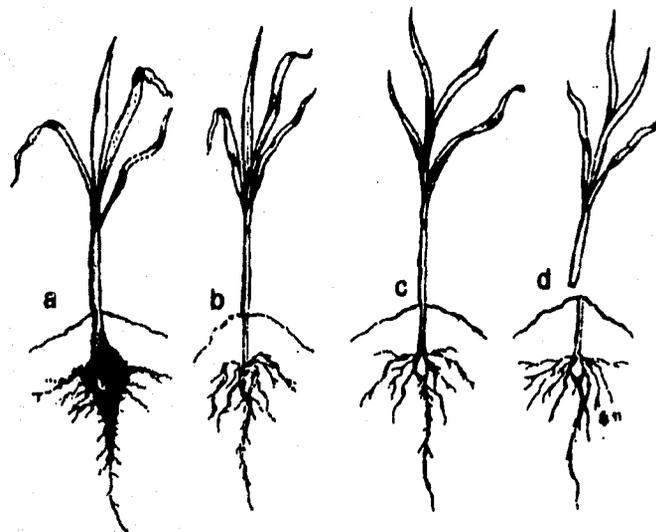
Una vez que se sembraron los tratamientos y sus repeticiones, se depositó una capa de arena de 8 cm de espesor sobre las semillas y se niveló con un rasador de madera.

Inmediatamente que se terminó de sembrar se aplicó un riego con la ayuda de una regadera, hasta saturar el sustrato; los riegos posteriores se aplicaron cada tercer día, para mantener el sustrato húmedo.

3.2.2.4. Extracción de plántulas

Una vez terminada la emergencia de las plántulas, éstas se extrajeron de cada parcela, una por una, para lo cual se aflojó el sustrato con una pala; después, cada planta se tomó por abajo de su raíz cuidando no dañarla, se eliminó la mayor parte de la arena adherida a la raíz y al final se lavó el sistema radicular para dejarlas completamente limpias.

En la figura siguiente se muestra la secuencia seguida para la limpieza de las plántulas, incluyendo la separación de la parte aérea y la subterránea (para llevar a secado y obtener el peso seco).



- a) plántula con restos de sustrato
- b) eliminación de restos de sustrato de la semilla
- c) eliminación del resto de la semilla
- d) separación de parte aérea y parte subterránea

Figura 10. Extracción de plántulas.

3.2.3. Registro de datos y variables evaluadas

3.2.3.1. Plántulas emergidas diariamente

A partir del primer recuento de emergencia, realizado 9 días después de la siembra, se contó el número de plántulas emergidas diariamente por parcela. Estos datos se utilizaron para determinar el porcentaje y la velocidad de emergencia.

Los recuentos se hicieron siempre a la misma hora, 8.00 AM, y el último recuento se efectuó 8 días después del primero.

Las variables evaluadas fueron:

3.2.3.2. Velocidad de emergencia (VEL)

La velocidad de emergencia se determinó mediante la fórmula de Hunter para calcular la velocidad de germinación, citada por Villaseñor (1984).

$$VE = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{X_1}{1} + \frac{X_2}{2} + \frac{X_3}{3} + \dots + \frac{X_{n-1}}{N-1} + \frac{X_n}{N}$$

donde:

X_i = número de plántulas emergidas por día

N = número de días después de la siembra

$i = 1, 2, 3, \dots, n-1, n.$

3.2.3.3. Emergencia (EME)

Total de plántulas emergidas (EME) por parcela.

3.2.3.4. Viabilidad (VIA)

Total de plántulas normales (N) y anormales (AN), menos las semillas muertas por parcela.

3.2.3.5. Germinación (GER)

Total de plántulas normales (N) por parcela.

3.2.3.6. Plántulas anormales (PAN)

Se contó el número total de plántulas anormales por parcela.

3.2.3.7. Semillas muertas (SMU)

Se contó el número total de semillas muertas por parcela.

3.2.3.8. Peso seco de plántula (PSP)

Se determinó por parcela; las partes aéreas separadas de las raíces se deshidrataron a 70 °C durante 72 horas, después se pesaron en una balanza digital marca "Ohaus".

3.2.3.9. Peso seco de radícula (PSR)

Se determinó por parcela; a la radícula se le eliminó el resto de la semilla, posteriormente se deshidrató y se obtuvo el peso seco, igual que para la parte aérea.

3.2.4. Análisis estadístico

La información sobre los factores de variación y los datos obtenidos sobre las variables evaluadas fueron codificados para su análisis por computadora (ver apéndice, Cuadro 1). Se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS), mediante el cual se efectuó el análisis de varianza, la comparación de medias y se obtuvieron los Coeficientes de Variación.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de Varianza

En el Cuadro 6 se presenta el resumen del análisis de varianza efectuado para cada una de las variables evaluadas, mostrándose el nivel de significancia para cada uno de los factores de variación, así como los Coeficientes de Variación obtenidos mediante el análisis estadístico.

4.2. Comparación entre medias

En el Cuadro 7 se presenta la comparación entre medias obtenida del análisis estadístico de cada uno de los factores de variación y de las variables evaluadas. Los datos contenidos en el cuadro se utilizaron también para la elaboración de las Figuras 11, 12, 13 y 14.

Los aspectos relevantes observados en los cuatro factores de variación, considerando los ocho caracteres estudiados, se señalan enseguida:

4.2.1. Variedad de maíz

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para todas las variables incluidas; asimismo las medias estadísticas son diferentes para todas las variables. Se observó que la variedad V-18 tuvo un mejor comportamiento en comparación con la variedad V-107; es decir, mayor emergencia, viabilidad, germinación y velocidad de germinación, así como una mayor producción de materia seca; por otra parte, tuvo un porcentaje menor de plántulas anormales y semillas muertas.

Cuadro 6. Análisis de varianzas de las variables bajo estudio.

		VARIABLES																							
		EME			VA			GER			PAN			SMU			VEL			PSP			PFR		
Factores de		G.L.	CM	Pr-F	CM	Pr-F	CM	Pr-F	CM	Pr-F															
Variables																									
Repetición	7	12.198	0.0738	0.524	0.0342	15.878	0.0235	31.838	0.0001*	12.791	0.0008	0.882	0.2637	1.788	0.0001*	0.138	0.0004								
Velocidad	1	885.872	0.0001*	108.080	0.0001*	801.822	0.0001*	423.047	0.0001*	88.672	0.0001*	13.188	0.0001*	28.731	0.0001*	5.788	0.0001*								
Desarrollo	1	46.047	0.0000	30.083	0.0008	57.422	0.0038	2.785	0.4881	37.838	0.0038	0.518	0.0008	4.488	0.0001*	1.330	0.0001*								
Posición	2	28.598	0.0132	15.818	0.0178	27.288	0.0183	3.130	0.4884	14.880	0.0008	0.288	0.0121	4.388	0.0001*	1.448	0.0001*								
Ensayos	1	118.755	0.0001*	88.330	0.0001*	115.838	0.0001*	8.288	0.8018	78.238	0.0001*	1.823	0.0001*	2.613	0.0001*	0.118	0.1183								
Var x Dosis	1	0.130	0.8871	0.883	0.8827	0.847	0.8332	0.888	0.8388	0.422	0.7887	0.887	0.7448	0.883	0.4881	0.117	0.1288								
Var x Pos	2	4.288	0.8170	4.8488	0.3488	3.188	0.8274	6.188	0.8731	3.287	0.4728	0.848	4.4888	0.283	0.8488	0.887	0.1283								
Var x Env	1	0.255	0.8425	2.883	0.4812	0.888	0.8777	3.288	0.3888	5.888	0.2888	0.881	0.8883	0.818	0.8888	0.888	0.7538								
Dosis x Pos	2	18.883	0.8871	4.288	0.2888	17.788	0.8722	5.888	0.2888	5.348	0.2878	0.131	0.1388	0.178	0.1618	0.878	0.2181								
Dosis x Env	1	0.130	0.8871	18.888	0.1881	0.8488	0.8332	6.288	0.2887	3.787	0.2831	0.883	0.8181	0.888	0.3118	0.841	0.2880								
Pos x Env	2	38.888	0.8188	2.881	0.4888	27.474	0.8178	13.217	0.8884	5.288	0.2888	0.283	0.8178	0.237	0.8883	0.281	0.8882								
Var x Dosis x Pos	2	1.181	0.8381	5.348	0.2484	1.847	0.8848	3.887	0.4888	3.141	0.4887	0.818	0.7888	0.844	0.8327	0.184	0.1183								
Error	183	0.448		3.818		0.881		4.885		4.378		0.884		0.885		0.848									
C.V. %		13.8843		8.7175		13.2884		88.8818		87.8188		13.8888		13.1483		14.2118									

Abreviaturas:

EME (Emergencia): Total de plantas emergidas.

SMU Total de semillas muertas.

VA (Velocidad): Total de semillas germinadas.

VEL (Velocidad o índice de emergencia)

GER (Germinación): Total de plantas normales.

Plantas emergidas por día / día después de la siembra.

PAN Total de plantas normales.

PSP Pese seco de plantas, en gramos

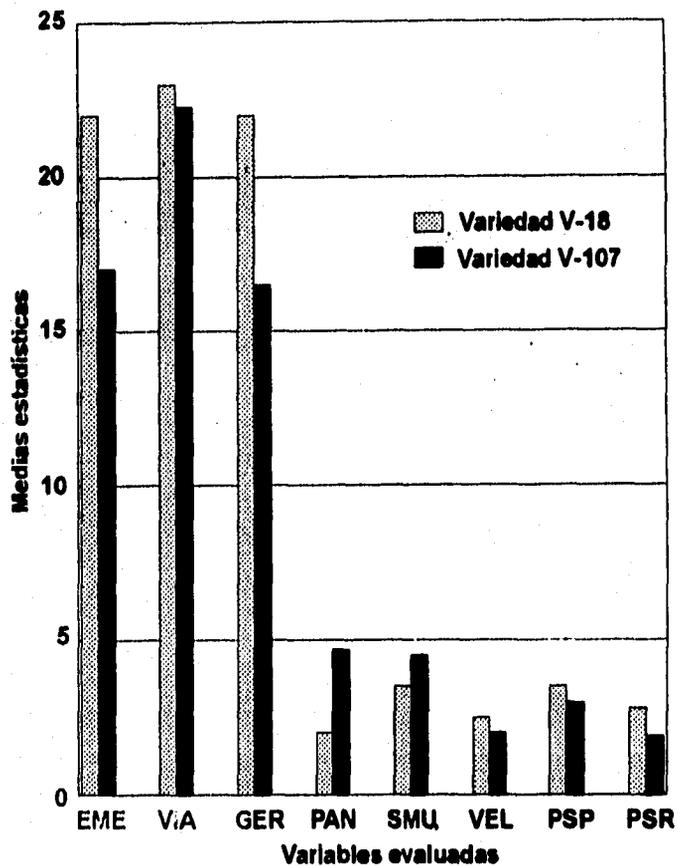
PFR Pese seco de raíces, en gramos.

Cuadro 7. Medias de las diferentes variables, afectadas por los factores de variación considerados en el estudio.

Factores de Variación	VARIABLES							
	EME	VIA	GER	PAN	SMU	VEL	PSP	PSR
V-18	21.552 A	23.167 A	21.521 A	1.646 B	2.948 B	2.1108 A	2.7199 A	1.7175 A
V-107	17.208 B	21.867 B	17.115 B	4.615 A	4.292 A	1.5867 B	1.9736 B	1.3700 B
ND	19.805 A	22.812 A	19.865 A	3.010 A	3.177 B	1.9005 A	2.4897 A	1.6270 A
D	18.886 B	22.021 B	18.771 B	3.250 A	4.052 A	1.7970 B	2.1939 B	1.4605 B
B	20.000 A	22.734 A	19.922 A	2.875 A	3.406A B	1.9030 A	2.5658 A	1.6789 A
C	19.499A B	22.672 A	19.406A B	3.288 A	3.281 B	1.8895A B	2.4181 B	1.5706 B
P	18.672 B	21.884 B	18.625 B	3.250 A	4.172 A	1.7738 B	2.0564 C	1.3617 C
NE	20.167 A	23.125 A	20.094 A	3.094 A	2.990 B	1.9738 A	2.4634 A	1.5685 A
EA	18.594 B	21.708 B	18.542 B	3.167 A	4.250 A	1.7597 B	2.2301 B	1.5190 A

Nota: Promedios con letra distinta son significativamente diferentes.

Figura 11. Respuesta de las variables al factor variedades de maíz (V).



Simbología

EME (Emergencia): Total de plántulas emergidas.

VIA (Viabilidad): Total de semillas germinadas.

GER (Germinación): Total de plántulas normales.

PAN: Total de plántulas anormales

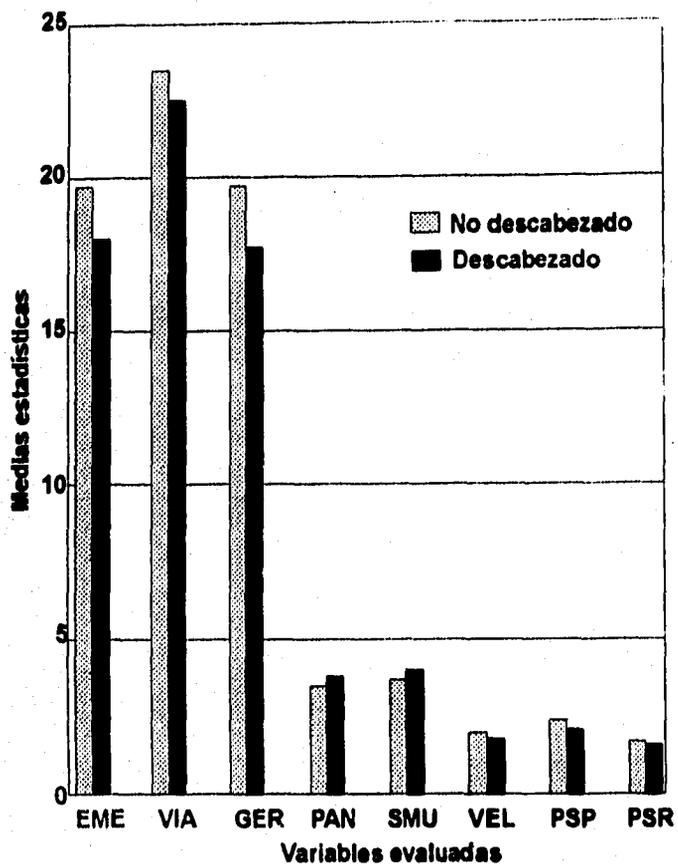
SMU: Total de semillas muertas

VEL (Velocidad o Índice de emergencia): Plántulas emergidas por día/ días después de la siembra.

PSP: Peso seco de plántulas, en gramos.

PSR: Peso seco de radícula, en gramos.

Figura 12. Respuesta de las variables al factor descabezamiento de la semilla (D).



Simbología

EME (Emergencia): Total de plántulas emergidas.

VIA (Viabilidad): Total de semillas germinadas.

GER (Germinación): Total de plántulas normales.

PAN: Total de plántulas anormales

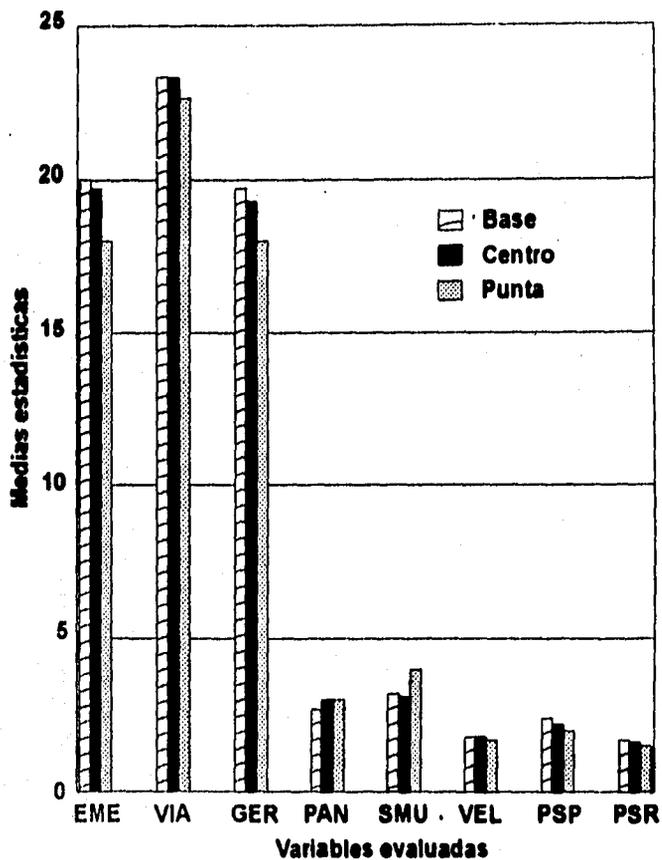
SMU: Total de semillas normales

VEL (Velocidad o Índice de emergencia): Plántulas emergidas por día/ días después de la siembra.

PSP: Peso seco de plántulas, en gramos.

PSR: Peso seco de radícula, en gramos.

Figura 13. Respuesta de las variables al factor Posición del Grano en la Mazorca (P)



Simbología

EME (Emergencia): Total de plántulas emergidas.

VIA (Viabilidad): Total de semillas germinadas.

GER (Germinación): Total de plántulas normales.

PAN: Total de plántulas anormales

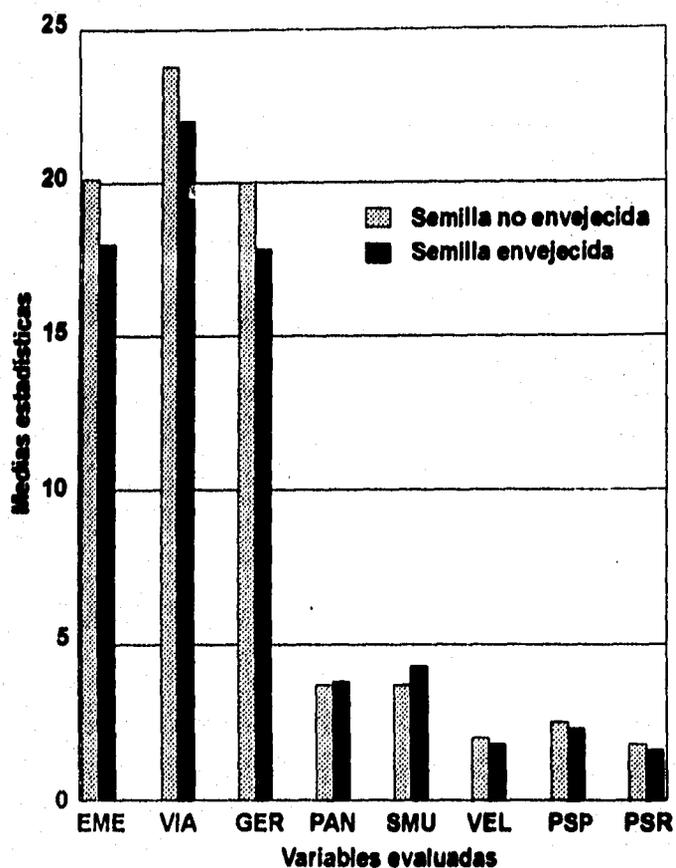
SMU: Total de semillas muertas

VEL (Velocidad o índice de emergencia): Plántulas emergidas por día/ días después de la siembra.

PSP: Peso seco de plántulas, en gramos.

PSR: Peso seco de radícula, en gramos.

Figura 14. Respuesta de las variables al factor envejecimiento (E)



Simbología

EME (Emergencia): Total de plántulas emergidas.

VIA (Viabilidad): Total de semillas germinadas.

GER (Germinación): Total de plántulas normales.

PAN: Total de plántulas anormales

SMU: Total de semillas muertas

VEL: (Velocidad o índice de emergencia): Plántulas emergidas por día/ días después de la siembra.

PSP: Peso seco de plántulas, en gramos.

PSR: Peso seco de radícula, en gramos.

4.2.2. Posición de la semilla en la mazorca

Dependiendo de la posición de la semilla en la mazorca, se encontró una respuesta distinta; el análisis de varianza presenta diferencias significativas en el comportamiento de las variables, excepto en el caso de plántulas anormales en el que las semillas tuvieron un comportamiento similar, y diferencias altamente significativas en cuanto a producción de materia seca, donde las medias para cada posición de semilla en la mazorca son todas diferentes; de manera general, las medias para las semillas de la base son mayores; intermedias, para las semillas del centro; e inferiores, para las semillas de la punta, en lo que se refiere a emergencia, viabilidad, germinación, y peso seco; por el contrario, los valores para plántulas anormales y semillas muertas son mayores para las semillas de la punta, intermedios, para las del centro; y menores, para los granos de la base.

4.2.3. Descabezado de la semilla

Se encontró que el descabezado afecta en mayor o menor grado a todas las variables analizadas en el presente trabajo. Las semillas no descabezadas tuvieron mayor emergencia, viabilidad, germinación, velocidad de emergencia y producción de materia seca; en relación con la cantidad de semillas muertas, ésta fue mayor en el maíz descabezado; en cuanto al porcentaje de plántulas anormales, no hubo diferencia estadística.

4.2.4. Envejecimiento acelerado

El tratamiento de envejecimiento acelerado afectó negativamente a la mayoría de las variables: germinación, emergencia, viabilidad, velocidad de emergencia, peso seco de plántula y porcentaje de semillas muertas. No se observó efecto significativo en lo que se refiere a plántulas anormales y peso seco de radícula, aun cuando fue mayor la cantidad de plántulas anormales en las semillas sometidas a envejecimiento.

4.2.5. Interacciones entre factores de variación

Posición de la semilla x Envejecimiento

El análisis de la interacción indica un comportamiento diferencial, según la posición de la semilla, sobre la calidad fisiológica de la semilla, puesto que su acción afectó a las semillas pequeñas en su germinación, emergencia, velocidad de emergencia, peso seco de radícula y porcentaje de plántulas anormales; no se detectó influencia sobre viabilidad, porcentaje de semillas muertas y peso seco de plántula.

Variedad x Posición de la Semilla

Esta interacción sólo afectó el peso seco de la plántula, siendo V-107 la más sensible al tratamiento, y aunque en las demás variables hubo diferencias, estas no fueron significativas.

El análisis de la información con respecto a la acción combinada de los siguientes factores: Variedad x Descabezamiento; Variedad x Envejecimiento; Descabezado x Tamaño; Descabezado x Envejecimiento y la interacción de segundo orden Variedad x Descabezado x Tamaño, no tuvo efecto significativo sobre las variables consideradas.

V. DISCUSION

En el área agrícola, una de las formas de contribuir a incrementar la producción es mediante la generación de semillas mejoradas que expresen totalmente su potencial de rendimiento bajo diferentes condiciones ambientales.

Obtener un híbrido o una variedad con características específicas, propias para alguna región en particular o de acuerdo con los requerimientos de la industria o del público consumidor es un proceso que requiere varios años de trabajo, aplicando métodos modernos de mejoramiento genético.

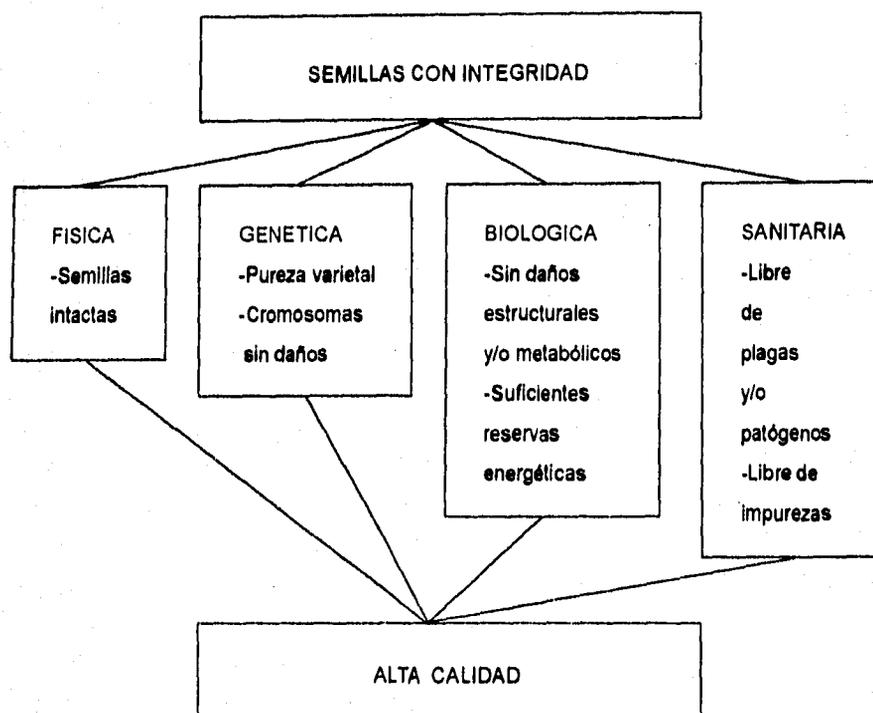
No obstante, el trabajo y los recursos económicos invertidos pueden ser inútiles si no se conserva la calidad que la semilla alcanza al momento de su madurez fisiológica, ya que ésta empieza a disminuir a partir de este momento, debido a la interacción con los medios físico y biológico.

Además, las labores mecanizadas, cada vez más utilizadas en nuestro país, desde el desgrane, durante el beneficio hasta la distribución a los agricultores para la siembra, pueden causar diversos daños acumulativos y reducir la calidad de la semilla.

Ofrecer a los agricultores semilla mejorada implica que ésta debe poseer calidad genética, física y fisiológica, incluyendo aspectos sanitarios; sin embargo, la calidad no debería dividirse en partes, sino que debe calificarse de manera total, evaluando el conjunto de componentes que la determinan.

Por lo anterior y con la finalidad de entender mejor el concepto de calidad de las semillas, se elaboró el esquema siguiente:

Cuadro 9. Componentes de la calidad de la semilla



Así, se considera que la calidad de un lote de semillas puede quedar definido de la manera siguiente:

"Un lote de semillas de calidad es aquel que conserva al máximo las cualidades físicas, genéticas y biológicas alcanzadas al momento de la madurez fisiológica, además de estar libre de plagas y patógenos transmisibles por semilla, así como de materiales extraños y de semillas ajenas a la especie o variedad de que se trate".

Aclarar el término calidad tiene el objetivo de diferenciar este concepto del de vigor de la semilla, puesto que frecuentemente las definiciones que existen sobre el vigor involucran aspectos que conciernen exclusivamente a la calidad, la cual es un concepto amplio, de cuya magnitud depende el vigor.

La definición más sencilla y concisa sobre el vigor de la semilla fue expresada claramente por Villaseñor (1984) la cual dice que " es la capacidad de la semilla,

puesta en diversas condiciones ambientales, para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo.

Una vez ubicados dentro de los conceptos calidad y vigor de las semillas, es más fácil determinar los factores que la afectan, y en último término en la expresión final de ésta, es decir en el vigor; y para ello se elaboró el diagrama de la figura 15, donde se muestran los factores que determinan el vigor de las semillas, desde la planta madre hasta su siembra y establecimiento. Se observa que las semillas están expuestas a una gran cantidad de factores físicos, químicos y biológicos que pueden actuar de manera individual o en interacción y afectarla negativamente reduciendo su vigor.

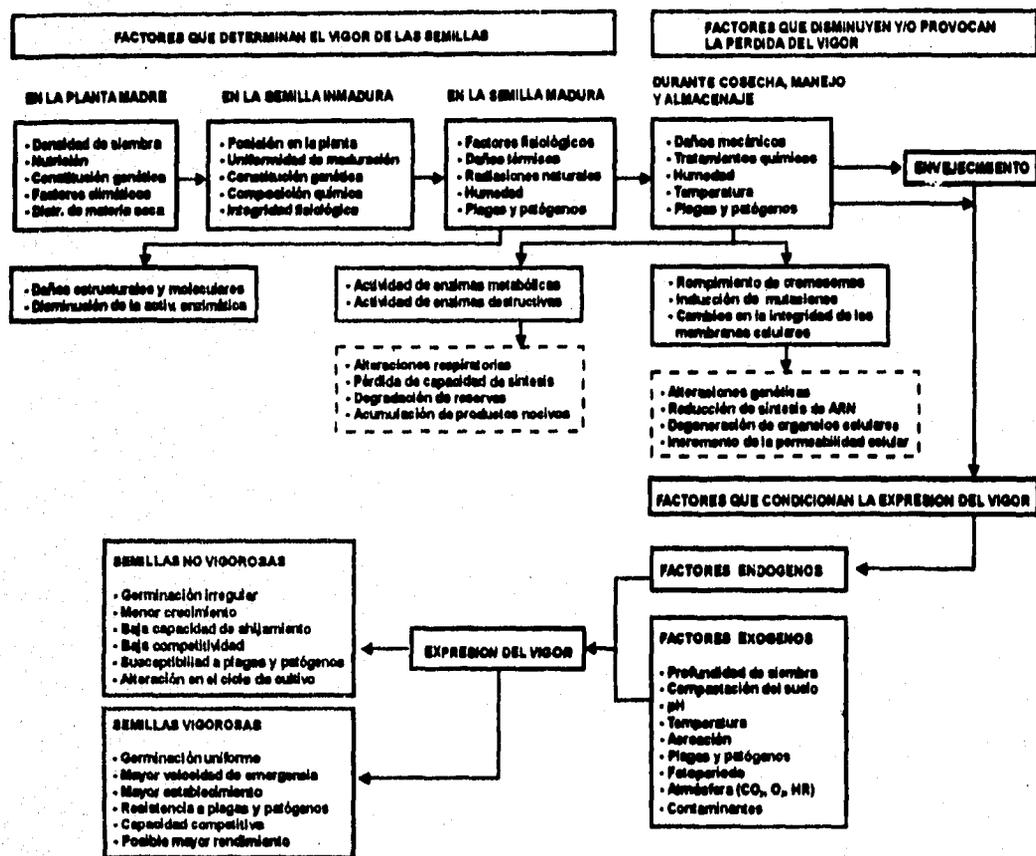
En relación con el presente trabajo, las semillas de maíz utilizadas alcanzaron la madurez fisiológica y posteriormente las plantas se cortaron y se acomodaron en "mogotes", manteniendo íntegra a la planta (salvo el sistema radical), esto es, junto con la mazorca envuelta por sus brácteas "totomoxtle"; una vez que las mazorcas perdieron el exceso de humedad se encostalaron y se prepararon para el establecimiento del experimento.

Con el procedimiento anterior se evitó que la semilla fuera afectada por radiaciones térmicas directas, humedad, plagas y patógenos; además, la semilla se utilizó recién cosechada, evitando daños por envejecimiento. Durante el desgrane, al realizarlo manualmente semilla por semilla, se evitaron daños mecánicos.

Posteriormente, una vez realizada la siembra del experimento, no se controló la temperatura, tampoco se determinó el pH del suelo ni se esterilizó; lo anterior fue debido a que los ensayos de vigor se efectúan bajo diversas condiciones ambientales, tal y como se hacen las siembras a nivel comercial, donde a excepción del pH, es imposible controlar estos factores.

De esta manera se aislaron las variables que podrían enmascarar los efectos de los factores de variación que se aplicaron en el experimento: Variedad, Descabezado, Posición de la semilla en la mazorca y Envejecimiento Acelerado, permitiendo determinar la influencia que éstos ejercen sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz, específicamente sobre la germinación y el vigor.

Figura 15. Factores endógenos y exógenos que determinan el vigor de las semillas.



Enseguida se analizan los resultados obtenidos mediante la aplicación de los factores de variación sobre la germinación y el vigor, en relación con el objetivo y la hipótesis planteados.

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del descabezado sobre la germinación y el vigor inicial de la semilla de maíz, y para ello la primera pregunta que surge es si afecta por igual a los diferentes genotipos, por lo que se utilizaron dos variedades, la V-18 y la V-107. Los resultados obtenidos indican claramente que el descabezado tuvo una influencia negativa para todas las variables de respuesta, observándose un efecto significativamente mayor sobre la variedad V-107.

Si las dos variedades estuvieron sometidas exactamente a los mismos factores de variación, de clima y de suelo, la única diferencia entre ellas estuvo en su constitución genética, por lo que se deduce que la susceptibilidad a los efectos del descabezamiento depende del genotipo de las semillas, lo cual indica que es posible incluir en los esquemas de mejoramiento genético la obtención de variedades adaptadas al desgrane mecánico.

Con respecto a las semillas no descabezadas, éstas tuvieron un mejor comportamiento, excepto en la cantidad de plántulas anormales, en cuya variable no hubo diferencia estadística con respecto al maíz descabezado.

En cuanto a las demás variables estudiadas, la diferencia aunque significativa, no fue muy contrastante; sin embargo, los resultados permiten apreciar que el descabezado, al afectar la integridad estructural de la cubierta de la semilla, tiene influencia sobre la calidad de la misma, reduciendo su eficiencia fisiológica y por lo tanto su vigor.

En sí, las semillas no descabezadas mostraron mayor vigor, lo cual fue más evidente en la producción de materia seca.

Lo anterior indica la necesidad de estudiar con mayor profundidad el problema del descabezado de la semilla de maíz, incluyendo una mayor diversidad genotípica; es decir, empleando variedades, híbridos y líneas, para determinar sus efectos con

mayor precisión, así como para detectar materiales resistentes e incorporar esa resistencia en las semillas mejoradas. En lo referente a los resultados obtenidos sobre las plántulas anormales, éstos no son muy claros, por lo que es necesario evaluar detalladamente si el descabezado afecta la germinación, ya que según lo observado la cantidad de plántulas anormales parece ser independiente de este factor.

En relación a la posición del grano en la mazorca, existieron diferencias notables en cuanto a producción de materia seca, pero no en lo referente a la cantidad de plántulas anormales; en las variables restantes las diferencias, aunque significativas, se mostraron menos acentuadas.

La producción de materia seca fue diferente estadísticamente para las tres posiciones del grano en la mazorca; se encontró que los granos de la base tuvieron mayor producción, los de la parte central una producción intermedia y los granos de la punta la más baja, de lo que se infiere que los granos de la base mostraron mayor vigor que los granos del centro y de la punta, en lo que respecta a las dos variedades empleadas en el presente trabajo. Estos resultados apoyan la costumbre de muchos agricultores al seleccionar los granos grandes de la base y del centro de la mazorca para la siembra y con ello lograr mejor comportamiento en el campo, y que para el caso particular de esta investigación, pueden explicarse debido a que en las variedades usadas no existe una marcada diferencia, en cuanto a tamaño, entre granos de la base y del centro de la mazorca, pero sí con los de la punta que son más pequeños.

El envejecimiento acelerado tuvo una influencia negativa para el vigor, altamente significativa en todas las variables evaluadas, excepto en la cantidad de plántulas anormales y en el peso seco de la radícula, en las cuales, aunque hubo diferencia, ésta no fue significativa.

Los resultados parecen contradictorios, ya que se esperaría una mayor cantidad de plántulas anormales, puesto que el envejecimiento causa alteraciones genéticas y degeneración de organelos celulares; sin embargo, puede ser que el tiempo de envejecimiento al que se sometieron las semillas no fue suficiente para afectar;

también, pudo ser que el tiempo que se mantuvieron las plántulas en el semillero no fue adecuado para que se acentuara la diferencia en su desarrollo, o bien, es posible algún error experimental no detectado.

La interacción entre factores no tuvo influencia sobre el vigor de las semillas, lo que denota un efecto independiente, a excepción de la interacción Posición de la Semilla x Envejecimiento, la cual afectó: germinación, emergencia, velocidad de emergencia y peso seco de la radícula; también se encontró que afecta significativamente la cantidad de plántulas anormales.

Los factores Posición de la Semilla y el Envejecimiento no tuvieron efecto individual sobre la cantidad de plántulas anormales; lo que es importante, sobre todo en el caso de las semillas almacenadas durante mucho tiempo, las cuales perderán gradualmente su vigor, dependiendo de la variedad de que se trate.

Finalmente, se puede decir que la pérdida del pedicelo de la semilla de maíz sí propicia la disminución de la calidad en cuanto a germinación y vigor, que esta disminución de la calidad está determinada por la variedad de que se trate e influenciada por la posición de las semillas en la mazorca y la edad de la misma. Sin embargo, los resultados obtenidos no son de ninguna manera concluyentes, siendo necesario continuar el estudio del descabezamiento, utilizando diferentes genotipos, periodos de envejecimiento y bajo diversas condiciones ambientales, además de estudiar el papel que juegan los patógenos del suelo, como hongos y bacterias, incluyendo también a los insectos que atacan al maíz a nivel de plántula, aspectos que no fueron contemplados en este experimento.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo planteado para la realización de este experimento y con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- 1. La pérdida del pedicelo de la semilla de maíz afecta negativamente la calidad de la misma, reflejándose en una disminución del vigor.**
- 2. Las diferencias en la cantidad de las plántulas anormales encontradas en las pruebas de calidad fisiológica del presente estudio parece depender del genotipo de las variedades utilizadas.**
- 3. Las semillas localizadas en la punta de la mazorca tienen menor vigor que las semillas del centro y de la base, y resultan más afectadas por el envejecimiento.**
- 4. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada de que la pérdida del pedicelo de las semillas de maíz afecta la integridad estructural de la cubierta de la semilla, propiciando la pérdida de calidad en cuanto a germinación y vigor.**

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abdul-Baki, A.A. and D. J. Anderson, 1972. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Sci. 13:630-633.**
- Aguilar C., J.A. 1989. Efecto de la época de cosecha y del secado natural sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 111 pp.**
- Bailey, H.L. 1973. Manual of cultivated plants. Most commonly grown in the continental United States and Canada. 13 The Macmillan Company, USA. 142-143 pp.**
- Barloy, J. 1984. Phase germination, levée et Implantation. En: Gallais (Ed.) Physiologie du maïs. Communication au Colloque, INRA. Paris, France. 49-55 pp.**
- Baskin, C.C. 1981. Ensayo de envejecimiento acelerado. Dans: Perry, D.A. (Ed.) Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. p. 35-38.**
- Beas, J.C. 1982. Los libros del maíz. Como lo usamos. Arbol Editorial S.A. de C.V., México, D.F. 102 pp.**
- Bewley, D.J. and M. Black, 1978. Physiology and biochemistry of seeds, in relation to germination. Vol. 1. Springer-Verlag, New York, USA. 306 pp.**
- Bradbeer, J.W. 1988. Seed dormancy and germination. Blackie & Son Ltd. London, England. 146 pp.**
- Calva, J.L. 1992. Probables efectos de un tratado de libre comercio en el campo mexicano. Distribuciones Fontamara, México D.F. 167 pp.**

Carballo C., A. 1990. La Enseñanza en la producción de semillas en el Colegio de Postgraduados. En: Molina M., Estrada G., M. Livera M. y V.A. González H. (Eds.) Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas en México. SOMEFI. Chapingo, México. pp 37-50.

Carballo C., A. 1985. Conclusiones de la Mesa de Discusión "Análisis de la Investigación y la enseñanza sobre la producción de semillas en México". En: Memoria de la Reunión Nacional sobre Producción de Semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, SOMEFI AC. y Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 234.

Casas D., E. 1991. Historia de la Agricultura. En: Agricultura Sostenible: Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Comisión de Estudios Ambientales CP. y MOA International. México. p 15-30.

Celis A., H. 1985. Problemática de la producción de semilla híbrida de maíz en la Mesa Central de México. En: Memoria de la reunión nacional sobre producción de semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, SOMEFI A.C. y Universidad Autónoma Chapingo. México. p 184-208.

Ching, T. M. 1982. Adenosine triphosphate and seed vigor. In: The physiology and Biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, The Netherlands. p. 487-506.

Christensen, C.M. and R. Meronuk 1986. Quality maintenance in stored grains & seeds. University of Minnesota. EEUU. 138 pp.

Côme, D. and C. Thévenot, 1982. Environmental control of embryo dormancy and germination. In: The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, The Netherlands. pp 271-298.

Cronquist, A. 1971. Introductory botany. Harper & Row Publishers. New York. USA. pp 595-641.

- Curtis, L.D. 1980. Some aspects of *Zea mays* L. (Corn) seed production in the USA. In: Hebblethwaite P.D. Ed. University of Nottingham, London, England. pp 389-400.**
- David, S. 1984. Les propriétés germinatives et la technologie semencière. Dans: Physiologie du Maïs. Communication au Colloque. INRA. (Gallais A. editor), Paris, France. pp 49-55.**
- Delouche, J.C., S.T. Wayne, Raspet Mabel and Myrta Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de la semilla con tetrazol. Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Mississippi. Departamento de Agronomía. Tecnología de la Simiente. Escuela Superior del Estado de Mississippi. Primera edición en inglés 1962. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). 71 pp.**
- Díaz del Pino, A. 1964. El Maíz; cultivo, fertilización, cosecha. 2a. Ed. Editorial El Semillero, S.A. (Bartolomé Trucco, editor). México. 232 pp.**
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. 2nd. Edition. John Wiley & Sons. New York, USA. 550 pp.**
- Estrada L., E. I. J., Hernández X., E., Rojas R., T., Engleman E. M., y Caslán M., A. 1988. Códice Florentino: su información etnobotánica. Agrociencia 71:275-294. México.**
- Fiala, F. 1981a. Ensayo de frío. In: Perry, D.A. (Ed.) Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 25-29.**
- Fiala, F. 1981b. Ensayo al tetrazolio de aleurona. In: Perry, D.A. (Ed.) Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 48-51.**

Figuroa S., B. 1991. Agricultura sostenible y deterioro ambiental: la erosión del suelo. En: Agricultura Sostenible: Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Comisión de Estudios Ambientales CP. y MOA International. México. pp 111-140.

Fortson, R.J. 1986. El maíz alimento del hombre. Papeles No. 15. Impresora y Editora Cocoyoc, S.A., México D.F.

Fuchs, H. 1981. Ensayo de Hiltner. In: Perry, D.A. (Ed.) Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 21-24.

Girard, R. 1976. Historia de las civilizaciones antiguas de América (desde sus orígenes) Tomo 1. Ediciones Istmo, Madrid, España. pp 153-479.

Gray, H.T. D. and Thomas, H.T. 1982. Seed germination and seedling emergence as influenced by the position of development of the seed on, and chemical applications to, the parent plant. In. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, The Netherlands. pp 81-110.

Gutiérrez Hernández, G.F. 1988. Calidad de la semilla de maíz en función de factores genéticos, fisiológicos y ambientales. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p 102.

Hanway, J.J. 1971. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Special Report No. 48. Cooperative Extension Service. Ames, Iowa, USA. 26 pp.

Hernández L., A. y A. Carballo C. 1988. Respuesta del rendimiento y la calidad de semilla del girasol al fertilizante y la densidad de población. Agrociencia 74:323-332. México.

- Hoppe, E. P. 1953.** Infection of corn seedlings. In Plant diseases. The yearbook of Agriculture. United States Department of Agriculture. EEUU. pp 377-392.
- Hyde, E. O. 1954.** The function of the hilum in some papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany, N. S.* Vol. XVIII, No. 70. pp. 241-256.
- International Seed Testing Association. 1985.** International Rules for Seed Testing, *Seed Sci. & Tech.* Vol. 13, No. 2: 299-355.
- Jasso M., J. y J.J. López U. 1991.** El mejoramiento genético forestal en la conservación y restauración de áreas forestales En: *Agricultura sostenible: Una Opción para el Desarrollo sin Deterioro Ambiental.* Comisión de Estudios Ambientales CP. y MOA Internacional. México. pp 203-230.
- Jugenheimer, W.R. 1988.** Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa, México. 841 pp.
- Kiesselbach, T.A. 1980.** The structure and reproduction of corn. Reprint of the 1949 ed. published by Agricultural Experiment Station as Research Bulletin 161. University of Nebraska Press. USA. 96 pp.
- Kjaer, A. 1961.** Determinación y control de la calidad de las semillas. En: *Las semillas agrícolas y hortícolas. Producción, Control y Distribución.* FAO, Roma, Italia. pp 107-135.
- Koehler, B. 1957.** Pericarp injuries in seed corn. Prevalence in dent corn and relation to seedling blights. III. *Agr. Exp. Sta. Bull.* 617. USA. 71 pp.
- Leopold A.C. 1980.** Aging and senescence in plant development. In: Kenneth, V. T. (Ed.) CRC Press. Boca Raton Florida, USA. pp 1-12.
- López Ríos, G.F. 1991.** Antophytas. Morfología y desarrollo. 1a. reimpresión. *Apoyos Académicos* núm. 5. Universidad Autónoma Chapingo. México. 108 pp.

- Mattews, S. y A.A. Powell, 1981a. Ensayo de deterioro controlado In: Perry D.A. (Ed.) Handbook of Vigour Tests Methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 39-43.**
- Mattews, S. y A.A. Powell, 1981b. Ensayo de conductividad eléctrica In: Perry D.A. (Ed.) Handbook of Vigour Tests Methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. p 31-33.**
- Melgarejo V., J. L. 1980. Antigua ecología indígena en Veracruz. Gobierno del estado de Veracruz. Dirección de asuntos ecológicos, México. 124 pp.**
- Meyer, S.B.; B. A. Anderson, y H.R. Böhning 1966. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. Guibert, L. y Pitterberg, R. EUDEBA, Argentina. p 550-568.**
- Miranda C., S. 1991. Aportación de la Agricultura Prehispánica En: Agricultura Sostenible: Una opción para el desarrollo sin deterioro ambiental. Comisión de Estudios Ambientales CP. y MOA International. México. pp 31-42.**
- Moreno M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología, UNAM, México DF. 383 pp.**
- Olmos B., Gil. Calvillo A. E. y Lugo Pérez R. 1982. CICLOS DE CULTIVO. Diagramas de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH. México. pp 56-60.**
- Paulsen M.R. and W.R. Nave 1980. Corn damage from conventional and rotary combines. Transactions of the ASAE. 23 (5): 110-116.**
- Paredes M., G. 1985. Control de calidad en la producción de semillas en México. En: Producción de semillas en México. SOMEFI A.C. y Universidad Autónoma Chapingo. México. pp 101-108.**

- Perry, D.A. 1981a. Ensayos de crecimiento y evaluación de plántulas. In: Perry D.A. (Ed.) Handbook of Vigour Tests Methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 15-20.
- Perry, D.A. 1981b. Ensayo topográfico al terazolio. In: Perry D.A. (Ed.) Handbook of Vigour Test Methods. International Seed Testing Association. Traducción al español por Luis Martínez Vassallo y Francisco González Torres del Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. pp 45-51.
- Pierce O.R. and A. M. Hanna 1985. Corn kernel damage during on-farm handling. Transactions of the ASAE. 28(1): 239-241.
- Purseglove, W.J. 1979. Tropical crops. Monocotyledons. Ed. Longman, London. pp 300-334.
- Reyes Castañeda, P. 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Editor. México, D.F. 460 pp.
- Reyes Castañeda, P. 1991. Historia de la agricultura; información y síntesis. AGT Editor, S.A. México.
- Rincón S., F. 1989. Deterioro de semillas de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 85 pp.
- Salisbury, B.F. and C. Ross 1969. Plant physiology. Wadsworth Publishing Co. Inc., Belmont, California, USA. 747 pp.
- Van Staden, E.J., E.J. Davey, and C.A.N. Brown 1982. Cytokinins in seed development and germination. In: The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. Amsterdam, The Netherlands. pp 137-156.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Vázquez Ramos, J.M. 1990. La Bioquímica como Herramienta para el estudio de la germinación de semillas. En: Molina, M.; Estrada, G; Livera, M, y V. A. González H. (Eds.). Análisis de la enseñanza, producción e investigación de semillas en México. SOMEFI, Chapingo, México. pp 189-202.

Villaseñor M., H. E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 141 pp.

Villiers, A.T. 1980. Ultraestructural changes in seed dormancy and senescence. In: Senescence in plants. (Kenneth V.T. Ed.) CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp 39-66.

Walls, P.E. 1905. Some observations in weight of the kernels and size of the germ in seed corn as affecting the vigour of the resulting plant. Maryland Agr. Exp. Sta. Bull. 106. USA. 56 pp.

Wellhausen, J.E., L.M. Roberts, and E. Hernández X. 1952. Races of maize in Mexico. Their origin, characteristics and distribution. Harvard University, USA. 223 pp.

Zamora, J. 1978. El efecto de los hongos en la semilla. En: Moreno E. y Zamora J. Guía para evitar problemas Causados por hongos en semillas y granos almacenados. Instituto de Biología y Merck & Dohme de México, S.A. de C.V. México. pp 1-18.

VIII. APENDICE

El cuadro presente contiene la información codificada sobre los factores de variación y los resultados obtenidos de las variables evaluadas, los cuales fueron procesados por computadora, mediante el Programa SAS, para obtener los porcentajes de emergencia, viabilidad y germinación, así como el análisis de varianza, la comparación entre medias y los coeficientes de variación.

FACTORES DE VARIACION						VARIABLES EVALUADAS							
PAR= PARCELA	REP= REPETICION	VAR= VARIEDAD	DESC= DESCABEZADO	POS= POSICION DE LA SEMILLA	ENV= ENVEJECIMIENTO	EME= EMERGENCIA	%VIA= VIABILIDAD	GER= GERMINACION	%PAN= PLANTULAS ANORMALES	%SMU= SEMILLAS MUERTAS	VEL= VELOCIDAD DE EMERGENCIA	PSP= PESO SECO DE PLANTULA	PSR= PESO SECO DE RADICULA
PAR	REP	VAR	DESC	POS	ENV	EME	VIA	GER	PAN	SMU	VEL	PSP	PSR
001	1	1	2	2	1	21	23	21	02	03	2.03	2.31	1.25
002	1	2	1	3	1	18	20	18	02	06	1.64	1.83	1.20
003	1	2	2	2	2	18	20	18	02	06	1.58	1.58	1.14
004	1	1	1	3	1	21	22	18	04	04	2.04	2.58	2.08
005	1	1	2	1	2	24	24	24	00	02	2.29	2.62	1.91
006	1	2	2	1	2	21	23	21	02	03	2.00	2.14	1.56
007	1	1	1	1	2	22	22	22	00	04	2.20	2.56	1.76
008	1	2	2	2	1	16	21	16	05	05	1.46	1.80	1.54
009	1	1	2	3	1	21	23	21	02	03	2.07	2.10	1.70
010	1	2	1	3	2	16	22	18	06	04	1.47	1.97	1.19
011	1	1	2	1	1	26	26	26	00	00	2.58	3.13	1.79
012	1	2	1	2	1	17	24	17	07	02	1.73	2.49	1.45

Continúa...

013	1	2	1	2	2	17	21	17	04	05	1.57	2.19	1.37
014	1	2	1	1	2	21	26	21	05	00	1.88	2.67	1.82
015	1	1	1	2	2	22	25	22	03	01	2.12	3.21	1.86
016	1	1	1	3	2	17	22	17	05	04	1.61	2.13	1.60
017	1	1	1	1	1	23	24	23	01	02	2.30	3.02	1.66
018	1	1	2	2	2	21	22	21	01	03	1.95	2.26	1.58
019	1	1	2	3	2	21	21	21	00	05	2.00	2.02	1.15
020	1	2	2	1	1	17	22	17	05	04	1.58	2.21	1.15
021	1	1	1	2	1	24	25	24	01	01	2.37	3.14	1.78
022	1	2	1	1	1	18	21	21	03	05	1.66	2.23	1.35
023	1	2	2	3	1	18	26	19	07	00	1.77	2.04	1.40
024	1	2	2	3	2	15	20	15	05	06	1.32	1.51	0.99
025	2	2	1	1	2	15	21	17	04	05	1.55	2.07	1.43
026	2	1	2	1	1	23	23	23	00	03	2.26	3.11	1.75
027	2	2	2	3	2	13	21	14	07	06	1.27	1.62	1.10
028	2	1	2	3	1	19	21	19	02	05	1.79	1.96	1.15
029	2	2	1	2	2	20	24	20	04	02	1.87	2.37	1.36
030	2	2	1	3	2	16	20	16	04	06	1.51	1.73	1.15
031	2	2	2	2	2	18	21	18	03	05	1.66	1.89	1.09
032	2	1	1	3	1	22	23	22	01	03	2.15	2.75	1.80
033	2	1	2	2	1	23	25	24	01	01	2.36	2.63	1.66
034	2	2	2	2	1	16	19	15	04	07	1.45	1.62	0.92
035	2	1	1	1	1	26	26	26	00	00	2.46	3.59	1.75
036	2	1	1	1	2	22	24	22	02	02	2.11	3.09	2.00
037	2	1	1	3	2	20	24	20	04	02	1.93	2.53	1.46
038	2	2	2	1	2	16	19	16	03	07	1.47	1.74	1.22
039	2	1	1	2	1	23	24	23	01	02	2.35	3.26	1.75
040	2	2	2	1	1	18	24	18	06	02	1.70	2.05	1.22
041	2	2	1	3	1	17	23	16	07	03	1.53	2.16	1.05
042	2	1	1	2	2	24	24	24	00	02	2.42	3.30	2.01
043	2	1	2	2	2	24	24	23	01	02	2.29	2.73	1.61
044	2	1	2	1	2	21	23	21	02	03	2.06	2.91	1.67

045	2	2	1	2	1	19	21	19	02	05	1.73	2.30	1.38
046	2	2	1	1	1	19	21	18	03	05	1.63	2.17	1.59
047	2	2	2	3	1	19	23	19	04	03	1.79	2.15	1.13
048	2	1	2	3	2	17	22	19	03	04	1.90	2.45	1.60
049	3	2	2	3	2	11	15	10	05	11	0.93	0.95	0.79
050	3	1	1	1	1	20	23	20	03	03	1.95	2.87	1.84
051	3	2	2	1	2	16	18	16	02	08	1.49	1.64	1.07
052	3	2	2	2	1	19	23	19	04	03	1.81	1.99	1.22
053	3	2	2	2	2	18	20	18	02	06	1.72	1.65	1.19
054	3	1	2	1	2	21	22	21	01	04	2.05	2.47	1.72
055	3	1	2	1	1	21	23	21	02	03	2.08	2.52	1.88
056	3	1	1	1	2	24	24	24	00	02	2.40	3.01	2.26
057	3	1	2	3	2	22	21	21	00	05	2.07	2.02	1.43
058	3	2	1	1	1	18	22	19	03	04	1.89	2.18	1.56
059	3	2	1	2	1	24	26	25	01	00	2.45	2.76	1.86
060	3	1	1	3	1	22	25	22	03	01	2.18	2.62	2.11
061	3	1	1	2	1	22	24	22	02	02	2.21	2.52	1.95
062	3	1	2	2	1	21	24	21	03	02	2.12	2.50	1.82
063	3	2	1	3	1	20	24	20	04	02	1.90	1.84	1.31
064	3	2	2	3	1	20	22	20	02	04	1.95	1.87	1.41
065	3	2	1	3	2	16	22	16	06	04	1.49	1.58	1.56
066	3	1	1	3	2	15	18	16	02	08	1.59	1.78	1.35
067	3	1	2	3	1	18	19	18	01	07	1.78	1.90	1.39
068	3	2	1	1	2	20	21	20	01	05	1.88	1.95	2.04
069	3	2	1	2	2	17	19	17	02	07	1.61	1.68	1.41
070	3	1	1	2	2	19	23	19	04	03	1.79	2.21	1.93
071	3	1	2	2	2	19	21	19	02	05	1.90	2.28	1.78
072	3	2	2	1	1	18	20	18	02	06	1.76	2.04	1.73
073	4	2	2	3	2	18	19	18	01	07	1.68	1.38	1.09
074	4	1	1	2	2	24	24	24	00	02	2.34	2.75	2.16
075	4	2	2	1	2	12	15	12	03	11	1.16	1.39	1.24
076	4	1	2	3	1	21	21	21	00	05	2.09	2.16	1.78
077	4	1	2	2	2	22	22	22	00	04	2.22	2.52	2.15
078	4	1	1	1	2	22	23	23	00	03	2.24	2.56	2.13

079	4	1	1	2	1	26	26	26	00	00	2.51	2.90	2.34
080	4	2	1	3	1	17	19	18	01	07	1.63	1.59	1.30
081	4	1	2	1	2	20	22	20	02	04	1.94	2.21	1.97
082	4	1	2	2	1	21	22	21	01	04	2.09	2.37	1.72
083	4	1	2	3	2	21	22	21	01	04	1.99	1.88	1.50
084	4	2	2	2	1	22	24	21	03	02	2.01	2.05	1.64
085	4	2	2	3	1	25	25	25	00	01	2.33	2.09	1.61
086	4	2	2	1	1	22	24	22	02	02	2.05	2.20	1.79
087	4	2	1	3	2	14	15	14	01	11	1.31	1.22	1.05
088	4	2	1	2	2	17	21	17	04	05	1.51	1.47	1.58
089	4	1	1	1	1	21	21	21	00	05	1.94	1.88	1.68
090	4	2	1	1	2	23	24	23	01	02	2.01	1.86	1.69
091	4	2	1	1	1	19	23	19	04	03	1.79	1.75	1.65
092	4	1	1	3	2	16	17	16	01	09	1.38	1.41	1.24
093	4	1	2	1	1	22	23	22	01	13	2.08	2.11	1.75
094	4	1	1	3	1	20	21	20	01	05	1.69	1.74	1.31
095	4	2	2	2	2	17	18	17	01	08	1.53	1.20	1.28
096	4	2	1	2	1	19	21	19	02	05	1.69	1.61	1.61
097	5	2	2	1	2	22	23	22	01	03	1.90	2.03	2.01
098	5	1	1	1	1	23	23	23	00	03	2.24	2.36	2.28
099	5	2	2	1	1	18	21	18	03	05	1.64	1.83	1.12
100	5	2	1	1	1	23	24	23	01	02	2.07	2.10	1.45
101	5	2	2	3	1	21	23	21	02	03	1.82	1.69	1.30
102	5	1	1	3	2	23	24	23	01	02	2.19	2.15	1.92
103	5	2	1	2	2	21	22	21	01	04	1.91	1.79	1.22
104	5	2	2	2	1	14	21	13	06	05	1.24	1.56	0.97
105	5	2	2	3	2	16	19	16	03	07	1.42	1.31	0.89
106	5	1	1	2	2	21	22	21	01	03	2.05	2.60	1.60
107	5	2	1	1	2	18	23	17	06	03	1.61	2.20	1.69
108	5	2	1	2	1	20	24	20	04	02	1.88	2.05	1.69
109	5	2	1	3	1	17	24	17	07	02	1.57	2.08	1.35
110	5	1	1	3	1	24	25	24	01	01	2.16	2.66	1.50
111	5	1	2	3	1	20	20	20	00	06	1.90	1.65	1.11
112	5	2	2	2	2	18	22	18	04	01	1.57	1.69	1.10

113	5	2	1	3	2	19	24	20	04	02	1.76	1.98	1.18
114	5	1	2	1	1	22	25	21	04	01	2.06	2.72	1.48
115	5	1	2	3	2	23	24	23	01	02	2.16	1.86	1.37
116	5	1	1	2	1	23	26	24	02	00	2.38	2.92	2.07
117	5	1	1	1	2	21	23	21	02	03	2.07	2.99	1.64
118	5	1	2	1	2	19	21	19	02	05	1.81	2.36	1.62
119	5	1	2	2	2	20	23	20	03	03	1.96	2.72	1.69
120	5	1	2	2	1	22	24	22	02	02	2.18	2.55	1.39
121	6	2	1	1	1	21	26	20	06	00	1.86	2.66	1.82
122	6	1	2	1	1	22	25	23	02	01	2.18	3.14	1.60
123	6	2	1	3	2	19	20	19	01	06	1.74	1.87	1.47
124	6	1	2	2	2	18	19	17	02	07	1.88	2.15	1.74
125	6	1	1	2	2	24	25	25	00	01	2.45	2.78	1.63
126	6	1	2	3	2	18	21	18	03	05	1.71	2.08	1.19
127	6	1	1	1	1	24	25	24	01	01	2.42	3.47	1.84
128	6	2	1	2	2	16	19	15	04	07	1.39	1.86	1.17
129	6	2	2	3	2	10	17	10	07	09	0.87	0.94	0.61
130	8	2	2	2	2	13	25	13	12	01	1.24	2.19	1.54
131	6	2	2	3	1	24	26	24	02	00	2.29	2.07	1.59
132	6	2	1	1	2	12	20	12	08	06	1.09	1.96	1.31
133	6	1	1	3	1	23	26	24	02	00	2.41	2.91	1.75
134	6	1	2	2	1	24	26	23	03	00	2.30	2.63	1.66
135	6	2	2	1	2	19	21	18	03	05	1.75	2.23	1.66
136	6	2	1	3	1	18	23	19	04	03	1.79	1.82	1.45
137	6	1	1	3	2	21	23	21	02	03	2.13	2.59	1.58
138	6	1	1	1	2	24	25	24	01	01	2.45	3.81	2.07
139	6	2	2	2	1	17	20	17	03	06	1.87	2.08	1.55
140	6	1	2	3	1	22	24	22	02	02	2.23	2.59	1.43
141	6	1	1	2	1	23	24	23	01	02	2.27	3.14	2.06
142	6	1	2	1	2	18	21	16	03	05	1.71	2.45	1.32
143	6	2	2	1	1	11	25	11	14	01	1.05	1.96	1.62
144	6	2	1	2	1	15	22	15	07	04	1.42	2.36	1.61
145	7	1	1	2	2	22	22	22	00	04	2.31	3.72	1.78
146	7	2	1	1	1	19	21	16	04	04	1.82	3.07	1.21

147	7	1	2	3	1	23	24	23	01	02	2.36	3.29	1.51
148	7	1	2	2	1	23	26	23	03	02	2.32	3.39	1.65
149	7	2	2	2	2	10	16	10	06	10	0.88	1.42	1.27
150	7	1	1	1	1	24	24	24	00	02	2.34	3.69	1.42
151	7	2	1	1	2	13	21	13	08	05	1.19	2.40	1.60
152	7	1	2	1	1	22	25	22	03	01	2.23	3.72	1.68
153	7	2	2	3	1	13	24	13	11	02	1.20	1.90	1.33
154	7	1	1	1	2	23	24	23	01	02	2.24	3.60	1.76
155	7	1	1	3	1	24	24	24	00	02	2.35	3.35	1.52
156	7	2	1	2	1	12	23	13	10	03	1.22	2.30	1.25
157	7	2	1	3	1	18	22	18	08	04	1.72	2.35	1.08
158	7	1	2	2	2	17	21	17	04	05	1.71	2.73	1.21
159	7	2	2	1	2	17	21	17	04	05	1.62	2.42	1.61
160	7	2	2	1	1	11	20	11	09	06	1.06	1.96	1.21
161	7	2	1	2	2	18	26	18	08	00	1.65	2.68	1.24
162	7	1	1	3	2	21	22	21	01	05	2.10	2.97	1.79
163	7	2	2	2	1	14	21	14	07	05	1.22	1.88	1.30
164	7	1	2	1	2	20	24	20	04	02	1.95	2.68	1.88
165	7	2	2	3	2	16	25	15	10	01	1.50	1.94	1.20
166	7	2	1	3	2	10	22	09	13	04	0.77	1.77	1.08
167	7	1	2	3	2	21	23	21	02	03	1.98	1.67	1.45
168	7	1	1	2	1	23	24	22	02	02	2.16	3.62	2.02
169	8	1	1	1	1	22	24	22	02	02	2.21	3.50	1.70
170	8	1	2	2	2	22	26	22	04	00	2.15	3.03	1.64
171	8	1	1	2	1	22	24	22	02	02	2.17	3.68	2.30
172	8	1	1	1	2	24	26	24	02	00	2.34	3.65	1.80
173	8	1	1	2	2	21	23	20	03	03	1.91	2.67	1.55
174	8	2	2	1	2	18	21	18	03	05	1.68	2.38	1.57
175	8	1	2	3	1	24	24	24	00	02	2.26	2.97	1.69
176	8	1	1	3	1	25	25	25	00	01	2.48	3.52	1.85
177	8	1	2	1	1	23	24	22	02	02	2.27	4.10	2.23
178	8	2	2	2	1	12	21	12	06	05	1.29	1.87	1.09

179	8	1	2	1	2	20	22	20	02	04	2.00	3.35	2.05
180	8	1	2	2	1	20	23	19	04	03	1.93	2.78	1.74
181	8	1	1	3	2	17	23	18	05	03	1.78	2.73	2.16
182	8	2	1	1	1	17	23	15	08	03	1.49	2.46	1.42
183	8	2	1	3	2	13	21	13	08	05	1.29	2.00	1.24
184	8	2	1	2	1	19	25	20	05	01	1.86	2.75	1.66
185	8	2	2	3	1	18	20	16	04	06	1.48	1.80	1.55
186	8	2	2	2	2	15	22	15	07	04	1.31	2.09	1.21
187	8	2	1	3	1	18	16	15	03	08	1.39	1.68	0.72
188	8	1	2	3	2	17	20	16	04	06	1.52	2.22	1.22
189	8	2	1	2	2	17	23	17	06	03	1.52	2.70	1.51
190	8	2	2	3	2	15	20	14	06	06	1.21	1.62	1.15
191	8	2	1	1	2	20	23	17	06	03	1.42	2.70	1.79
192	8	2	2	1	1	19	24	18	06	02	1.58	2.47	1.78