

31
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE RESERVAS Y DEL
TAMAÑO DEL EMBRION DE LA SEMILLA EN EL
VIGOR DE PLANTULAS DE MAIZ (Zea Mays L.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
ARTURO MARROQUIN BLANCO

DIRECTOR DE TESIS: DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1. Definición de vigor	5
2.2. Pruebas de vigor	8
2.3. Influencia de las semillas y sus estrategias en el vigor de las plántulas	10
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Localización de los experimentos	16
3.2. Material genético	17
3.2.1. Experimento I. Definición de metodo- logía	17
3.2.2. Experimento II. Características de semillas de maíz y su influencia so- bre el vigor de plántulas	17
3.3. Métodos	17
3.3.1. Experimento I. Definición de metodo- logía	17

	Pág.
3.3.1.1. Extracción del embrión y evaluaciones de la semilla y de sus estructuras..	19
3.3.1.2. Evaluación del vigor de las plántulas en base al porcentaje de germinación, longitud y peso seco.	20
3.3.1.2.1. Conducción del experimento	20
3.3.1.2.2. Caracteres medidos.	21
3.3.2. Experimento II. Características - de semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas..	22
3.3.2.1. Extracción del embrión y evaluación de la semilla y de sus estructuras	22
3.3.2.2. Evaluación del vigor de las plántulas en base a su porcentaje de germinación, índice de vigor, peso seco y longitud	23
3.3.2.2.1. Conducción del experimento	23
3.3.2.2.2. Caracteres medidos.	23
3.4. Análisis estadísticos	25
IV. RESULTADOS	26
4.1. Definición de metodología (Experimento I) ..	26
4.1.1. Relación entre tamaño de embrión y contenido de reservas en tres diferentes tamaños de semilla de maíz	26

	Pág.
4.1.2. Evaluación de vigor	27
4.2. Características de semilla de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas (Experimento II)	27
4.2.1. Comparación de peso y volumen en componentes estructurales de la semilla..	27
4.2.2. Porcentaje de germinación	28
4.2.3. Evaluación de vigor	28
4.2.3.1. Análisis de varianza	28
4.2.3.2. Prueba comparativa de medias..	32
4.2.4. Relación entre vigor y características estructurales de la semilla	36
V. DISCUSION	39
5.1. Metodología	39
5.2. Variación entre líneas	40
5.3. Relación de los componentes estructurales de la semilla y el vigor	41
5.4. Recapitulación final	43
VI. CONCLUSIONES	45
VII. BIBLIOGRAFIA	46
VIII. APENDICE	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Genealogía de las 30 líneas de maíz evaluadas en el experimento II. Montecillos, Méx. 1985.....	18
2	Valores promedio en los caracteres evaluados en semillas de maíz de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	26
3	Evaluación de vigor de plántulas en tres - tamaños de semilla de maíz de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	27
4	Valores promedio de peso y volumen en componentes estructurales de semillas en 30 - líneas de maíz derivadas de la variedad - Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	29
5	Porcentajes de germinación de las semillas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985....	30
6	Cuadrados medios y su significancia estadística obtenidos del análisis de varianza para índice de vigor, peso seco de plántulas, de raíz y parte aérea en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	31
7	Cuadrados medios y su significancia estadística obtenidos del análisis de varianza para longitudes de plántulas, de raíz y - parte aérea en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, - Méx. 1985.....	32
8	Prueba de medias (Tukey, 0.05) para índice de vigor en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	33

Cuadro		Página
9	Prueba de medias (Tukey, 0.05) para peso seco de plántulas, peso seco de parte aérea y peso seco de raíz en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	34
10	Prueba de medias (Tukey, 0.05) para longitud de plántulas, longitud de parte aérea y longitud de raíz en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	35
11	Coefficientes de correlación, y su significancia estadística, entre características de semilla y plántulas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	37
12	Análisis de varianza para índice de vigor del maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	51
13	Análisis de varianza para peso seco de plántulas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	51
14	Análisis de varianza para peso seco de parte aérea en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	51
15	Análisis de varianza para peso seco de raíz en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	52
16	Análisis de varianza para longitud de plántulas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	52

Cuadro

Página

17	Análisis de varianza para longitud de parte aérea en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	53
18	Análisis de varianza para longitud de raíz en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.....	53

RESUMEN

La presente investigación se realizó partiendo de la problemática actual referente a la baja producción de semillas mejoradas de maíz en México y de una conclusión de Virgen (1983), en el sentido de que los caracteres peso y tamaño del embrión, no guardan por sí mismos una relación directa con los diferentes caracteres medidos en plántulas, aunque considera que en estudios posteriores se debería determinar con mayor exactitud, al evaluar vigor en maíz, el efecto del contenido de reservas (peso y tamaño de semilla) asociado al tamaño del embrión, durante las primeras etapas de desarrollo de la planta.

Este estudio se dividió en dos partes: La primera se efectuó primordialmente para definir una metodología, la cual permitiera lograr el objetivo de estudiar características de las semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas. Para ello se obtuvo el peso y volumen de semillas y de sus estructuras (embrión y materias de reserva) en treinta líneas de maíz derivadas de la var. Huamantla; así como los pesos secos y longitudes de las plántulas, como parámetros para evaluar su vigor. Los resultados obtenidos permitieron concluir lo siguiente:

- Las semillas de mayor peso y volumen tienen mayor peso

y volumen de embrión y materias de reserva.

- Las semillas y sus estructuras (embrión y materias de reserva) que presentan los mayores pesos y volúmenes dan origen a las plántulas más vigorosas, principalmente en base a peso seco de plántulas y de raíz, y en longitud de parte aérea.

- La metodología empleada en este estudio es recomendable para realizar otros estudios similares.

Existen diferencias de comportamiento entre líneas de rivadas de la var. Huamantla en cuanto a peso y volumen de semilla y sus estructuras, y en cuanto al peso seco de plántulas, parte aérea y raíz y la longitud de parte aérea.

I. INTRODUCCION

La dificultad para incrementar el área cultivada de maíz (Zea mays L.) así como las cuantiosas importaciones realizadas en los últimos años, ponen de manifiesto la necesidad que existe de elevar el rendimiento de este cultivivo con el propósito de satisfacer la demanda presente y futura. Una alternativa para lograr dicho incremento en México, es a través de la aplicación de los métodos modernos de mejoramiento genético (Ramírez, 1985).

Las variedades mejoradas deben llegar al agricultor en la cantidad necesaria y con óptima calidad, a fin de lograr buen establecimiento del cultivo y la expresión del potencial en las características producto del trabajo del mejorador. Es en el contexto de calidad de semilla, que se precedió a realizar esta investigación con la finalidad de generar métodos fáciles para medir el vigor en maíz como un parámetro de calidad, de tal forma que puedan aplicarse con fines de evaluación de lotes o de materiales genéticos y contribuir en parte al incremento de la producción del maíz en México. Esto es factible considerando, al vigor como la capacidad que tiene la semilla, puesta en diversas condiciones ambientales, para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo (Villaseñor, 1984), ya que entonces se puede de

cir que con la producción de semillas que den origen a plántulas vigorosas es un buen principio para incrementar la producción.

Anfinrud y Scheiter (1984) mencionan que el término vigor de semilla ha sido desarrollado para diferenciar a las semillas que tienen el potencial para producir plántulas vigorosas normales y sanas bajo un mínimo de condiciones óptimas, de aquellas que no lo tienen debido a su constitución genética, deterioración u otras causas.

Existen diversas formas para medir el vigor de semilla; pero un criterio práctico y sencillo es el considerar el tamaño de la semilla como un posible indicador, en base al cual poder predecir su comportamiento subsecuente (Virgen, 1983). En consecuencia, hacer un estudio del tamaño de semilla de maíz, es de bastante utilidad para conocer la relación que tiene con otros caracteres estructurales de la propia semilla y de la plántula, que puedan afectar el comportamiento del genotipo correspondiente.

Virgen (1983) concluyó que los caracteres peso y tamaño de la semilla, así como el tamaño del embrión no guardan por sí mismos una relación directa con los caracteres medidos en plántula, y sugiere que podría determinarse con mayor exactitud en estudios posteriores el efecto del contenido de reservas (peso y tamaño de la semilla) asociado al ta-

maño del embrión, durante las primeras etapas del desarrollo de la planta.

Con base en la importancia que tiene el incremento de la producción de maíz en México, mismo que como ya se indicó, se puede lograr con la obtención de semillas mejoradas en donde se incluya como carácter de interés al vigor; se consideran en consecuencia, de utilidad los estudios sobre vigor de semilla con el propósito de apoyar los programas tendientes a producir semillas de alta calidad, y de esta forma recomendar cuales son los parámetros más efectivos (más fáciles de manejar y más confiables) para su evaluación.

Por lo anteriormente expuesto se consideraron para este estudio el objetivo e hipótesis siguientes:

1.1. Objetivo

Determinar la influencia que tienen la cantidad de materia de reserva y el tamaño del embrión de la semilla en el vigor de plántulas de maíz durante los primeros quince días posteriores a la siembra.

1.2. Hipótesis

1. A mayor peso y volumen de semilla mayor peso y volumen del embrión y de las materias de reserva.

2. A mayor peso y volumen de embrión mayor vigor de plántulas.
3. A mayor peso y volumen de materiales de reserva mayor vigor de plántulas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Definición de vigor

El vigor de semilla ha sido definido por diversos especialistas, y así se tiene que:

Woodstock (1965) considera al vigor de semilla como la actividad, sanidad y robusticidad natural que le permite una rápida y buena germinación, así como una buena capacidad competitiva bajo un gran número de condiciones ambientales tanto favorables como desfavorables.

Edje y Burris (1970) indican que el vigor de semilla es el potencial que permite una rápida germinación uniforme y un rápido crecimiento de plántula.

Hunter (1971) define el vigor de la semilla como la suma de todas las propiedades de la semilla que dan como resultado una rápida y uniforme producción de cogollos sanos bajo diferentes ambientes incluyendo condiciones favorables y desfavorables.

Copeland (1976) consideró al vigor como aquella condición activa y sana de las semillas que les permite una germinación uniforme y un rápido crecimiento de plántula bajo condiciones generales de campo al ser sembradas.

Magurie (1980) señala que el vigor es una condición de la semilla que le permite la germinación y la continuación de un desarrollo rápido y uniforme en el establecimiento de un lote.

Para Perry (1980) el vigor de semilla es la suma de todas las propiedades que determinan el nivel potencial y actividad de la semilla, durante la germinación y emergencia de la plántula.

Villaseñor (1984), en base a algunas definiciones y considerando las metodologías para evaluar el vigor, hizo la proposición de que el vigor 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.

Perry (1980) menciona que las semillas muestran características variables desde que germinan, y las clasifica en cuatro aspectos generales:

- (1) Reacciones y procesos bioquímicos durante la germinación, tales como reacciones enzimáticas y la actividad respiratoria.
- (2) Uniformidad en la tasa de germinación de la semilla y el crecimiento en plántula.

- (3) Uniformidad de la emergencia de plántulas y su crecimiento en el campo.
- (4) Habilidad en la emergencia de las plántulas bajo condiciones desfavorables.

Aparte de las propiedades, Perry (1980) reconoció también que hay ciertos efectos del vigor de la semilla que pueden ser persistentes influyendo en el crecimiento de la planta, en la uniformidad de la cosecha y en el producto. Argumentó que aunque en la definición son incluidos aspectos de laboratorio sobre vigor, el concepto vale más, después que se utilizan contextos agronómicos que describen el manejo de la semilla en lotes en el campo.

Perry (1980) señala que en la definición del ISTA (International Seed Testing Association), se da una relación de los factores que pueden ser la causa principal de la variación en el vigor y son utilizadas como una ayuda futura para considerar la extensión del concepto. Estos factores son:

- (1) Constitución genética
- (2) Desarrollo y nutrición de la planta madre
- (3) Estado de madurez en la cosecha
- (4) Tamaño de la semilla y peso específico
- (5) Integridad mecánica

(6) Edad y deterioración

(7) Patógenos.

2.2. Pruebas de vigor

Tossell (citado por Kneebone y Cremer, 1955) en sus estudios encontró concordancia entre los resultados de campo e invernadero, y sugirió que las pruebas de invernadero para vigor de plántula son una parte regular de programas de mejoramiento.

Perry (1981 a) explica que una prueba de vigor debe proveer un resultado reproducible, el cual es más discretamente relacionado con el manejo de la semilla en campo bajo algunas condiciones de pruebas de germinación, menciondo que las distintas técnicas que se han desarrollado pueden ser divididas en pruebas directas y pruebas indirectas.

Perry (1981 b) cita que en la actualidad existen pruebas de campo y laboratorio para evaluar el vigor de las semillas:

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

- Pruebas directas. Son pruebas realizadas bajo condiciones controladas de laboratorio en las que se espera reducir la emergencia con factores de tensión ambiental (stress).
- Pruebas indirectas. Son pruebas en las cuales las características de las semillas medidas en el laboratorio están relacionadas a su comportamiento en el campo.

Mc Donald (citado por Corral, 1985) dividió las pruebas de vigor en tres categorías:

1. Físicas; en las que miden características físicas de la semilla.
2. Fisiológicas; en las que se utilizan algunas medidas de germinación o crecimiento.
3. Bioquímicas; las que determinan reacciones químicas involucradas en procesos celulares.

Virgen (1983) expresó que para el control de la calidad se realizan supervisiones y evaluaciones tanto en el campo como en el laboratorio y que son tres los factores que se utilizan como criterio para determinar la calidad de la semilla: germinación, pureza y sanidad, aunque actualmente se considera al vigor como un cuarto factor que representa la característica más importante para determinar el compor-

tamiento de la semilla en el campo.

2.3. Influencia de las semillas y sus estructuras en el vigor de las plántulas.

Fransen y Cooper (1976), en su estudio de leguminosas encontraron que el tamaño grande de semilla estuvo asociado con el tamaño de embrión grande, con el tamaño de la hoja cotiledonar y con área cotiledonar. Las plántulas de semilla grande emergieron y se desarrollaron más rápido que las plántulas de semilla chica.

Wood et al. (citados por Virgen, 1983) mencionan que a causa del mayor tamaño del embrión, reservas y fotosíntesis inicial, las semillas grandes producen plántulas grandes, y esta ventaja a menudo persiste para incrementar el rendimiento final, particularmente por cortos períodos de la plantación o donde los rendimientos económicos son un órgano de almacenamiento. Los incrementos en rendimiento son más fácilmente obtenidos cuando los componentes específicos del rendimiento son determinados durante el crecimiento inicial.

Whalley et al. (1966) subdividieron el crecimiento de plántula en etapa heterotrófica, etapa de transición y etapa autotrófica. La etapa heterotrófica incluye todas las actividades fisiológicas prioritarias para la iniciación de la fotosíntesis, en tanto que la etapa autotrófica ocurre

después de que las reservas del endospermo se han agotado. El efecto del tamaño de la semilla ocurre probablemente en las etapas heterotrófica y de transición, y podría tener también un efecto posterior de la etapa autotrófica.

Cocks y Donald (1973) reportaron que el crecimiento vegetativo temprano de Hordeum leporium y Lolium rigidum fue estudiado a tres temperaturas en circunstancias controladas de gabinete, y el grado de crecimiento de las plántulas en cada especie fue mucho más rápido en el período de vida del endospermo que cuando el endospermo se acabó.

Wrightts (1977) encontró que los genotipos del pasto azul (Panicum antidotale R.) con un peso de semilla mayor, al tener más cantidad de endospermo y cualidades genéticas asociadas, se comportaron mejor durante todas las fases del crecimiento, desde la germinación hasta la reproducción, en comparación con los genotipos con un peso menor de semilla. Menciona también que el potencial genético y las reservas alimenticias de la semilla son los componentes primarios que influyen en todas las fases del crecimiento de la planta.

Carver (1980) expresó que por conveniencia, las características de la semilla pueden ser ampliamente usadas para determinar la calidad de las mismas.

Milton (1955) encontró que los lotes de rye grass y de otros pastos con semillas más pesadas dan un mejor establecimiento y producen más semillas por área que aquellos de semillas con poco peso.

Gran parte de la literatura relativa a los efectos del tamaño de la semilla en pastos perennes fue presentada en Europa, principalmente en Gran Bretaña (Inglaterra). En general estos estudios muestran que un lote de semillas grandes dan mejores plántulas, y que existe una relación entre el tamaño de la semilla y el vigor de la plántula - - (Kneebone y Cremer, 1955).

En relación a los efectos de la semilla sobre la emergencia y el vigor de plántulas de especies forrajeras se observó que en general las semillas más pesadas dentro de un lote producen las plántulas más vigorosas (Kalton, 1959).

Allen y Donnelly (1965) explicaron que el mejoramiento para incrementar peso de semilla en especies forrajeras generalmente es considerado como un método para obtener una rápida emergencia y plántulas vigorosas.

Trupp y Carlson (1971) encontraron que el vigor en las plántulas del pasto bromus en las primeras etapas del cultivo estuvo altamente relacionado con el tamaño de la semilla; sin embargo, las ventajas del vigor inicial de los lo

tes con semillas grandes disminuy6 con el tiempo.

Keneebone y Mc Kell (1972) manifiestan que todas las investigaciones que han sido hechas hasta la fecha sobre el tama1o o peso de semillas han mostrado que son un componente importante en el crecimiento de la pl1ntula.

Kiesselbach y Hein (citados por Fontes y Oirogge, 1972) argumentan que el vigor de la semilla est1 relacionado con el tama1o de la misma; as1 plantulas m1s vigorosas continuar1n produciendo plantas m1s vigorosas conforme progresa el cultivo, y consideran que antes de la naciencia la semilla se encuentra predispuesta para ser vigrosa.

Cocks y Donald (1973), en el estudio del crecimiento temprano de dos pastos a diferentes temperaturas, expresan que a pesar del grado superior de crecimiento relativo de Lolium, las pl1ntulas de Hordeum fueron, por un per1odo considerable de emergencia, grandes en t1rminos del peso total, del 1rea foliar, peso de raiz, longitud de raiz y altura de planta, a causa del tama1o grande de su semilla.

Copeland (1976) aclara que el vigor de la semilla primeramente se refleja en estado de pl1ntula.

Croker y Barton (citados por Artola, 1983) hacen menci6n de que la mayor1a de las investigaciones en diferen-

tes cultivos indican que un mayor tamaño de semilla está asociado a un alto porcentaje de germinación y a un mayor vigor de plántula.

Abdul-Baki y Anderson (1973) indican que la calidad de la semilla es reconocida como uno de los factores más importantes para determinar el éxito o fracaso de la producción; y que los elementos que incluyen la calidad no están bien caracterizados. Uno de estos elementos es el vigor de la semilla, el cual puede reducirse o perderse durante la cosecha, el secado, el transporte y el almacenamiento de semillas.

Wright (1977) expresa que el tamaño de la semilla y el establecimiento de la planta se han enfatizado en el desarrollo de especies que producen forraje. Por otro lado, señala también que la producción de semilla y calidad de la misma han sido de alta prioridad para las especies que producen forraje.

Shieh y Mc Donald (citados por Virgen, 1983) utilizaron dos líneas de maíz: "Mo 17" y "B 73", para evaluar la influencia del tamaño, forma y tratamiento de la semilla sobre su calidad. Los resultados revelaron que no hubo diferencias significativas sobre la calidad con respecto al tamaño de la semilla; sin embargo, se tuvo una mejor calidad con semillas tratadas y redondas; las semillas pla-

nas tuvieron un mejor porcentaje de germinación y un porcentaje mayor de plántulas vigorosas.

Anfinrud y Schneiter (1984) manifiestan que una evaluación tradicional, tal como la prueba de vigor, puede ser valiosa para la estimación de la calidad de una semilla.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en dos etapas: 1) Definición de metodología, para estudiar la relación entre el tamaño del embrión y el contenido de reservas de la semilla, con el vigor de plántulas; 2) Características de semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas.

3.1. Localización de los experimentos.

El lugar donde se condujo la investigación fue en la Sección de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillos, Estado de México.

García (1973) en su clasificación climática de México basada en la clasificación de Köppen, menciona que Chapingo (localidad cercana a Montecillos) se encuentra a 19°30' latitud norte y 95°51' longitud oeste, con una altitud de 2240 msnm. El clima de Chapingo lo clasifica como el más seco de los subhúmedos, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C con un régimen de lluvias en verano y menos del 5% de lluvias en invierno.

3.2. Material genético

Los materiales genéticos de maíz utilizados en el presente estudio fueron los siguientes:

3.2.1. Experimento I. Definición de metodología

Para este experimento se utilizaron 600 semillas de la variedad Huamantla de ciclo precoz, recomendada para siembras de temporal en la región de los Valles Altos Centrales de México.

3.2.2. Experimento II. Características de semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas.

En este otro experimento se emplearon 3750 semillas de treinta líneas de maíz obtenidas en familias de hermanos completos derivadas de la misma variedad Huamantla que se ocupó en el experimento I. La genealogía de estas líneas de maíz se describen en el Cuadro 1.

3.3. Métodos

3.3.1. Experimento I: Definición de metodología

Uno de los objetivos de este estudio fue definir un método eficiente y válido para establecer la influencia del contenido de reservas y del tamaño del embrión de la semilla de maíz en el vigor de plántulas. El experimento rea-

Cuadro 1. Genealogía de las 30 líneas de maíz evaluadas en el experimento II, Montecillos, Méx. 1985

No. de Línea	Origen Mont.84	Genealogía
1	1180-1 ⊗	Huamantla (SL1-2 x SL5-3)-1
2	1186-2 ⊗	" (SL2-1 x SL2-1)-2
3	1187-1 ⊗	" (SL3-1 x SL3-5)-1
4	1212-1 ⊗	" (SL14-3 x SL15-1)-1
5	1253-1 ⊗	" (SL33-3 x SL34-3)-1
6	1269-1 ⊗	" (SL38-2 x SL39-2)-1
7	1277-1 ⊗	" (SL43-3 x SL52-1)-1
8	1280-1 ⊗	" (SL43-4 x SL53-1)-1
9	1285-1 ⊗	" (SL47-2 x SL25-3)-1
10	1286-1 ⊗	" (SL47-3 x SL47-5)-1
11	1290-1 ⊗	" (SL49-3 x SL50-1)-1
12	1291-1 ⊗	" (SL49-3 x SL50-1)-1
13	1293-1 ⊗	" (SL51-1 x SL52-3)-1
14	1294-1 ⊗	" (SL52-1 x SL51-3)-1
15	1294-3 ⊗	" (SL52-1 x SL51-3)-1
16	1301-2 ⊗	" (SL60-3 x SL62-1)-2
17	1302-1 ⊗	" (SL60-4 x SL60-5)-1
18	1303-1 ⊗	" (SL60-4A x SL60-5A)-1
19	1304-1 ⊗	" (SL62-5 x SL80-3)-1
20	1313-1 ⊗	" (SL66-4 x SL66-3)-1
21	1317-1 ⊗	" (SL69-2 x SL69-1)-1
22	1317-3 ⊗	" (SL69-2 x SL69-1)-3
23	1320-1 ⊗	" (SL70-2 x SL70-3)-1
24	1342-1 ⊗	" (SL80-3 x SL93-4)-1
25	1350-2 ⊗	" (SL84-2 x SL83-1)-2
26	1352-1 ⊗	" (SL84-4 x SL85-1)-1
27	1356-1 ⊗	" (SL85-3 x SL85-4)-1
28	1357-1 ⊗	" (SL85-4 x SL85-5)-1
29	1383-1 ⊗	" (SL92-1 x SL92-2)-1
30	1398-1 ⊗	" (SL96-2 x SL97-4)-1

lizado para cumplir con este objetivo se efectuó como sigue:

3.3.1.1. Extracción del embrión y evaluaciones de la semilla y de sus estructuras.

Se seleccionaron por tamaño 300 semillas de la variedad Huamantla: 100 semillas de tamaño grande, 100 de tamaño mediano y 100 de tamaño chico.

En una báscula de precisión se pesaron cada uno de los tres tamaños de semilla, obteniéndose los pesos en gramos (g), con aproximaciones a centésimos.

Para obtener el volumen de las semillas se utilizó una probeta de 250 ml en donde se agregaron 100 ml de agua destilada; luego se introdujeron 100 semillas de tamaño grande y lo que se desplazó de agua en la probeta se consideró como el volumen de dichas semillas; así se hizo sucesivamente con los otros dos tamaños de semillas, registrándose los volúmenes en centímetros cúbicos (cm^3).

Inmediatamente después de determinar su volumen se pusieron a remojar las semillas de cada tamaño por separado, para ablandarlas y de esta manera facilitar la posterior extracción del embrión. Se remojaron en una solución preparada con agua destilada y cafiaspirina para que durante su remojo no se promoviera la germinación, ya que este producto contiene cafeína que actúa como un inhibidor de dicho pro-

ceso. Después de 24 horas de remojo de las semillas se procedió a extraer el embrión, inmediatamente se obtuvo el peso fresco (g) de los mismos en una báscula de precisión. En seguida el volumen de los embriones se obtuvo en función del volumen del de agua desplazada (cm^3) al colocarlos en una probeta de 25 ml conteniendo 10 ml de agua destilada. Todas estas operaciones se hicieron para los tres tamaños de semilla.

A los pesos y volúmenes del conjunto de semillas (100 para cada tamaño) se les restaron los pesos y volúmenes de los embriones (también 100 para cada tamaño), y los resultados totales se consideraron como pesos y volúmenes de los restos de semillas.

3.3.1.2. Evaluación del vigor de las plántulas en base a su porcentaje de germinación, longitud y peso seco

3.3.1.2.1. Conducción del experimento

En la variedad de maíz Huamantla se seleccionaron nuevamente 100 semillas para cada uno de los tres tamaños (Grande, mediano y chico). Luego se preparó un almácigo empleando arena como sustrato; en donde bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones se probaron los tres tamaños de semilla, las que se sembraron acomodando el ápice hacia abajo; en cada repetición se emplearon 25 semillas por

tratamiento. Desde la siembra hasta la extracción de las plántulas se dieron riegos diariamente.

3.3.1.2.2. Caracteres medidos

Porcentaje de germinación. Una vez que se extrajeron las plántulas emergidas en el almácigo se separaron por tratamientos para contarlas y así saber cuantas plántulas germinaron por tratamiento. Con estos conteos se hicieron reglas de tres para obtener el porcentaje de germinación (también se hizo por tratamiento).

Peso seco. Diez días después de la siembra se extrajeron las plántulas de dos repeticiones, las cuales se colocaron en bolsas de papel perforadas e inmediatamente se secaron en una estufa a 65°C durante tres días, para posteriormente obtener el peso seco.

Longitud y peso seco. A los 15 días de la siembra se extrajeron las plántulas de las dos repeticiones restantes, para tomar las medidas de la parte aérea (desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga) y de la raíz (desde la base del tallo hasta la raíz más larga) de las mismas plántulas, utilizando una escala en centímetros. Dichas plántulas se colocaron en sobres y se secaron a temperatura constante en estufa a 65°C durante 72 horas para en seguida por medio de una báscula de precisión obtener su peso seco.

3.3.2. Experimento II. Características de semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas.

De las distintas líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla con que se contaban en la Sección de Producción de Semillas, se seleccionaron 30 cuya genealogía se aprecia en el Cuadro 1. Por cada línea se tomaron muestras de 125 semillas, de donde 100 se destinaron a trabajos de invernadero y 25 a trabajos de laboratorio; dichos trabajos se realizaron de la siguiente manera:

3.3.2.1. Extracción del embrión y evaluación de la semilla y de sus estructuras.

En una báscula de precisión se pesaron las 25 semillas por línea. Estas mismas semillas se introdujeron línea por línea en una probeta (de 250 ml) con 100 ml de agua destilada para medir su volumen.

Para la extracción del embrión se pusieron a remojar las 25 semillas de cada una de las 30 líneas en la solución de agua destilada (50 ml) y cafiaspirina (una). A las 24 horas de remojar se les extrajo el embrión para posteriormente pesar y determinar el volumen tanto de los embriones como de los restos de semilla; estas medidas se obtuvieron en una báscula de precisión para el peso fresco, en una probeta (de 25 ml) con 10 ml de agua destilada para el volumen de los embriones y en una probeta (de 250

ml) con 100 ml de agua destilada para el volumen de los restos de semilla. Después se pusieron por separado (embriones y restos de semilla) en sobres y se secaron a humedad constante en la estufa de 70°C durante 72 horas para obtener el peso seco respectivo en la báscula de precisión.

3.3.2.2. Evaluación de las plántulas en base a su porcentaje de germinación, índice de vigor, peso seco y longitud

3.3.2.2.1. Conducción del experimento

Las 100 semillas por línea apartadas para los trabajos de invernadero se utilizaron de la siguiente forma:

Las muestras de 100 semillas se pesaron y cada una se dividió en cuatro partes (25) con equivalencia en peso. Después se preparó un almácigo, en donde el sustrato utilizado fue arena, para establecer un experimento bajo el diseño experimental de bloques al azar (con cuatro repeticiones y tres tratamientos) y evaluar con diferentes parámetros el vigor de las 30 líneas. La siembra se hizo colocando la semilla con el ápice hacia abajo.

3.3.2.2.2. Caracteres medidos

Velocidad de germinación. A partir de que se inició la emergencia, se contaron diariamente el número de plántulas emergidas por parcela. Con estos datos se calculo el siguiente índice:

$$\text{Vigor} = \frac{\text{Número de plántulas normales (primer conteo)}}{\text{Días al primer conteo}} + \dots +$$

$$+ \frac{\text{Número de plántulas normales (último conteo)}}{\text{Días al conteo final}}$$

15 días después de la siembra se extrajeron las plántulas que emergieron y se efectuó la siguiente toma de datos.

Porcentaje de germinación. Se separaron por líneas (tratamientos) las plántulas que se extrajeron y se contaron, para que de esta manera se volvieran a realizar reglas de tres para obtener el porcentaje de germinación.

Longitud de la parte aérea. Se hizo la medición desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga.

Longitud de raíz. Se midió desde la base del tallo hasta la punta de la raíz más larga.

Peso seco de la parte aérea y de la radícula de las plántulas. Después de separar dichos órganos y el resto de la semilla se colocaron (separándolos por tratamientos y repeticiones) en hojas de papel dobladas y engrapadas para después secarlos en una estufa a 70°C durante tres días; por último se obtuvo el peso seco en una báscula de precisión.

3.4. Análisis estadístico

Para poder interpretar los resultados obtenidos en los experimentos realizados se hicieron los siguientes análisis estadísticos:

Se efectuaron los análisis de varianza (ANDEVA) para índice de vigor, peso seco de plántula, peso seco de la parte aérea, peso seco de la raíz, longitud total (Longitud de la parte aérea de plántula más longitud de raíz), longitud de parte aérea y longitud de raíz. Después se realizaron comparaciones de medias empleando la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad de error.

Asimismo se estimaron coeficientes de correlación entre parámetros de vigor y características estructurales de semillas.

IV. RESULTADOS

4.1. Definición de metodología (Experimento I)

4.1.1. Relación entre tamaño de embrión y contenido de reservas en tres diferentes tamaños de semilla de maíz

Se encontraron diferencias entre los tres tamaños de semilla (grande, mediana y chica), en sus diferentes características evaluadas (Cuadro 2). Las semillas de mayor tamaño reportaron pesos y volúmenes más elevados en los caracteres evaluados que las semillas de tamaño chico e intermedio. En los valores del peso (g) y volumen (cm^3) del embrión se aprecia cierta similitud, aunque en general los del volumen son más bajos.

Cuadro 2. Valores promedio en los caracteres evaluados en semillas de maíz de la variedad Huamantla, Montecillos, Méx. 1985.

Tamaño de semilla	Peso de semillas (g)	Peso del embrión (g)	Peso de los restos de semilla (cm^3)	Volumen de semillas (cm^3)	Volumen del embrión (cm^3)	Volumen restos semilla (cm^3)
Chica	27.66	4.40	23.26	22.00	4.00	18.00
Mediana	36.15	5.92	30.23	30.00	5.60	24.40
Grande	42.13	7.56	34.57	34.00	7.20	26.80

4.1.2. Evaluación de vigor

En lo que se refiere al peso seco, longitud y porcentaje de germinación como parámetros de vigor en plántulas; se observan (Cuadro 3) diferencias en relación a los tamaños de semilla, de tal forma que las semillas de tamaño grande son superiores a las semillas de tamaño chico y mediano, en los tres parámetros evaluados.

Cuadro 3. Evaluación de vigor de plántulas en tres tamaños de semilla de maíz de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

Tamaño de semilla	Semillas sembradas	% de germinación	Longitud de plántula (cm)	Peso seco de plántula (g)
Chica	100	89	53.45	0.34
Mediana	100	97	61.31	0.44
Grande	100	100	63.52	0.48

4.2. Características de semillas de maíz y su influencia sobre el vigor de plántulas (Experimento II)

4.2.1. Comparación de peso y volumen en componentes estructurales de la semilla.

Al realizar la evaluación de las características de semillas de las líneas de maíz en experimentación, se encontraron variaciones de consideración (Cuadro 4). Las diferen--

cias entre los valores extremos de pesos y volúmenes de los caracteres que se midieron son las siguientes: peso de semillas 19.88 g; volumen de semillas, 20 cm³; peso fresco de embriones, 3.84 g; peso fresco de restos de semillas, 22.32 g; volumen de embriones, 3.20 cm³; volumen de restos de semillas, 19.40 cm³; peso seco de embriones, 2.04 g; y peso seco de los restos de semillas, 16.72 g. Se aprecia también que las semillas de mayor peso y volumen son superiores en peso y volumen de sus estructuras a las semillas más pequeñas.

4.2.2. Porcentaje de germinación

En el Cuadro 5 se aprecia que las 30 líneas utilizadas en el estudio presentaron altos porcentajes de germinación. No obstante lo cual, puede observarse también en que existe variación entre las líneas para esta característica (87-100%)

4.2.3. Evaluación de vigor

4.2.3.1. Análisis de varianza

Los cuadrados medios (Cuadro 6) obtenidos de los análisis de varianza (que se describen en el apéndice) para índice de vigor (I.V.), peso seco de plántulas (P.S.P.), peso seco de raíz (P.S.R.) y peso seco de parte aérea (P.S.P.A.), indican diferencias altamente significativas entre trata--

Cuadro 4. Valores promedio de peso y volumen en componentes estructurales de semillas en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

No. de línea	Peso seco de 100 semillas (g)	Volumen de 100 semillas (cm ³)	Peso fresco de 100 embriones (g)	Volumen de 100 embriones (cm ³)	Volumen de R.S. 100 semillas (cm ³)	Peso seco de 100 embriones (g)	Peso seco de R.S. 100 semillas (g)
1	33.56	32.00	6.44	5.60	27.40	3.88	27.00
2	30.52	32.00	6.00	5.20	26.80	3.52	24.60
3	38.28	36.00	8.08	7.20	28.80	4.52	29.68
4	33.16	28.00	6.28	6.00	22.00	3.52	25.96
5	27.80	24.00	4.48	4.00	20.00	2.64	22.24
6	45.16	40.00	7.76	7.20	32.80	4.48	36.16
7	38.28	32.00	6.96	6.40	25.60	4.20	30.08
8	34.92	32.00	6.56	5.60	27.40	3.48	27.64
9	30.72	24.00	6.72	5.60	18.40	3.60	23.84
10	42.32	40.00	6.00	5.60	34.60	3.40	34.52
11	36.16	32.00	6.52	6.00	26.00	3.76	29.12
12	25.92	20.00	5.44	4.80	15.20	3.12	20.20
13	30.80	28.00	4.24	4.40	23.60	2.88	24.92
14	31.40	28.00	5.36	5.20	22.80	3.16	25.12
15	33.00	24.00	5.60	5.20	18.80	3.20	27.76
16	28.64	24.00	5.80	4.80	19.20	3.12	22.76
17	32.48	24.00	5.24	4.80	19.20	3.04	26.56
18	28.04	24.00	5.08	4.80	19.20	2.88	22.60
19	34.56	32.00	5.60	5.20	26.80	3.32	27.88
20	33.64	32.00	6.12	5.20	26.80	3.48	26.80
21	36.48	28.00	5.60	5.20	22.80	3.84	29.52
22	33.32	28.00	4.32	4.00	24.00	2.72	27.67
23	26.04	20.00	4.24	4.00	16.00	2.84	20.88
24	45.80	40.00	7.44	6.80	33.20	4.68	36.92
25	33.76	32.00	5.52	4.80	27.20	3.48	37.32
26	33.28	28.00	5.40	5.20	22.80	3.52	26.80
27	33.24	28.00	5.64	5.20	22.80	3.36	26.80
28	34.84	28.00	5.40	4.80	23.20	3.56	28.12
29	36.60	32.00	5.48	4.80	27.20	3.64	29.68
30	38.80	32.00	6.24	6.00	26.00	3.84	30.20

Cuadro 5. Porcentajes de germinación de las semillas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

No.de Línea	% de germinación	No.de línea	% de germinación
1	87	16	98
2	95	17	93
3	97	18	95
4	97	19	98
5	100	20	100
6	89	21	100
7	99	22	100
8	94	23	98
9	96	24	96
10	99	25	98
11	95	26	96
12	99	27	99
13	87	28	96
14	99	29	99
15	99	30	100

mientos, y puede decirse entonces que entre los 30 genotipos de maíz hay variación en su respuesta por lo que respecta al vigor de plántulas.

Cuadro 6. Cuadrados medios y su significancia estadística obtenidos del análisis de varianza para índice de vigor, peso seco de plántulas, de raíz y de parte aérea en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla, Montecillos, Méx. 1985

F.V.	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		I.V.	P.S.P.	P.S.R.	P.S.P.A.
Bloques	3	0.68 **	0.86	1.56	0.79
Tratamientos	29	0.50 **	4.91 **	1.90 **	1.10 **
Error	87	0.10	1.06	0.79	0.14
Total	119				

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad

Los cuadrados medios (Cuadro 7) derivados de los análisis varianza (ver apéndice) para longitud de plántulas (L.P.), longitud de raíz (L.R.) y longitud de parte aérea (L.P.A.) de plántulas (Cuadro 7) muestran igualmente, diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo cual manifiesta que entre las 30 líneas de maíz hay diferencias estadísticas entre dichos caracteres y consecuentemente en el vigor, medido en base a estos parámetros.

Cuadro 7. Cuadrados medios y su significancia estadística obtenidos del análisis de varianza para longitudes de plántulas de raíz, y de parte aérea en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla, Montecillos, Méx. 1985

F.V.	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		
		L.P.	L.R.	I.P.A.
Bloques	1	4.91	8.95	3.30
Tratamientos	29	15.91**	7.29**	4.56**
Error	29	3.31	2.65	1.02
Total	59			

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad

4.2.3.2. Prueba comparativa de medias

En las pruebas de medias (Tukey, 0.05), para índice de vigor (Cuadro 8), y las variables de peso seco (Cuadro 9), son evidentes las diferencias entre los genotipos utilizados, siendo notable que estas diferencias se aprecian más en el índice de vigor y en el peso seco de la parte aérea. En las características de longitud (Cuadro 10) sólo pudieron detectarse diferencias en longitud de la parte aérea, ya que en longitud total y longitud de raíz, las 30 líneas quedaron todas en un grupo de significancia, indicando con ello que estadísticamente son iguales entre sí.

Cuadro 8. Prueba de medias (Tukey, 0.05) para índice de vigor en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

No. de línea	Índice de vigor
14	5.83
15	5.65
18	5.43
12	5.42
7	5.41
23	5.39
9	5.31
2	5.29
17	5.27
20	5.25
30	5.22
26	5.20
16	5.19
11	5.18
5	5.15
10	5.15
19	5.09
27	5.09
29	5.06
21	4.95
28	4.95
22	4.92
8	4.90
4	4.88
24	4.82
3	4.80
25	4.79
6	4.62
1	4.59
13	3.95

Cuadro 9. Pruebas de medias (Tukey, 0.05) para peso seco de plántulas, peso seco de parte aérea y peso seco de raíz en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985

No. de línea	Peso seco de plántulas (g)	No. de línea	Peso seco de te aérea (g)	No. de línea	Peso seco de raíz (g)
21	8.99	30	4.82	20	4.62
10	8.76	10	4.54	21	4.58
30	8.62	21	4.41	14	4.26
14	8.40	24	4.21	10	4.22
3	8.14	11	4.14	3	4.18
29	8.10	22	4.10	11	4.04
20	7.96	29	4.07	29	4.03
24	7.91	19	3.96	19	3.84
11	7.88	3	3.95	30	3.79
19	7.80	8	3.90	24	3.77
8	7.52	2	3.86	8	3.63
7	7.32	7	3.85	6	3.62
6	7.32	11	3.84	7	3.48
15	7.10	27	3.80	15	3.41
27	7.06	23	3.72	27	3.26
26	6.94	6	3.71	26	3.21
2	6.81	15	3.69	16	3.01
22	6.75	25	3.59	28	2.98
23	6.51	26	3.48	2	2.95
25	6.48	12	3.43	25	2.89
16	6.20	9	3.42	18	2.80
12	6.18	5	3.35	23	2.79
5	5.91	20	3.35	12	2.75
18	5.83	16	3.19	17	2.67
28	5.76	17	3.07	4	2.66
17	5.75	18	3.03	22	2.65
4	5.64	4	2.97	5	2.56
9	5.62	1	2.92	1	2.54
1	5.46	28	2.84	13	2.53
13	4.98	13	2.65	9	2.21

Cuadro 10. Prueba de medias (Tukey, 0.05) para longitud de plántulas, longitud de parte aérea y longitud de raíz en 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

No. de línea	Longitud de plántulas (cm)	No. de línea	Longitud de parte aérea (cm)	No. de línea	Longitud de raíz (cm)
10	48.66	10	25.40	18	24.21
14	47.23	21	24.97	10	23.27
30	46.13	14	24.64	27	22.99
8	45.66	30	24.56	14	22.60
1	45.59	3	24.47	8	22.59
3	45.15	24	24.05	1	22.18
21	45.05	6	23.22	30	21.58
27	45.01	8	23.07	19	21.56
18	44.12	1	22.78	5	21.28
24	43.99	19	22.29	28	21.11
19	43.84	25	22.26	9	21.10
9	43.12	27	22.03	20	21.04
5	43.06	4	21.99	3	20.69
20	42.76	26	21.97	11	20.35
25	42.09	22	21.94	23	20.33
11	41.84	5	21.79	16	20.19
23	41.84	2	21.72	21	20.09
28	41.77	20	21.72	24	19.94
6	41.29	12	21.62	25	19.84
2	41.22	23	21.52	2	19.50
16	41.09	11	21.49	29	19.28
12	40.60	15	21.45	12	18.99
22	40.21	17	21.31	7	18.67
15	39.77	16	20.91	13	18.60
4	39.56	28	20.67	15	18.33
7	39.31	7	20.65	22	18.28
17	38.38	29	20.29	16	18.08
29	38.17	9	20.03	4	17.58
13	38.11	18	19.91	17	17.58
26	38.11	13	19.52	26	16.14

4.2.4. Relación entre vigor y características estructurales de la semilla

Considerando como altas correlaciones las que tienen valores mayores de $r=0.500$, como correlaciones regulares las que están comprendidas entre 0.250 y 0.500 , y como correlaciones bajas las que presentan valores menores de $r=0.250$; se pueden sintetizar los coeficientes de correlación del Cuadro 11 de la siguiente manera:

Las altas correlaciones se observan entre el peso seco de restos de semilla con: tamaño de semilla ($r=0.873^{**}$), peso seco de plántula ($r=0.584^{**}$) y longitud de parte aérea ($r=0.531^{**}$); en el mismo sentido están relacionados el tamaño de restos de semilla con: tamaño de semilla ($r=0.991^{**}$), peso seco de plántula ($r=0.533^{**}$), y con longitud de parte aérea ($r=0.530^{**}$); el peso seco de embriones con tamaño de semilla ($r=0.735^{**}$) y con peso seco de raíz ($r=0.500^{**}$); y el tamaño de embriones con tamaño de semilla ($r=0.707^{**}$).

Las correlaciones intermedias se manifiestan en el peso seco de restos de semilla con peso seco de parte aérea ($r=0.378^{**}$) y con peso seco de raíz ($r=0.483^{**}$); tamaño de restos de semilla correlacionó negativamente con índice de vigor ($r=0.399^{**}$); el peso seco de embriones con peso seco de plántulas ($r=0.433$) y con longitud de parte aérea

Cuadro 11. Coeficientes de correlación, y su significancia estadística, entre características de semilla y plántulas de maíz en 30 líneas derivadas en la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985

Características	PS	PFE	PFRS	PSE	PSRS	TS	TE	TRS	PSP	PSPA	PSR	LP	LPA	LR	IV
Peso de semilla (PS)g	1.00	0.679**	0.985**	0.798**	0.992**	0.897**	0.756**	0.793**	0.592**	0.383*	0.562**	0.246	0.549**	-0.045	-0.315
Peso fresco de embriones (PFE) g		1.00	0.648**	0.904**	0.611**	0.667**	0.957**	0.580**	0.365*	0.137	0.431*	0.269	0.386*	0.033	-0.110
Peso fresco del resto de semilla (PFRS) g			1.00	0.741**	0.988**	0.912**	0.724**	0.884**	0.561**	0.318	0.541**	0.214	0.525	-0.065	-0.344
Peso seco de embriones (PSE) g				1.00	0.742**	0.735**	0.909**	0.658**	0.443*	0.307	0.500	0.182	0.423*	-0.090	-0.245
Peso seco del resto de semilla (PSRS) g					1.00	0.873**	0.691**	0.857**	0.584**	0.378**	0.483**	0.219	0.531**	-0.063	-0.311
Tamaño de semilla (TS)cm ³						1.00	0.767**	0.991**	0.552**	0.314	0.528**	0.121	0.542**	0.091	-0.402*
Tamaño de embrión (TE)cm ³							1.00	0.617**	0.416*	0.191	0.480**	0.257	0.433*	-0.023	-0.144
Tamaño del resto de semilla (TRS) cm ³								1.00	0.533**	0.308	0.276	0.350	0.530**	0.136	-0.399*
Peso seco de plántula (PSP) g									1.00	0.804**	0.917**	0.477**	0.710**	0.211	0.246
Peso seco de parte aérea (PSPA) g										1.00	0.579**	0.430*	0.627**	0.177	0.302
Peso seco de raíz (PSR)g											1.00	0.460*	0.574**	0.260	0.227
Longitud de plántula (LP) cm												1.00	0.710**	0.841**	0.125
Longitud de parte aérea (LPA) cm													1.00	0.251	0.005
Longitud de raíz (LR) cm														1.00	0.161
Índice de vigor (IV)															1.00

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad

* Significativo al nivel de 0.05 de probabilidad

($r=0.423^{**}$); el tamaño de embriones con peso seco de plántulas ($r=0.416^{**}$), con longitud de parte aérea ($r=0.433^{**}$), y con peso seco de raíz ($r=0.480^{**}$).

Finalmente cabe señalar que las correlaciones con valores de 0.350 o inferiores no fueron estadísticamente significativas.

V. DISCUSION

5.1. Metodología

Actualmente se realizan pruebas para evaluar el vigor de semilla, tanto en laboratorio, como en campo, pues se considera al vigor como un factor importante para determinar la calidad de la semilla, cuyas estructuras influyen en algunas fases del crecimiento de la planta. La evaluación del vigor en base a los componentes estructurales de la semilla, resultaría en un procedimiento rápido para fines de valorar lotes de semilla o genotipos dentro de un programa de mejoramiento.

Para lograr los objetivos de estudiar la relación de el vigor de plántula con el tamaño del embrión y el contenido de reservas de la semilla, se procedió primero a la búsqueda de una metodología que permitiera separar y medir estos componentes de la semilla.

El procedimiento utilizado para la extracción y medición del embrión, que consistió en remojar las semillas en agua destilada y cafiaspirina durante 24 horas para ablandarlas y luego con una navaja extraer el embrión para que en seguida por medio de una báscula de precisión y una probeta de 25 ml con agua destilada se pesara y midiera el embrión y sus estructuras, resultó efectivo para diferenciar

semillas de maíz por el volumen y por el peso del embrión y del resto de la semilla. En la variedad Huamantla, donde se separaron tres tamaños de semilla, se encontró (Cuadro 2) una relación directa del peso y volumen de la semilla, con el peso y volumen del embrión y los del resto de la semilla; es decir que a mayor tamaño de semilla, mayor peso y volumen del embrión y de las sustancias de reserva.

Por otro lado la evaluación del vigor de plántula en tres tamaños de semilla de la variedad Huamantla (Cuadro 3), muestra que a mayor tamaño de semilla, mayor vigor de plántulas, expresado este en términos de porcentaje de germinación, longitud y peso seco de plántulas.

5.2. Variación entre líneas

Respecto a los diferentes pesos y volúmenes de semillas y de sus estructuras (embrión y materias de reserva) reportados en las 30 líneas de maíz con que se trabajó; los resultados muestran un comportamiento similar al encontrado en la variedad Huamantla, ya que las líneas que presentaron semillas de pesos y volúmenes altos reportaron los mayores pesos y volúmenes de embrión y restos de semilla.

Los cuadrados medios obtenidos en los análisis de varianza (Cuadros 6 y 7) para el índice de vigor, pesos se-

cos y longitudes de plántulas, raíz y parte aérea de plántulas, muestran diferencias entre tratamientos indicando que las treinta líneas utilizadas en la prueba produjeron plántulas con diferente vigor.

Relacionando los promedios de porcentaje de germinación, índice de vigor, anexo pesos secos y longitudes de plántulas, parte aérea y raíz (Cuadros 5, 8, 9 y 10), y los componentes estructurales de las semillas (Cuadro 4); se encontró en general que las semillas y estructuras que reportaron los mayores pesos y volúmenes son las que resultaron con los mayores porcentajes de germinación, índice de vigor, pesos secos y longitudes de plántulas, parte aérea y raíz; aunque debe señalarse que hubieron líneas con un comportamiento diferente, que refleja un mayor vigor per se, pues con un peso menor de semilla resultaron iguales que las de mayor peso; habiendo en menor grado aquellas que con semilla grande no resultaron vigorosas.

5.3. Relación de los componentes estructurales de la semilla y el vigor.

Apoyándose en los resultados de las correlaciones y en lo anteriormente expuesto, sobre las relaciones entre la semilla y sus estructuras, puede decirse que se aceptan las hipótesis planteadas: "A mayor peso y volumen de semilla

mayor peso y volumen del contenido de materias de reserva"; por lo que puede suponerse que dichas diferencias en comportamiento son producto de diferencias genéticas entre líneas, aún cuando pudieran existir efectos adicionales no necesariamente relacionados con el tamaño. Algunos de estos efectos pueden ser: las condiciones ambientales y la nutrición de la planta madre; es decir, si los progenitores de dichas líneas no contaron con las mismas condiciones ambientales (luz, temperatura, humedad, etc.) y los mismos nutrientes (cantidad y calidad), dichos progenitores no daran origen a semillas con igual tamaño y peso, ni sus estructuras guardarán la misma relación. Otro efecto que puede dar lugar a estas diferencias es el estado de madurez en la cosecha, o sea que si se cosecharon algunos progenitores con semillas maduras y otros con semillas inmaduras encontraremos una variación en cuanto al peso y tamaño de la semilla producida.

De las correlaciones de interés, por su relación con el vigor, caben señalar las del peso y volumen de semillas con el peso seco de plántula, peso seco de raíz y longitud de parte aérea; en tanto que el peso seco y volumen de restos de semillas estuvieron relacionados con el peso seco de plántula, longitud de parte aérea, peso seco de raíz (este último sólo con el peso de restos de semilla) así como con el peso seco de restos de semilla y el peso seco de

parte aérea; por último el peso seco y volumen de embrión correlacionó con el peso seco de plántula, longitud de parte aérea y con el peso seco de raíz. Lo cual permite considerar las siguientes relaciones de interés: los coeficientes de correlación manifiestan una asociación directa entre el peso y tamaño de la semilla y de sus estructuras (embrión y endospermo) con los parámetros de vigor, peso seco de plántula, peso seco de raíz y longitud de la parte aérea. El índice de vigor, sólo correlacionó en forma negativa con el tamaño de semilla y con el tamaño del resto de semilla; es decir que de acuerdo a este parámetro, las semillas pequeñas producen plántulas más vigorosas.

5.4. Recapitulación final

De acuerdo a lo que se ha revisado hasta aquí; el tamaño de semilla y de sus estructuras (embrión y endospermo) son factores que influyen en el vigor de plántulas, de tal forma que es posible diferenciar las semillas que tienen el potencial para producir plántulas vigorosas, normales y sanas bajo una amplitud de condiciones ambientales, en relación con aquellas que no tienen esta capacidad debido a su tamaño, constitución genética, deterioración, daños u otras causas. De las diversas formas que existen para medir el vigor de semilla; un criterio práctico y sencillo es utilizar el tamaño de semilla con un posible indicador, en base al

cual se puede predecir su comportamiento subsecuente; ya que como se pudo apreciar, estas semillas se relacionan con un mayor tamaño de embrión y reservas, y seguramente tendrán la capacidad de mayor fotosíntesis inicial las plántulas provenientes de semillas grandes, debido a su mayor tamaño y particularmente a su sistema radical profundo y vigoroso.

Todo lo tratado en este punto permite hacer énfasis de lo siguiente:

En cuanto a la mención de Virgen (1983): "los caracteres peso y tamaño de semilla, peso y tamaño de embrión no guardan por sí mismos una relación directa con los caracteres medidos en plántulas"; se puede aclarar que dichos caracteres están relacionados entre sí y estos a su vez con los componentes de vigor en plántulas, peso seco total; peso seco de raíz y longitud de parte aérea. De lo anterior puede decirse que se aceptan las hipótesis planteadas en relación al vigor de plántula: "A mayor peso y volumen de embrión mayor vigor de plántulas", y "A mayor peso y volumen de restos de semilla mayor vigor de plántulas.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

1. Las semillas de mayor peso y volumen tienen mayor peso y volumen de embrión y materias de reserva.
2. Las semillas y sus estructuras (embrión y materias de reserva) que presentan las mayores pesos y volúmenes dan origen a las plántulas más vigorosas, principalmente en base a peso seco de plántulas y de raíz, y en longitud de parte aérea.
3. La metodología empleada en este estudio es recomendable para realizar otros estudios similares.
4. Existen diferencias de comportamiento entre líneas derivadas de la variedad Huamantla en cuanto a peso y volumen de semilla y sus estructuras y en cuanto al peso seco de plántulas, parte aérea y raíz y la longitud de parte aérea y el índice de vigor.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Addul-Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13: 630-633.
- Allen, L.R., and E.D. Donnelly. 1965. Effect of seed weight on emergence and seedling vigor en F_4 lines from Vicia sativa L. x V. angustifolia L. *Crop Sci.* 5: 167-169.
- Anfinrud, N.M., and A.A. Schneiter. 1984. Relationship of sunflower germination and vigor tests to field performance. *Crop Sci.* 24: 341-344.
- Artola, M.A. 1983. Influencia del genotipo y las prácticas culturales en la producción de semilla híbrida de sorgo. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Carver, M.F.F. 1980. The production of quality of cereal seed. In: seed production. P.D. Hebblethwaite Butterworths London, Boston. p. 245-305.
- Cocks, P.S., and C.M. Donald. 1973. The early vegetative growth of two annual pasture grasses (Hordeum leporinum Link and Lolium rigidum Gaud) *Aust. J. Agric. Res.* 24:11-19.
- Copeland, L.O. 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Pu. Co. 370 p.
- Corral, D.B. 1985. Selección en sorgo para vigor de plántula y tolerancia al frío en la etapa de germinación. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Edje, O.T., and J.S. Burris. 1970. Seedling vigor in soybeans. *Proc. Assoc. Offic. Seed Anal.* 60: 149-157.

- Fontes, L.A.N., and A.J. Ohlrogge. 1972. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (Glicine max (L). Merr). Agron. J. 64: 833-836.
- Fransen, S.C., and C.S. Cooper. 1976. Seed weight effects upon emergence, leaf development, and growth of the sainfoin (Onobrichys spp.) seedling. Crop Sci. 16: 434-437.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. Instituto de Geografía. 246 p.
- Hunter, C. 1971. Seed quality and crop performance. Handbook of seed technology. Mississippi State University.
- Kalton, R.R., R.A. Delung, and D.S. Mcleod. 1959. Cultural factors in seedling vigor of smooth bromegrass and other forage species. Iowa State J. Sci. 34: 47-80.
- Keneebone, W.R., and C.L. Cremer. 1955. The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. Agron. J. 47: 472-477.
- Kenneebone, W.R. 1972. Breeding for seedling vigor. In V. B. Younger and C.M. McKell (ed.) The biology and utilization of grasses. Academic Press, New York. p. 90-100
- Magurie, J.P. 1980. Seed quality and germination. In A.A. Khan (ed.). The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. New York North-Holland Publishing Co. p. 219-235.
- Milton, W.E.J. 1935. The soil establishment of pedigrees and commercial strains of certain grasses. Welsh Jour. Agr. 11: 171-181.

- Perry, D.A. 1980. The concept of seed vigour and its relevance to production techniques. In: Seed Production. P.D. Hebblethwaite Butterworths. London. Boston. p. 585-591.
- _____. 1981 a. Handbook of vigour tests method. ISTA. Zurich Switzerland. 72 p.
- _____. 1981 b. Report of the vigour tests committee 1977-1980. Seed Sci. and Technol. 9:115-126.
- Ramírez, D.J.L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-31 y sus progenitores. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Reyes, C.P. 1982. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. Méx.
- Trupp, C.R., and I.T. Carlson. 1971. Improvement of seedling vigour of smooth brome grass by recurrent selection for high seed weight. Crop Sci. 11: 225-228.
- Villaseñor, M.H. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor de plántulas de maíz. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Virgen, V.J. 1983. Evaluación de vigor en maíz (Zea mays L.) en base a características de semillas y plántulas. Tesis Profesional. FES-C. Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.
- Whalley, R.D.B., C.M. Mckell, and L.R. Green. 1966. Seedling vigor and the non-photosynthetic stage of seedling growth in grasses. Crop Sci. 6: 147-150.

Woodstock, L.W. 1965. Seed vigor. Reprinted from seed world, October 8, 1965. U.S.A. department of Agriculture. Beltsville. Maryland

Wright, L.N. 1977. Germination and growth responde of seed weight genotypes of Panicum antidotale Retz. Crop Sci. 17: 176-178.

VIII. A P E N D I C E

Cuadro 12. Análisis de varianza para el índice de vigor del maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	3	2.04	0.68	6.80	2.68	3.95	**
Tratamientos	29	14.59	0.50	5.00	1.55	1.86	**
Error	87	8.45	0.10				
Total	119	25.08					

**Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 13. Análisis de varianza para peso seco de plántulas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	3	2.57	0.86	0.81	2.68	3.95	N.S.
Tratamientos	29	142.37	4.91	4.63	1.55	1.36	**
Error	87	92.23	1.06				
Total	119	237.17					

N.S. No significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 14. Análisis de varianza para peso seco de parte aérea en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	3	2.36	0.79	5.64	2.68	3.95	**
Tratamientos	29	31.86	1.10	7.86	1.55	1.86	**
Error	87	12.14	0.14				
Total	119	46.36					

**Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 15. Análisis de varianza para peso seco de raíz en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	3	4.69	1.56	1.97	2.68	3.95	N.S.
Tratamientos	29	55.08	1.90	2.41	1.55	1.86	**
Error	87	68.51	0.79				
Total	119	128.28					

N.S. No significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 16. Análisis de varianza para longitud total de plántulas de maíz en 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. - Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	1	4.91	4.91	1.48	4.17	7.56	N.S.
Tratamientos	29	461.39	15.91	4.81	1.84	2.39	**
Error	29	96.04	3.31				
Total	59	562.34					

N.S. No significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 17. Análisis de varianza para longitud de parte aérea en plántulas de 30 líneas de maíz derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	1	3.30	3.30	2.28	4.17	7.56	N.S.
Tratamientos	29	132.31	4.56	4.47	1.84	2.39	**
Error	29	29.61	1.02				
Total	59	165.22					

N.S. No significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

Cuadro 18. Análisis de varianza para longitud de raíz en plántulas de 30 líneas derivadas de la variedad Huamantla. Montecillos, Méx. 1985.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.0.05	F.T.0.01	SIG.
Bloques	1	8.95	8.95	3.38	4.18	7.60	N.S.
Tratamientos	29	211.30	7.29	4.64	1.85	2.41	**
Error	29	76.73	2.65				
Total	59	296.98					

N.S. No significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.