

23  
28j



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Estudios Superiores "CUAUTITLAN"**

**"EFECTO DEL TAMAÑO DE SEMILLA Y VIGOR DE  
PLANTULA SOBRE CARACTERES AGRONOMICOS  
Y RENDIMIENTO EN 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:  
FRANCISCO MORALES RODEA

Director de Tesis: Ing. Juan Virgen Vargas  
Asesor de Tesis: Dr. Aquiles Carballo Carballo

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 1988



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Objetivos .....	5
1.2. Hipótesis .....	5
II REVISION DE LITERATURA .....	6
2.1. Concepto de Vigor de Semilla .....	6
2.2. Pruebas de Vigor de Semillas .....	8
2.3. Influencia de la Semilla sobre el creci- miento, desarrollo y rendimiento del cul- tivo .....	17
2.4. Efectos del Vigor de Plántula .....	30
III MATERIALES Y METODOS .....	35
3.1. Ubicación de los Experimentos .....	35
3.2. Material Genético .....	36
3.3. Método de Selección de Semilla .....	36
3.4. Experimento I. Relación existente entre Tamaño de Semilla (TS) y Vigor de Plántu- la (VP).....	38
3.4.1. Diseño de tratamientos .....	38
3.4.2. Siembra en invernadero.....	39
3.4.3. Pruebas de germinación .....	39
3.5. Experimento II. Influencia de la relación Tamaño de Semilla y Vigor de Plántula con	

	Págs.
Caracteres Agronómicos y con rendimiento	40
3.5.1. Siembra en campo .....	40
3.5.2. Labores de campo .....	40
3.5.2.1. Fertilización .....	40
3.5.2.2. Riego .....	41
3.5.2.3. Control de malezas .....	41
3.5.2.4. Control de plagas y enfer- medades .....	41
3.5.2.5. Labores culturales .....	41
3.5.3. Toma de datos de campo .....	42
3.6. Análisis estadístico .....	43
IV RESULTADOS .....	44
4.1. Relación existente entre Tamaño de Semi- lla (TS) y Vigor de Plántula (VP) en ba se al Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Se- co de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME)..	44
4.2. Influencia de la relación Tamaño de Semi lla-Vigor de Plántula con caracteres agronómicos y con rendimiento.....	48
V DISCUSION.....	60
VI CONCLUSIONES .....	68
VII BIBLIOGRAFIA .....	70

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	Selección de muestras por genotipo y tamaño de semilla.....	37
2	Distribución aleatoria de tratamientos (genotipo y tamaño de semilla) en bloques.....	38
3	Cuadrados medios y coeficientes de variación para Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME) de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla evaluados bajo condiciones de invernadero. Montecillo, Méx. 1987.....	45
4	Comparación de medias por genotipo para las variables Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME). Montecillo, Méx. 1987.....	45
5	Comparación de medias por tamaño de semilla para las variables: Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME). Montecillo, Méx. 1987.....	47
6	Germinación por genotipo y tamaño de semilla en invernadero y en campo. Chapingo, Méx. 1986	49
7	Cuadrados medios y coeficientes de variación para las características de planta: Altura de Planta (AP), Número de Hijos (NHI), Número de Hojas (NHO), Días a Floración Masculina (DFM), Días a Floración Femenina (DFF) y Amplitud de Floración (AF) de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla, evaluados bajo condiciones de campo. Chapingo, Méx. 1986.....	52
8	Cuadrados medios y coeficientes de variación para los componentes de rendimiento: Longitud de Mazorca (LM), Diámetro de Mazorca (DM), Número de Hileras (NH), Número de granos por hilera (NGH), Peso de Grano (PG) y Peso de Olotte (PO), en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla evaluados bajo condiciones de Campo. Chapingo, Méx. 1986.....	53

## CUADRO

Pág.

9	Comparación de medias por genotipo para las características de planta: AP, NHI, NHO, DFM, DFF, AF, de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.....	55
10	Comparación de medias por tamaño de semilla para las características de planta: AP, NHI, NHO, DFM, DFF, AF, de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.....	55
11	Comparación de medias por genotipo para los componentes de rendimiento: LM, DM, NH, NGH, PG y PO, en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.....	57
12	Comparación de medias por tamaño de semilla para los componentes de rendimiento: LM, DM, NH, NGH, PG y PO, en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.....	57
13	Rendimiento promedio por genotipo y tamaño de semilla (kg/ha).....	59

## INDICE DE FIGURAS

## FIGURA

Pág.

1	Porcentaje de germinación por genotipo y Tamaño de semilla. Chapingo, Méx. 1986.....	50
---	--	----

## RESUMEN

En estudios anteriores se considera al tamaño de semilla como un buen indicador de vigor en maíz (Virgen, 1983), en base al cual se puede predecir el comportamiento subsecuente a nivel de plántula; sin embargo, se requiere conocer la relación que tiene con otros caracteres estructurales relacionados con la propia semilla y de la plántula que puedan afectar el comportamiento del genotipo correspondiente.

En el presente estudio se condujeron dos experimentos: I. Relación entre tamaño de semilla y vigor de plántula; II. Relación entre tamaño de semilla y su influencia sobre caracteres agronómicos y rendimiento; con el objetivo de determinar la influencia del tamaño de semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento.

Para tratar de identificar la relación entre las diferentes características se hizo una clasificación de tres tamaños de semilla en cinco genotipos de maíz, en cada uno de los cuales se evaluaron los siguientes caracteres: Índice de Germinación, Vigor de Plántula, Porcentaje de Emergencia, Altura de Planta, Número de Hijos, Días a Floración Femenina y Masculina, Amplitud del Período de Floración, Número de Hojas y Componentes de Rendimiento.

Con los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones: 1. Existe una estrecha relación entre tamaño de semilla y vigor, ya que a mayor tamaño de semilla se expresa un mayor vigor en base a un mayor peso seco. 2. Los tamaños de semilla grande originan plántulas más vigorosas, las cuales tienen un mejor comportamiento en campo y rinden significativamente más en comparación con el tamaño de semilla chico. 3. El genotipo y el tamaño de semilla afectan la expresión de los caracteres; Altura de Planta, Porte de la Planta y de los Hijos, y Rendimiento; pero no al Número de Hojas, Días a Floración Masculina, Días a Floración Femenina y Amplitud de Floración.



## I. INTRODUCCION

En México el cultivo del maíz es importante tanto por la superficie que se cultiva como por ser parte de la dita del mexicano; a pesar de esto, la producción se ve limitada por diversos factores: escasez de lluvia, baja ferti-lidad, erosión del suelo, baja productividad de los maíces criollos, escaso nivel de adopción de las variedades mejo-radas, deficiente control de malezas y plagas, prácticas culturales inoportunas, inadecuada fertilización y prácti-ca del monocultivo.

Otras limitantes de tipo socioeconómico son: escasa adopción de la tecnología, crédito insuficiente e inopor-tuno, desorganización de los productores y escasez de capital en el campo (SARH, 1983).

Dentro de los insumos menos difundidos y que pueden tener mayor efecto sobre la producción se encuentra la utilización de semilla mejorada de alta calidad; aunque para la producción de esta semilla se requiere de todo un proce-so de investigación que tienda a desarrollar las técnicas que permitan conservar su pureza genética y física, para que así la utilización de alta tecnología agrícola y la siembra de semillas mejoradas resulte en la obtención de altos rendimientos por unidad de superficie. La calidad

de la semilla utilizada para la siembra es importante tanto en semilla criolla como en semilla mejorada; para su control se realizan supervisiones y evaluaciones tanto en campo como en laboratorio.

Actualmente la evaluación de la calidad de la semilla en laboratorio se realiza mediante la aplicación de cuatro criterios: germinación, pureza, sanidad y vigor; siendo este último criterio el más importante ya que determina el comportamiento de la semilla en campo.

Durante el desarrollo de métodos modernos de pruebas, la de vigor ha sido definida para cubrir las diversas características del comportamiento de las semillas, aunque varían el número de factores involucrados; por esta razón el término "vigor de semilla" incluye diferentes propiedades de la semilla, las cuales determinan el nivel de su actividad y comportamiento durante la germinación y emergencia de plántulas; así semillas de alto vigor son las que tienen un buen comportamiento y semillas de bajo vigor son las que se comportan pobremente (Perry, 1978).

Virgen (1983) considera como un indicador más concreto de vigor *per se* al peso seco, y señala que las características de semilla y plántula que nos permite diferenciar aquellas con un alto vigor son: longitud de hoja primaria, ancho de hoja primaria, altura de plántula y calificación visual de plántula, las cuales correlacionan estrechamente

con peso seco y con el tamaño grande de semilla. La semilla de tamaño grande presenta además un mayor tamaño de embrión y mayor contenido de reservas, lo que garantiza una mayor fotosíntesis inicial y un mayor y más vigoroso sistema radicular (Marroquín, 1986).

Así pues, la utilización de semillas grandes generalmente da como resultado una germinación, emergencia y establecimiento más rápido y uniforme, ya que producen plántulas más vigorosas y con mayor capacidad competitiva inicial bajo diversas condiciones de campo, siendo positivas estas ventajas en el desarrollo posterior de las plantas, en virtud de que los componentes específicos del rendimiento son determinados durante el crecimiento inicial (Wood *et al.*, 1977).

Existen diferencias de vigor entre especies, variedades e incluso dentro de las mismas variedades; sabemos que en programas de mejoramiento de maíz, en la formación de híbridos y variedades sintéticas se parte de líneas básicas, las cuales muestran en general bajo vigor; sin embargo, es posible detectar diferencias entre líneas en base a vigor lo que nos permite seleccionar a aquellas más vigorosas, con determinadas características agronómicas y una alta aptitud combinatoria.

Hay varios factores que afectan la variabilidad del vigor en las semillas; genotipo, medio ambiente, nutrición

de la planta, estado de madurez al momento de la cosecha, tamaño, peso y peso volumétrico, daño físico, deterioro, envejecimiento y patógenos; estos factores son importantes de considerar para manejarlos de la mejor manera posible tanto en programas de mejoramiento genético como en programas de producción de semillas, ya que la obtención de semillas de alta calidad trae consigo ventajas y beneficios (Moreno, 1984).

Se ha observado que las semillas de las variedades mejoradas que se comercializan tienen una amplia variación en tamaños y un cierto porcentaje de granos quebrados; por lo que no se garantiza que las plantas resultantes en general sean de un alto grado de vigor, siendo estas algunas de las causas por la que los productores no utilizan semilla mejorada además de que no desean deshacerse de su variedad criolla. (SARH, 1983).

En la práctica del cultivo de maíz en México comúnmente los campesinos utilizan como semilla las de tamaño grande y que no esten descabezadas; para lograr este propósito seleccionan sus mazorcas, las despuntan y las desgranan manualmente. Además ellos aplican empíricamente criterios de calidad, pues son muy estrictos con la sanidad, germinación y pureza de sus semillas, lo cual ya es una ventaja porque si bien esto no garantiza un mayor rendimiento, sí obtiene plantas con mayor vigor y mejor comportamiento bajo

diversas condiciones de campo que las que obtendría al utilizar semillas de tamaño chico para la siembra.

Con el fin de conocer el efecto del vigor de la semilla y plántula sobre el rendimiento en maíz en diferentes materiales genéticos se realizó el presente estudio.

### 1.1 Objetivos

- I. Estudiar la influencia del tamaño de semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos y rendimiento.

### 1.2 Hipótesis

- I. Con semillas de tamaño grande se expresa un mayor vigor medido en peso seco de plántula.
- II. Las plántulas provenientes de semillas de tamaño grande tienen un mejor comportamiento en campo, lo cual se refleja en un mayor rendimiento.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Concepto de Vigor de Semilla

El vigor de semilla ha sido definido por varios investigadores tomando en cuenta características inherentes a la semilla y a su desarrollo posterior; así tenemos las siguientes definiciones.

Un lote de semillas vigorosas tendrá mayores probabilidades de éxito bajo una amplia variedad de condiciones de campo en comparación con un lote de semillas no vigorosas, las cuales son menos aptas para dar lugar a un establecimiento satisfactorio (Isely, 1957).

Woodstock y Fealey (1965) mencionan que el vigor de semilla es 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.

Perry (1978) menciona que el vigor de la semilla es la suma de todas las propiedades de la semilla, las cuales determinan el nivel de su actividad y comportamiento durante la germinación y emergencia de plántulas; así las semillas de alto vigor son las que tienen un buen comportamiento y las semillas de bajo vigor son las que se comportan

pobremente.

Villaseñor (1984), considerando algunas definiciones y métodos de evaluación de vigor, propuso 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 posible.

Perry (1981a) señaló las propiedades en las que se considera está afectado el nivel de vigor y que se puede observar en las siguientes áreas:

1. Reacciones y procesos bioquímicos durante la germinación, tales como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria.
2. Tasa y uniformidad de germinación de semilla y crecimiento de plántulas.
3. Tasa y uniformidad de crecimiento de plántulas y desarrollo en el campo.
4. Habilidad de emergencia de plántula bajo condiciones desfavorables.

Perry (1981a) reconoció también los efectos del vigor de semillas que persisten para influenciar el crecimiento de la planta madre, la uniformidad y el rendimiento.

En la definición de la International Seed Testing Association (citado por Moreno, 1984), se enlistan los factores que pueden causar variación en el vigor de la semilla.

1. Constitución genética
2. Desarrollo y nutrición de la planta madre
3. Etapa de maduración de la cosecha
4. Medida, peso y gravedad específica de la semilla
5. Integridad mecánica
6. Deterioración y envejecimiento
7. Patógenos

La definición abarca diversos procesos fisiológicos los cuales pueden estar afectados por el nivel de vigor; sin embargo el término es más usado para describir el comportamiento de semilla en las condiciones ambientales de campo, y es aquí donde el término vigor de semilla adquiere verdadera utilidad ya que las semillas con alto vigor son altamente deseables en la agricultura para el establecimiento del cultivo, capacidad competitiva y un posible incremento en el rendimiento.

## 2.2. Pruebas de Vigor de Semillas

Isely (1958) menciona que una prueba de vigor no es una prueba de respuesta *per se*; la respuesta en campo de un determinado lote de semillas puede estar más estrechamente correlacionado con las pruebas de vigor o con las pruebas ordinarias de laboratorio, dependiendo de la naturaleza de las condiciones de campo bajo las cuales se siembra. Así una prueba de vigor es entonces un estudio bajo condiciones ambientales específicas que proveen medios que detecten



diferencias que no sean discernibles en una prueba de laboratorio ordinaria y que tengan como objetivo el de proveer resultados que sean reproducibles y que estén correlacionados con el comportamiento de las semillas en campo.

También hizo algunas consideraciones específicas sobre los procedimientos de las pruebas, que incluyen: a) el nivel de vigor en el cual la prueba ha sido calibrada; b) la relativa aplicabilidad de una prueba directa o indirecta; c) la estandarización a que tales pruebas sean reproducibles; d) los procedimientos de pruebas de laboratorio deben ser en lo más posible simples y fáciles de manera que no requieran equipo especial para su realización.

Delouche y Cadwell (1962) consideran que el objetivo fundamental de las pruebas de vigor es establecer el nivel de calidad entre lotes de semilla y poder diferenciar y seleccionar a los genotipos más vigorosos.

Perry (1981a) menciona que se han desarrollado diversas técnicas que se incluyen dentro de las pruebas directas e indirectas:

I. Pruebas directas. Son pruebas que se realizan bajo condiciones controladas de laboratorio en las que se espera reducir la emergencia con factores de tensión ambiental (estrés).

2. Pruebas indirectas. Son las pruebas en las cuales las características de las semillas medidas en el laboratorio están relacionadas a su comportamiento en el campo.

Helmer *et al.* (1962), en un estudio con semillas, de soya, encontraron que las respuestas germinativas después de un período de almacenamiento bajo condiciones severas, mostraron correlación con el porcentaje de emergencia; asimismo observaron que el remojo de las semillas en una solución de cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), es una prueba efectiva para diferenciar entre alto y bajo vigor.

Frits (1965) estableció que existen diferencias significativas en la germinación y emergencia entre pruebas de laboratorio y campo. Estas diferencias son debidas a las condiciones del campo sobre las plántulas y otras veces al bajo vigor de las semillas, el cual no puede ser detectado bajo condiciones favorables, pero sí bajo condiciones severas. El basa sus conclusiones en los resultados de un experimento con semillas de cereales en el cual encontró diferencias significativas entre germinación y emergencia en invernadero, emergencia en localidades, y entre campo e invernadero.

Woodstock y Fealey (1965) encontraron una alta correlación positiva entre las tasas de respiración durante las primeras 24 horas, después de la germinación y el crecimiento

de la plántula durante los 2 a 3 días siguientes. Asimismo el crecimiento de plántula durante las primeras semanas estuvo correlacionado con el crecimiento entre 2 y 3 semanas después de la siembra. Concluyen que las mediciones en las tasas de respiración, pueden proveer un método rápido y sensitivo para detectar daños en la semilla y suministrar un valor de vigor útil en lotes de semilla de maíz.

Burris *et al.* (1969) usando semillas de soya, envejecidas natural y artificialmente, evaluaron parámetros fisiológicos, como índice de vigor de semilla (viabilidad, respiración, nivel de glucosa, carbohidratos totales y aminoácidos) y vigor de plántula (semillas tratadas y no tratadas en pruebas de frío, germinación a los 4 y 8 días, y tasa de crecimiento), encontrando correlaciones significativas entre los niveles de glucosa, respiración y viabilidad con la calidad de la semilla y el vigor subsecuente de la plántula; la germinación a los 4 días y la tasa de crecimiento fueron estimadores excelentes del vigor de plántula.

En las variedades de soya "Amsoy y Hawkeye", a los lotes de semilla de alta calidad se les redujo el vigor por medio de envejecimiento a niveles bajo, medio y alto; encontrando que el establecimiento se logra con semillas de vigor bajo y medio; sin embargo no hubo diferencias significativas en rendimiento, entre semillas de alto, medio

y bajo vigor, aunque el nivel de población sí afecto de manera significativa al rendimiento (Edje y Burris, 1971).

Abdullahi y Vanderlip (1972) encontraron que varias pruebas de vigor estuvieron correlacionadas con establecimiento de plántula en campo, siendo el lavado de semilla con cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) la que tuvo mejor correlación. La prueba de germinación estándar a menudo sobrestima el comportamiento de la semilla de sorgo en campo.

Assuncao y Potts (1972) clasificando plántulas de semilla de vigor bajo y alto, y una combinación de ellos, encontraron que plantas de semillas de bajo vigor y plantas con el porcentaje de germinación más bajo retardaron más su crecimiento perdiéndose esta diferencia después de 44 días; sin embargo las plantas de semillas de alto vigor tuvieron rendimientos significativamente superiores (2771 kg/ha) que las plantas de semillas de bajo vigor (2453 kg/ha).

Glenn *et al.* (1974) evaluando 25 híbridos de maíz, no encontraron diferencias significativas en tasa de emergencia, pero sí en cuanto a vigor de plántula medido por su altura, peso seco y clasificación visual de vigor. Hubo correlaciones positivas entre altura de plántula, con la clasificación visual de vigor, peso seco de plántula e índice de área foliar, lo mismo que entre peso de la semilla

y vigor visual; sin embargo no hubo relación aparente entre el número de hojas y cualquiera de las otras medidas de vigor de plántula.

Perry (1977) utilizó como pruebas de vigor en semillas de cebada el crecimiento de plúmulas en toallas de papel, y encontró una estrecha correlación con el crecimiento en campo, pero no con la germinación bajo condiciones desfavorables de suelo. El rendimiento de grano estuvo más estrechamente correlacionado con el crecimiento de plúmula que con la germinación. Además encontró diferencias altamente significativas en crecimiento de plúmula entre lotes de semilla.

Burris (1978) trabajando con 60 muestras de semilla de soya de baja calidad evaluó las siguientes pruebas: prueba de frío en suelo y en vermiculita, envejecimiento acelerado, tasa de crecimiento de plántula, clasificación de vigor en plántula y germinación en campo; encontró que esta última prueba es el mejor método para estimar la emergencia, aunque la mayoría de las pruebas son buenos estimadores para un determinado año y localidad, sin embargo los coeficientes de correlación dependieron de las fechas de siembra.

Carvalho y Toledo (1978) mostraron que la influencia del vigor de la semilla sobre la rapidez y emergencia total de plántulas de cacahuate es dependiente del espacio aprovechable para el desarrollo de la planta; es decir, una planta

proveniente de una semilla débil puede recuperar su crecimiento inicial bajo y rendir normalmente si cuenta con espacio necesario.

Scott (1978) menciona que el principal objetivo de las pruebas de semillas es que sean capaces de diferenciar entre variedades, en la habilidad de sus semillas para obtener un buen establecimiento y crecer como plántulas vigorosas y altamente rendidoras; el bajo vigor en las semillas da como resultado un pobre establecimiento y crecimiento de plantas, traduciéndose en un bajo rendimiento.

Yaklich *et al.* (1979a) trabajando con semillas de soya, con 7 cultivares en 1975 y 8 cultivares en 1976, evaluaron la emergencia, establecimiento y rendimiento. En siembras en suelo arenoso y arcilloso a diferentes fechas de siembra, encontraron que la emergencia de plántula y establecimiento fue mejor en el suelo arenoso lo mismo que la fecha de siembra que fue óptima en ambos años. Los coeficientes de correlación simple para emergencia y establecimiento fueron altos y significativos; sin embargo las correlaciones entre establecimiento y rendimiento fueron bajas en ambos años.

Bishnoi y Delouche (1980) aplicando pruebas de vigor en lotes de semilla de algodón deterioradas y no deterioradas (germinación estandar; pruebas de frío, longitud de raíz envejecida y conductividad eléctrica) encontraron que todas las pruebas estuvieron correlacionadas con el establecimiento

de plántulas en campo, además las semillas de calidad emergieron más rápido y produjeron un mayor establecimiento final de plántulas que las semillas deterioradas.

Johnson y Wax (1981) experimentando con maíz encontraron que la emergencia, daño por herbicida, densidad de siembra y el rendimiento de grano son afectados por la interacción de la calidad de la semilla x híbrido x medio ambiente del semillero. Semillas de maíz de baja calidad (50% de germinación) y plántulas de semillas de vigor bajo en 2 de 5 ambientes de semillero recibieron más daño por efecto de herbicidas. Hay una mayor interacción entre semillas de baja calidad x dosis altas de herbicidas x diferencias del híbrido o humedad limitada del suelo en comparación con la interacción entre semillas de buena calidad y dosis recomendadas de herbicida.

En pruebas cooperativas de germinación, vigor y emergencia en suelo de lotes de semillas de trigo, soya, chícharo y maíz, se encontró que las pruebas de vigor fueron más variables que las de germinación. La prueba de Hiltner y la de crecimiento de plántula fueron más eficaces que las pruebas de germinación y emergencia en trigo. En soya las pruebas de germinación y envejecimiento son buenos estimadores para predecir la emergencia. En maíz ni la prueba de frío ni la de envejecimiento mejoraron la relación entre germinación y emergencia; la prueba de conductividad eléctrica en chícharo estuvo correlacionada con la emergencia

en campo, siendo más eficaz que la evaluación de plántulas y la prueba de germinación (Perry, 1981b).

Kulik y Yaklich (1982) establecieron que en las pruebas de semillas es importante que estas tengan un buen valor de  $r^2$  (coeficiente de determinación) y un consistente coeficiente de regresión lineal. A este respecto la prueba de envejecimiento, plántulas normales, tetrazolium y frío son buenos estimadores de la emergencia en campo, sin embargo la germinación en toallas y la prueba de envejecimiento total en plantas vivas son útiles, pero muestran una fuerte inconsistencia en los coeficientes de regresión lineal en pruebas de laboratorio. Ellos concluyeron que la emergencia potencial en campo es diferente de la predicción de la emergencia y que un alto porcentaje en la emergencia potencial supone también un alto porcentaje de emergencia bajo cualquier condición de campo.

Harty (1983) menciona que la principal diferencia entre cultivos tropicales y templados de especies similares, es la poca atención que se da a las pruebas de vigor en las especies tropicales, ya que sus problemas en el trópico son más específicos como: mantenimiento de la viabilidad (nivel de germinación), y problemas de almacenamiento; por lo que es necesario hacer modificaciones a las pruebas de vigor en lo referente al contenido de semillas duras en leguminosas y a la latencia en pastos.



Virgen (1983) utilizó como parámetros de vigor en maíz: longitud, peso fresco y seco de la hoja primaria, peso seco de la plántula, tamaño de embrión y tamaño de semilla, y encontró correlaciones positivas y significativas entre tamaño de semilla con peso fresco de la hoja primaria, peso seco de plántula y peso y tamaño de embrión; así como entre longitud de hoja primaria con peso seco y altura de plántula. Concluyó que una plántula vigorosa es aquella que proviene de semillas de tamaño grande, que tiene una mayor longitud de hoja primaria y mayor peso seco en el menor tiempo, siendo este último el parámetro más aceptado para medir el vigor de plántula.

### 2.3. Influencia de la Semilla sobre el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento del Cultivo

Cuando las semillas están a su nivel más alto de calidad al mismo tiempo que alcanzan su madurez fisiológica son semillas excelentes; después de esta etapa el proceso de deterioración crece al mismo tiempo que decrece la calidad de la semilla. Entre los factores afectados durante el proceso de deterioración están la viabilidad y el vigor, aunque en forma más rápida el vigor, por lo que un lote de semillas deteriorado puede tener un relativo alto porcentaje de germinación pero carecer el valor para los propósitos de siembra, por lo que el vigor es quizá la medida más real del grado de deterioración de la semilla (Helmer *et al.*, 1962).

Ahmet *et al.* (1963) trabajaron con semillas de cebada con diferencias en tamaño y densidad de siembra, y evaluaron los siguientes parámetros: emergencia, número de tallos, rendimiento y peso de 1000 semillas. Encontraron que el tamaño de semilla no afectó la emergencia, ni el peso de 1 000 semillas; las semillas de tamaño grande produjeron mayor número de tallos y rindieron significativamente más que los otros tamaños; las diferencias en rendimiento decrecieron con el aumento de la densidad de siembra, produciendo granos más grandes las bajas densidades; la interacción densidad de siembra x tamaño de semilla no fue significativa.

En un lote de semillas se puede encontrar un amplio rango de tamaños de semillas las cuales difieren en calidad y estas no pueden ser de igual valor para la siembra; se ha reconocido la necesidad de utilizar semillas de buena calidad, tamaño uniforme y viabilidad para obtener una buena emergencia y crecimiento en cultivo.

En los métodos actuales de clasificación y procesamiento las semillas seleccionadas son viables y uniformes en forma y tamaño. Pero es inherente que dentro de un cultivo hay diferencias en tamaños de semilla, ya sea por la variación planta a planta, por competencia interplantas, por efecto de enfermedades, o por la posición de la semilla en la inflorescencia. Usando semillas grandes usualmente da como resultado un incremento en los porcentajes de

germinación y una emergencia rápida, aunque en los porcentajes ocasionalmente las semillas grandes se comportan más pobremente (Copeland, 1976).

A causa de un mayor tamaño de 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 plantación o donde los rendimientos económicos son un órgano de almacenamiento. Los incrementos en rendimiento son más fácilmente obtenidos donde los componentes específicos del rendimiento son determinados durante el crecimiento inicial (Wood *et al.*, 1977).

McDaniel (1969) encontró una correlación positiva entre peso de semilla y vigor de plántula (peso seco), con actividad bioquímica mitocondrial en cebada. Esto muestra que plántulas derivadas de semillas pesadas presentan un mayor potencial de crecimiento debido a una mayor cantidad de proteína mitocondrial, una alta tasa respiratoria y una mayor cantidad de energía (ATP) que plántulas derivadas de semillas ligeras de la misma línea.

Austensson y Walton (1970) encontraron que el rendimiento total, rendimiento de grano, número de espigas/planta y número de semillas/planta estuvieron estrechamente correlacionadas con peso inicial de plántula (0.01 p) en tres cultivos de primavera y que aproximadamente del 2.5 al 4.5%

de las variaciones observadas en la planta se atribuyen a la variación en el peso inicial.

Abdullahi y Vanderlip (1972) encontraron un efecto directo del origen y tamaño de la semilla de sorgo sobre el vigor y establecimiento en campo, y que esto influyó en forma determinada en la germinación y establecimiento de plántulas. En pruebas de campo y laboratorio las semillas medianas y chicas fueron más consistentes comportándose mejor las semillas de tamaño grande en laboratorio. Las interacciones origen x tamaño de semilla, en germinación en laboratorio y establecimiento de plántula muestran que afecta el tamaño de la semilla per se.

Fontes y Ohlrogge (1972) evaluaron una mezcla de semillas grandes y chicas de soya, y observaron que las semillas grandes produjeron los mayores rendimientos, menos plantas estériles, y más ramas y vainas/plantas, siendo este último componente de rendimiento el más influenciado por tamaño de semilla.

Hunter y Kannenberg (1972) mostraron que el tamaño de semilla en maíz no afectó el número de días al 50% de emergencia, porcentaje de emergencia, tasa de emergencia y rendimiento, aunque el período de emergencia se alargó por efecto de bajas temperaturas y decreció ligeramente con un incremento en la profundidad de siembra, en tanto que el rendimiento sólo se vio afectado por la fecha de siembra.

Ahmed y Zuberi (1973) encontraron diferencias altamente significativas en el comportamiento de semillas grandes y chicas del cultivo de colza; así plantas desarrolladas a partir de semillas de tamaño grande produjeron más frutos/planta, frutos grandes, semillas grandes y rendimientos superiores de semilla/planta que aquellas desarrolladas de semilla de tamaño chico.

Burris *et al.* (1969) evaluaron en soya cuatro tamaños de semilla e indican que los tres tamaños de semilla mayores mostraron porcentajes de emergencia superiores, mayor área cotiledonar y mayor área foliar unifoliada en laboratorio; aunque el tamaño de semilla chica exhibió tasas fotosintéticas superiores. Los mismos tres tamaños de semilla grande en campo tuvieron altos porcentajes de emergencia, más área foliar, mayor altura en campo y un rendimiento significativamente mayor que la semilla chica. Aunque el tamaño de semilla no afectó la calidad ni la distribución del porcentaje de tamaños de semilla cosechada.

Dasgupta y Austensson (1973) usaron como estimadores de germinación en trigo: la germinación a temperaturas diferentes, crecimiento inicial de plántula, peso de semilla, daño al pericarpio y tasa de respiración; encontrando que los análisis de correlación y regresión indicaron que las variaciones en rendimiento entre lotes de semilla estuvieron afectadas por el tamaño de semilla empleado y a las muestras de germinación. Aunque sus resultados variaron considerablemente entre años y localidades, concluyeron que los mejores

indicadores para la calidad de semilla en trigo son: la germinación estándar y el peso de la semilla y/o peso volumétrico.

Ries y Everson (1973) trabajando con semillas de trigo en dos localidades diferentes, evaluaron contenido de proteínas, tamaño de semilla, vigor de plántula y el efecto de medio ambiente y genotipo sobre estos parámetros. El análisis muestra correlaciones positivas y significativas entre contenido de proteína con semillas chicas ( $r=0.55$ ), vigor de plántula con semillas grande ( $r=0.64$ ); vigor de plántula con miligramos de proteína/semilla. Concluyeron que semillas con alto contenido de proteínas y/o grandes producen plántulas vigorosas, y algunas altos rendimientos, y que la interacción genotipo x medio ambiente determina la expresión final del cultivo, afectando el contenido de proteína el tamaño y peso de semilla y el vigor de plántula en la generación siguiente.

Smith et al. (1973b) haciendo pruebas con semillas de lechuga en 2 años consecutivos, establecieron que el peso afecta directamente el vigor más que el ancho o la densidad de la semilla. En pruebas de campo las semillas de bajo vigor emergieron menos que la emergencia total menor, y produjeron plántulas más pequeñas que las semillas con vigor alto. De las semillas con vigor alto se obtuvo un mayor tamaño de fruto y mayor cantidad de frutos comerciales.

Hyoung et al. (1974) usaron dos pesos distintos de semilla de sorgo con una diferencia del 86% entre las semillas más ligeras y las semillas más pesadas y no encontraron diferencias significativas en relación al por ciento de

de emergencia, peso de plántula, días al 50% de floración, área foliar, longitud y ancho de la hoja, diámetro del tallo, altura de la planta, peso de semillas, semillas/panícula, panículas/planta y rendimiento de grano.

Haskins y Gorz (1975) encontraron que el tamaño de la semilla tiene una influencia importante sobre la emergencia y crecimiento inicial de plántula en varios cultivos de leguminosas forrajeras, ya que al incrementarse el tamaño parece que se mejora la emergencia y se incrementa la producción de materia seca, no obstante que el establecimiento decrece al incrementarse la profundidad de siembra, aunque bajo estas condiciones la emergencia de semillas grandes fue relativamente buena.

Smith y Camper (1975) evaluaron cuatro tamaños de semilla de soya y encontraron que el tamaño de semilla no afectó significativamente el establecimiento inicial, la mortalidad de la plantación y el tamaño de semilla cosechada. El rendimiento promedio de la semilla grande fue mayor 5.4% que el rendimiento de las semillas chicas, 4.7% al de la mezcla de semillas grandes y chicas y 3.3% al de la semilla no clasificada; cuando las semillas grandes y chicas fueron sembradas en la misma hilera la progenie de las semillas grandes rindieron más que las semillas chicas.

Fransen y Cooper (1976) establecieron que la selección de plántulas de leguminosas con tasas de área cotiledonar y peso de semilla altos pueden originar un incremento en el

vigor. El tamaño de semilla grande estuvo asociado a un tamaño de embrión grande, al tamaño de hoja primaria y al área cotiledonar. Las plántulas de semillas grandes, emergieron, se desarrollaron y tuvieron hojas primarias y secundarias más grandes que las plántulas de semillas chicas. El incremento en el tamaño de las hojas puede tener mayor efecto para una germinación y emergencia más rápida que una cantidad mayor de reservas alimenticias en el cotiledon.

Hicks *et al.* (1976) clasificando un lote de semillas en cuatro tamaños diferentes (semilla grande redonda, semilla grande delgada, semilla chica redonda y semilla chica delgada), establecieron que tal clasificación no afectó el rendimiento de maíz, para todos los años, localidades e híbridos; el tamaño y forma de la semilla no afectó la altura de la planta y las fechas de floración. El tamaño de la semilla no afectó el rendimiento de grano de maíz de polinización abierta (Kiessselbach; citado por Hicks, 1976).

Evans y Bhatt (1977) demostraron que la tasa de crecimiento de plántula o vigor de plántula (peso seco) de cereales está influenciado por el tamaño de las semillas, contenido de protefna, resistencia a germinación, y genotipo; los coeficientes de correlación simple entre estas variables fueron positivos y significativos.



Kondra (1977) trabajando con tres tamaños de semilla de nabo y colza (*Brassica napus* L. y *Brassica campestris* L.), encontró que lotes de semilla de tamaño grande tuvieron rendimientos superiores que lotes de semillas chicas. Para las variedades Span y Zaphyr, el análisis de varianza muestra que no hay interacción significativa de tamaño de semilla y tasa de emergencia, y que los lotes de semilla de tamaño medio fueron significativamente más rendidores que los otros tamaños.

Maranville y Clegg (1977) haciendo evaluaciones con tamaño de semilla en sorgo, encontraron que la germinación y el vigor de la plántula están influenciados por el tamaño de semilla; sin embargo, no se ha comprobado si este factor predomina sobre la densidad de la semilla (p. ej.; gravedad específica) ya que los resultados indicaron que lotes de semilla de tamaño grande y mayor densidad tuvieron un porcentaje de emergencia superior. Sin embargo cuando el mismo número de semillas fueron sembradas en campo, ni el tamaño ni la densidad de semillas tuvieron efecto sobre el establecimiento de plántulas, establecimiento final y rendimiento de grano.

Muchena y Grogan (1977) evaluaron el efecto del tamaño de la semilla de tres razas de maíz; el palomero White Cloud, la línea R181 y la línea 499, sobre la habilidad para la germinación bajo concentraciones diferentes de manitol,

obteniendo diferencias significativas entre tamaños de semilla; siendo el tamaño de semilla chico el mejor. Además manifiestan que el tamaño de semilla afecta el porcentaje de germinación de las tres razas probadas bajo condiciones simuladas de humedad, y que es probable que semillas chicas requieran menos agua para iniciar la germinación por tener un menor volumen.

Salih y Salih (1980) determinaron que el tamaño de semilla de haba (*Vicia faba* L.) no afecta el rendimiento de semillas/ha. El tamaño de semilla estuvo correlacionado positiva pero no significativamente con días a floración, número de semillas/vaina y número de vainas/planta. Concluyeron que la clasificación por tamaños debe ser de poco valor económico para los agricultores.

Townsend y Wilson (1981) en un estudio de análisis de crecimiento indicaron que el peso de semilla estuvo asociado positiva y linealmente con el peso de plántula inicial, área y peso foliar y con el peso de plántula final, en 2 regímenes de temperatura. La ventaja inicial que se obtiene en las progenies derivadas de semillas con peso alto se mantiene durante todas las fases iniciales de desarrollo de la plántula que es indicado por su peso final, por lo que se puede seleccionar plántulas con peso alto de semillas a través de una selección por tasa relativa de expansión de área foliar, tasa de asimilación neta y otros

tratamientos.

Chhina y Phul (1982) trabajando con semillas de mijo bajo condiciones de riego y sin riego, encontraron que el tamaño de semilla tuvo correlaciones positivas y significativas con vigor de plántula, longitud de panícula, rendimiento y tamaño de semilla producida. Además el vigor de plántula tuvo correlaciones positivas y significativas con altura de plántula, longitud de panícula, número de espigas y rendimiento de grano. Concluyeron que seleccionando semillas de tamaño grande se pueden obtener rendimientos mayores.

El tamaño de semillas de trébol pata de pájaro estuvo correlacionado con longitud y peso de plántula, pero no con establecimiento en campo; sin embargo cuando las diferencias en germinación y otros factores que contribuyeron al vigor de plántula son mínimos, el tamaño de semilla es el factor dominante que determina el establecimiento en campo (Mckersie y Tomes, 1982).

Shieh y McDonald (1982) evaluaron la influencia que tiene el tamaño, forma y tratamiento de la semilla sobre la calidad de dos líneas de maíz, "Mo 17" y "B 73", y no encontraron diferencias significativas sobre la calidad que dependen del tamaño de semilla; sin embargo las semillas planas y tratadas muestran mayor calidad que semillas no tratadas y redondas; las semillas planas tuvieron un mayor

porcentaje de germinación y de plántulas vigorosas.

Dhillon y Kler (1976) plantean las generalizaciones siguientes sobre el efecto del tamaño de semilla.

1. Las plántulas de semillas grandes en general muestran una superioridad inicial pero que se va perdiendo en el transcurso de la estación de crecimiento, particularmente en el caso de cultivos o variedades de ciclo largo. La utilización de semilla grande sólo provee ventajas de cultivos de ciclo corto bajo condiciones desfavorables como son cereales de primavera y hortalizas.

2. La rapidez de emergencia y crecimiento es superior en semilla chica a pesar de algunas excepciones, ya que tienen un mayor contenido de proteínas y más clorofila.

3. El tamaño de semilla es un término que puede ser interpretado en forma diferente.

4. Las plantas de semilla chica parecen ser más eficientes como resultado de un sistema radical extensivo y una mayor eficiencia fotosintética.

Singh y Makne (1985) en un experimento con semillas de sorgo de diferentes tamaños evaluaron los siguientes parámetros: germinación, longitud de raíz y tallo, volumen, peso fresco y seco de plántulas, y peso de semilla. El peso seco de la semilla muestra correlaciones altas y significativas con peso fresco de plántula y con longitud de tallo

y de raíz; correlaciones significativas entre peso de semillas y porcentaje de germinación, volumen y peso seco de plántula; este último con porcentaje de germinación, peso fresco y longitud de raíz. Concluyeron que el peso y tamaño de semilla ejerce una influencia importante sobre la expresión de las características de vigor de plántula.

Marroquín (1986) haciendo evaluaciones con semilla de maíz de diferentes tamaños; encontró que semillas de tamaño grande presentaban mayor peso y volumen de embrión y endospermo, así como un mayor porcentaje de germinación, longitud y peso seco de plántula que las semillas de tamaño intermedio y chico. Concluyó que las semillas de tamaño grande presentan mayor peso y volumen de embrión y endospermo que dan origen a plántulas más vigorosas medidas en base a peso seco y longitud de parte aérea.

Mugnisjah y Nakamura (1986) trabajando con semillas de soya de las variedades "Tamahomare", "Akiyoshio" y "Kogamedaizu" evaluaron el efecto de la fecha de siembra, cosecha y tamaño de semilla sobre el vigor de plántula, y encontraron que las semillas de tamaño chico provenientes de siembras tempranas tuvieron una germinación estándar, rapidez de germinación, longitud de hipocotilo y raíz superiores que las semillas grandes provenientes de siembras y/o cosechas tardías. Asimismo semillas producidas de siembras tempranas y de ciclo largo (121 días) y semillas de siembras y cosechas tempranas (105 días) fueron más

vigorosas que las semillas de siembra y/o cosechas tardías.

#### 2.4 Efectos de Vigor de Plántula

Webster y Dexter (1961) menciona que la calidad de la semilla puede ser determinada en base a los siguientes parámetros: por ciento y rapidez de germinación, y tamaño de plántula que muestre primero deterioración. Los tipos de semilla usada difirieron en sus respuestas a los distintos tipos de daño por lo que no hubo una correlación estrecha entre por ciento y rapidez de germinación y tamaño de plántula.

Allan *et al.* (1965), de un estudio de 16 características de semilla y plántula; longitud de coleoptilo y crecimiento de hoja primaria de plántulas sembradas a 50° y 90°F medidos en diferentes tiempos después de la siembra; longitud de plántulas sembradas en una solución de mannitol, peso de semilla, tasa de germinación a 70°F, tiempo de ruptura de coleoptilo y tasa de absorción de agua de la semilla después de un período de 4 horas de lavado, encontraron correlaciones de 9 características con índice de emergencia y cuatro características correlacionaron con la emergencia total. Los análisis de regresión múltiple indicaron que el crecimiento de hoja primaria a 90°F medido en el séptimo día fue la característica más útil para la selección por índice de vigor.

Burris (1973) menciona que la relación semilla/vigor de plántula esta influenciada por parámetros físicos (tamaño de semilla e integridad mecánica), parámetros patológicos (presencia de patógenos) o parámetros fisiológicos (deterioración o maduración). El tamaño de semilla e integridad mecánica han estado correlacionados con el rendimiento y materia seca en varios cultivos; la influencia de los patógenos es un parámetro poco medible; la respiración de semilla, nivel de carbohidratos y aminoácidos y su tasa de incorporación estan correlacionados con la tasa de crecimiento, y esta última como prueba de vigor abarca mucho tiempo y se interpreta de manera diferente.

Cooper (1974) estudió el efecto del tamaño de semilla sobre la hoja primaria de pipirigallo (*Onobrychis viciifolia*), unifoliada o trifoliada y no encontró ninguna relación, pero el área foliar de un tipo se incrementó significativamente con el tamaño de la semilla. Las hojas trifoliadas mostraron una mayor área y tasas superiores de intercambio de carbón neto (I.C.N.) y mayor crecimiento. El crecimiento inicial de la plántula depende del substrato almacenado en los 7 primeros días después de que las reservas alimenticias han sido usadas; la fotosíntesis de los cotiledones produce la energía para el crecimiento inicial de plántula (Cooper y Fransen, 1976).

Rajanna y de la Cruz (1975 y 1976) evaluaron en pruebas de invernadero los parámetros siguientes: área foliar (A,F), tasa de crecimiento relativo (T.C.R.), tasa de asimilación neta y tasa de crecimiento relativo de área foliar (TCRAF) los cuales estuvieron correlacionados linealmente con el rendimiento; asimismo, existió una relación lineal entre las características de crecimiento y vigor de semilla.

Azam Gul y Allan (1976) establecieron que la selección de líneas de trigo con alto vigor de plántula debe estar basada en el índice de tasa de emergencia (I.T.E.) y este crecimiento total bajo diversas condiciones de campo y es tres de agua. La longitud de coleoptilo, altura de plántula, longitud de tallo y peso de semilla estuvieron estrechamente correlacionados con índice de tasa de emergencia.

Cheng Chang Li y Rutger (1980) encontraron correlaciones altas entre vigor de plántula con precocidad y tamaño grande de semilla, pero baja con altura de planta madura. Además en 36 híbridos F1 de una cruce dialélica de arroz encontraron correlaciones significativas entre vigor de plántula con fecha de floración y peso de 1 000 semillas.

Fakorede y Ojo (1981) concluyeron que el porcentaje e índice de emergencia, acumulación de materia seca (medida de intervalos) y tasa de crecimiento relativo, son



indicadores efectivos para estimar el vigor de plántulas de maíz. Entre 36 genotipos evaluados hubo variaciones genotípicas considerables para los tratamientos; el índice de emergencia y tasa de crecimiento son los parámetros menos efectivos para estimar el vigor de plántula ya que influye más el medio ambiente sobre ellos que la constitución genética de la planta.

Wanjura y Minton (1981) usando como indicadores de vigor de plántula en algodón a la emergencia máxima, supervivencia de plántulas, diámetro de hipocótilo y clasificación de enfermedades de la raíz; encontraron por medio de análisis de regresión, que la supervivencia de plántulas y diámetro de hipocótilo fueron mínimos a 26° y 24°C, respectivamente y la clasificación de las enfermedades de la raíz tuvieron un valor máximo a 24°C.

Andrew (1982) en un cultivo de maíz Shrunken-2 encontró que la respiración durante los 8 primeros días de germinación y crecimiento estuvo correlacionado con el crecimiento subsecuente de la plántula, y que la germinación estuvo asociada positiva y significativamente con la longitud de raíz en varios regímenes de temperatura.

Mckersie y Tomes (1982) indicaron que los lotes de semilla de trébol pata de pájaro con bajo porcentaje de germinación estuvieron relacionados a un vigor bajo de plántula (medido por conductividad eléctrica, rapidez de germinación y tasa de elongación de la plántula). Las

mediciones de calidad estuvieron correlacionadas con esta  
blecimientos en campo.

### III. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se dividió en dos partes: 1) Trabajo de invernadero, en el que se estudió la relación existente entre Tamaño de Semilla (TS) y Vigor de Plántula (VP); y 2) Trabajo de campo, para estudiar la influencia de la relación Tamaño de Semilla (TS) - Vigor de Plántula (VP) sobre características agronómicas y rendimiento.

#### 3.1 Ubicación de los Experimentos

El trabajo de campo se realizó en el Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX) del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central (CIAMEC) del INIA.

El trabajo de invernadero se llevo a cabo en la sección de Producción de Semillas del Centro de Genética del Colegio de Postgraduados ubicado en el Campo Agrícola Experimental de Montecillo, Estado de México.

Tanto el Campo Agrícola Experimental Valle de México (CAEVAMEX) como el Colegio de Postgraduados en Montecillo, se encuentran dentro del área de influencia de Chapingo, México. Esta localidad se encuentra situada a los 19°29' Latitud Norte y 98°53' Longitud Oeste, con una altitud de 2250 m.s.n.m.

El clima de Chapingo se clasifica como el más seco de

los subhúmedos, con una temperatura media anual de 15°C, con un régimen de lluvia en verano y menos del 5% de lluvia en invierno.

### 3.2 Material Genético

Los materiales genéticos fueron proporcionados por el Programa de Producción de Semillas del CAEVAMEX.

Los materiales que se utilizaron fueron cinco genotipos: Las variedades de polinización libre VS-22 y V-23, y tres líneas básicas de diferente híbrido comercial, la Mich-2I Comp I-27-2 del H-28, la CH-II-148-2-2-1 del H-129, y la Hgo. 10-3 del H-135.

### 3.3 Método de Selección de Semilla

De los genotipos señalados se seleccionaron tres tamaños de semilla: bola, plano grande y chica, con el auxilio de tres cribas, de acuerdo al tamaño y forma de la semilla de una población de semillas cosechadas en el año 1985. En la selección de los tamaños de semilla no se tomó en cuenta la posición del grano en la mazorca.

De cada tamaño de semilla y genotipo se tomaron dos muestras de 240 semillas cada una para las siembras en invernadero y campo, uniformizándose por peso con la ayuda de una báscula de precisión; la selección de muestras se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Selección de muestras por genotipo y tamaño de se milla.

Genealogía	Tamaño de semilla	Peso en gramos	
		1a muestra	2a muestra
VS-22	Chica	67.3	67.2
VS-22	Plano Gde.	96.0	95.6
VS-22	Bola	107.7	107.4
V-23	Chica	54.1	54.0
V-23	Plano Gde.	87.0	87.0
V-23	Bola	91.1	91.6
Mich 21 Comp I-27-2	Chica	42.8	42.6
Mich 21 Comp I-27-2	Plano Gde.	61.1	61.3
Mich 21 Comp I-27-2	Bola	67.0	67.4
CH-II-148-2-2-1	Chica	45.4	45.5
CH-II-148-2-2-1	Plano Gde.	62.1	62.2
CH-II-148-2-2-1	Bola	68.6	69.0
Hgo. 10-3	Chica	47.9	47.9
Hgo. 10-3	Plano Gde.	72.5	72.5
Hgo. 10-3	Bola	75.9	76.1

Tanto en invernadero como en campo los trabajos se condujeron bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial (3 tamaños de semilla y 5 genotipos), con 4 y 3 repeticiones, respectivamente.

### 3.4 Experimento 1. Relación existente entre Tamaño de Semilla (TS) y Vigor de Plántula (VP)

De cada muestra de 240 semillas por cada tamaño y genotipo se obtuvieron a su vez dos grupos de 4 muestras de 25 semillas cada una para la siembra de invernadero y para la prueba de germinación, uniformizándose por peso.

#### 3.4.1 Diseño de tratamientos

Los dos grupos de muestras de semilla se distribuyeron aleatoriamente en cuatro repeticiones, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución aleatoria de tratamientos (genotipo y tamaño de semilla) en bloques.

No. Trat.	Genealogía	Tamaño de semilla	Repeticiones			
			I	II	.III	IV
1	VS-22	Chica	5	17	31	55
2	VS-22	Plano gde.	13	28	41	46
3	VS-22	bola	2	19	38	51
4	V-23	chica	15	22	42	59
5	V-23	plano gde.	14	24	35	50
6	V-23	bola	6	20	40	48
7	Mich 21 Comp I-27-2	chica	10	23	37	57
8	Mich 21 Comp I-27-2	plano gde.	1	25	43	49
9	Mich 21 Comp I-27-2	bola	8	29	33	52
10	CH-II-148-2-2-1	chica	11	16	44	60
11	CH-II-148-2-2-1	plano gde.	9	26	39	53
12	CH-II-148-2-2-1	bola	4	18	34	47
13	Hgo. 10-3	chica	3	30	32	56
14	Hgo. 10-3	plano gde.	7	27	45	58
15	Hgo. 10-3	bola	12	21	36	54

### 3.4.2 Siembra en invernadero

La siembra se hizo en camas, empleando arena como sustrato; las semillas se colocaron con el ápice hacia abajo en hileras.

Las camas se cubrieron con plástico y se regaron diariamente. Las mediciones que se realizaron en este experimento fueron las siguientes:

1. Índice de germinación (IG). Medida en términos de:

$$IG = \frac{\text{No. de semillas germinadas/día}}{\text{días después de la siembra}}$$

2. Peso seco de tallo y radícula. Se extrajeron las plántulas separando las raíces del tallo, y el peso seco se determinó secando estos órganos en una estufa a una temperatura de 75°C durante 72 horas y pesando posteriormente raíces y tallos en una báscula de precisión.

### 3.4.3 Pruebas de germinación

En esta prueba se utilizó el segundo grupo de muestras realizándose de la siguiente manera. Las semillas de cada muestra se distribuyeron en toallas de papel humedecidas, se enrollaron y se colocaron en una charola la cual estuvo en una cámara germinadora en una temperatura de 25°C durante 10 días, al término de los cuales se contabilizó el número de semillas germinadas.

### 3.5 Experimento II. Influencia de la relación Tamaño de Semilla y Vigor de Plántula con Caracteres Agronómicos y con Rendimiento

De la segunda muestra de 240 semillas por tamaño de semilla y genotipo se dividió cada una en tres grupos de 80 semillas para la siembra en campo.

#### 3.5.1 Siembra en campo

Los grupos de semilla seleccionados por genotipo y tamaño de semilla se distribuyeron respetando la misma aleatorización de los tres primeros bloques de la siembra en invernadero. La siembra se realizó en seco y en el fondo del surco, depositando una semilla por mata a una distancia de 30 cm entre cada una; para facilitar esta operación se emplearon hilos marcados a las distancias requeridas.

Cada bloque tuvo las siguientes especificaciones: 15 parcelas para 15 tratamientos, parcelas de 4 surcos, surcos de .80 cm de ancho y 6 m de largo, además de 2 surcos de borde.

#### 3.5.2 Labores de Campo

3.5.2.1 Fertilización. No se manejaron dosis de fertilización, pues que en forma general se usó el tratamiento: 160-80-0, aplicándose la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno en la segunda labor, siendo las fuentes: urea (46%) y superfosfato



de calcio triple (46%).

3.5.2.2 Riego. Se aplicaron dos riegos; el primero después de la siembra con el objeto de favorecer la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas; el segundo y último antes de la floración; ya que posteriormente hubo presencia de lluvias en forma constante.

3.5.2.3 Control de malezas. Las principales malezas que se presentaron fueron las siguientes: Chayotillo (*Sicyos angulata* L.), quelite (*Amarantus hybridus* L.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y coquillo (*Cyperus* spp.).

Las malezas se controlaron mediante dos aplicaciones de la dosis 1 Kg de Gesaprim + 1 Lt de Hierbamina en 300 litros de agua por hectárea; posteriormente se realizó un deshierbe manual antes de la floración.

3.5.2.4 Control de plagas y enfermedades. Los ataques por plagas no fueron severos, siendo la principal plaga el gusa no cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que se combatió con aplicaciones de Sevín 80% a una dosis de 1.5 litros por hectárea.

En cuanto a enfermedades, sólo la Hgo. 10-3 presentó ataque de roya (*Puccinia graminis*), el cual no ameritó su control.

3.5.2.5 Labores culturales. Se realizó en forma mecánica, siendo la primera escarda el 7 de junio y la segunda el 4 de julio.

### 3.5.3 Toma de datos de campo

En el trabajo de campo se estudiaron los siguientes caracteres agronómicos:

1. Altura de planta. Esta medición se realizó tres semanas antes de la cosecha y se consideró desde el punto de inserción de las raíces hasta la base de la espiga.
2. Número de hijos. Considerados sólo aquellos con una altura mínima de 30 cm.
3. Días a floración masculina (Antesis). En el cual se contabilizó el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el momento en que hubo emisión de polen en el 50% o más de las espigas.
4. Días a floración Femenina. Se cuantificaron los días desde la siembra hasta el momento en que hubo presencia de estigmas receptivos.
5. Amplitud del período de floración. Este dato se tomó considerando el número de días desde el 50% de la emisión de polen hasta que las espigas terminaron de emitir lo.
6. Número de hojas por planta. Se contó el número de hojas de la planta madre durante la floración.
7. Componentes de rendimiento. Se tomaron sobre las mazorcas de 20 plantas cosechadas por tratamiento de cada

repetición y fueron las siguientes: longitud y ancho de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de grano y peso de olote.

### 3.6 Análisis Estadístico

Para determinar las relaciones existentes entre tamaño de semilla y vigor de plántula, y la influencia sobre caracteres agronómicos en estado adulto, se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para cada uno de los experimentos y para todas las variables en estudio, determinado su significancia estadística y coeficientes de variación. Para ambos experimentos se hizo la comparación de medias empleando la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

#### IV. RESULTADOS

Para un mayor ordenamiento y facilidad, los resultados se presentan en forma separada para cada experimento:

##### 4.1 Relación existente entre Tamaño de Semilla (TS) y Vigor de Plántula (VP), en base al Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME).

El análisis de varianza para la evaluación de plántula en invernadero (Cuadro 3), nos muestra que el peso seco de raíz presenta diferencia al 5% para bloques y para la interacción genotipo por tamaño de semilla; el mismo peso seco de raíz, peso seco de tallo e índice de germinación muestra diferencias altamente significativas para genotipo y tamaño de semilla; el porcentaje de emergencia no muestra diferencias significativas en ningún caso.

Para todos los parámetros estudiados los valores del coeficiente de variación que presentan son buenos.

El Cuadro 4, comparación de medias por genotipos, nos muestra que para peso seco de raíz, peso seco de tallo e índice de germinación, el genotipo VS-22 presenta los mayores promedios; mientras que los genotipos V-23, Mich 21 Com. I-27-2

Cuadro 3. Cuadrados medios y coeficientes de variación para Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME) de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla evaluados bajo condiciones de invernadero. Montecillo, Méx. 1987.

F.V.	GL.	CUADRADOS MEDIOS			
		PSR	PST	IG	PEME
B	3	0.1761*	0.2204	7.4557	67.1111
G	4	2.4536**	4.3445**	98.2089**	10.400
T	2	0.6993**	0.8818**	24.8045**	8.266
G X T	8	0.1320*	0.1574	7.0130	46.6
C.V. %		28.66	27.97	25.17	5.77

\* Significativo estadísticamente al 0.05 de probabilidad.

\*\* Significativo estadísticamente al 0.01 de probabilidad.

Cuadro 4. Comparación de medias por genotipo para las variables Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME). Montecillo, Méx. 1987.

Genotipo	VARIABLE			
	PSR	PST	IG	PEME
VS-22	1.56a	2.02a	10.84a	94.66a
V-23	0.88 b	1.21 b	6.77 b	95.33a
Mich. 21 Comp.				
I-27-2	0.89 b	0.91 b	7.95 b	95.33a
CH-II 148-2-				
2-1	0.76 b	1.07 b	8.05 b	93.33a
Hgo. 10-3	0.29 c	0.35 c	2.95 c	95.66a

Medias seguidas con la misma letra, son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

y CH-II 148-2-2-1 presentan promedios muy semejantes, por lo que no se aprecian diferencias significativas entre ellos; la línea Hgo. 10-3 presenta promedios muy inferiores para las variables antes señaladas; el porcentaje de emergencia no muestra diferencia entre genotipos.

En la comparación de medias por tamaño de semilla (Cuadro 5), se observan diferencias principalmente para las variables peso seco de raíz, peso seco de tallo e índice de germinación; siendo los tamaños de semilla plano grande y bola los que presentan los mejores promedios; para porcentaje de emergencia no hay diferencia estadística. De todas las variables estudiadas el tamaño de semilla chica es el que presenta los menores promedios; en forma general para los parámetros estudiados que determinan grado de vigor el tamaño de semilla plano grande presenta los mejores promedios.

El porcentaje de germinación (Cuadro 6), para condiciones de invernadero es muy aleatorio, alcanzando los mayores porcentajes los tamaños de semilla plano grande y bola, aunque en las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 el tamaño de semilla chica tuvo porcentajes de germinación muy similares y en el genotipo V-23 fue superior a los tamaños de semilla plano grande y bola.

La germinación en campo fue más uniforme, notándose el mayor porcentaje de germinación del tamaño de semilla plano grande en todos los genotipos, mientras que los porcentajes de germinación en todos los tamaños de semilla chica y bola

Cuadro 5. Comparación de medias por tamaño de semilla para las variables: Peso Seco de Raíz (PSR), Peso Seco de Tallo (PST), Índice de Germinación (IG) y Porcentaje de Emergencia (PEME). Montecillo, Méx. 1987.

Tamaño de semilla	VARIABLE			
	PSR	PST	IG	PEME
Chica	0.68 b	0.88 b	6.13 b	94.40a
Plano grande	1.06a	1.30a	8.34a	94.60a
Bola	0.89a	1.16a	7.47ab	95.60a

Medias seguidas con la misma letra, son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

son muy similares; para las variedades de polinización libre el tamaño de semilla chica presenta mayor porcentaje de germinación que el tamaño bola; mientras que en las líneas se observa una ligera ventaja del tamaño bola sobre el tamaño de semilla chica.

En porcentajes de germinación por genotipos para condiciones de invernadero la variedad de polinización libre VS-22 muestra una mayor y más uniforme germinación que los demás genotipos, para la variedad V-23 y las líneas Mich 21 Comp I-27-2 y CH II 148-2-2-1 la germinación es muy similar tanto entre genotipos como entre tamaños de semilla; el Hgo. 10-3 fue el que menos porcentaje de germinación tuvo.

La germinación por genotipos en campo es muy uniforme y no se puede hablar de diferencias significativas en germinación.

En la Figura 1 se muestra una gráfica comparativa entre porcentaje de germinación, por genotipos y por tamaño de semilla, observándose en todos los casos, un porcentaje de germinación superior del tamaño plano grande.

#### 4.2 Influencia de la relación Tamaño de Semilla-Vigor de Plántula con Caracteres Agronómicos y con Rendimiento.

De la evaluación de características de planta en campo (Cuadro 7), los caracteres de planta, número de hijos, número de hojas, días a floración femenina y amplitud de floración



Cuadro 6. Germinación por genotipo y tamaño de semilla en invernadero y en campo. Chapingo, Méx. 1986.

		Germinación en Invernadero		Germinación en Campo	
		No. de plantas	%	No. de plantas	%
VS-22	Chica	18.0	90.0	16.91	84.55
	Plano Gde.	20.0	100.0	17.33	86.65
	Bola	19.5	97.5	15.25	76.25
V-23	Chica	13.5	67.5	14.33	71.65
	Plano Gde.	12.5	62.5	15.5	77.5
	Bola	10.75	53.75	14.16	70.8
Mich 21 Comp I-27-2	Chica	9.75	48.75	14.66	73.3
	Plano Gde.	17.75	88.75	17.5	87.5
	Bola	15.5	77.5	14.75	73.75
CH II 148- 2-2-1	Chica	11.75	58.75	13.66	68.3
	Plano Gde.	17.25	86.25	17.08	85.4
	Bola	13.75	68.75	15.41	77.05
Hgo. 10-3	Chica	3.0	15.0	15.5	77.5
	Plano Gde.	7.75	38.75	17.58	87.9
	Bola	9.25	46.25	16.0	80.0

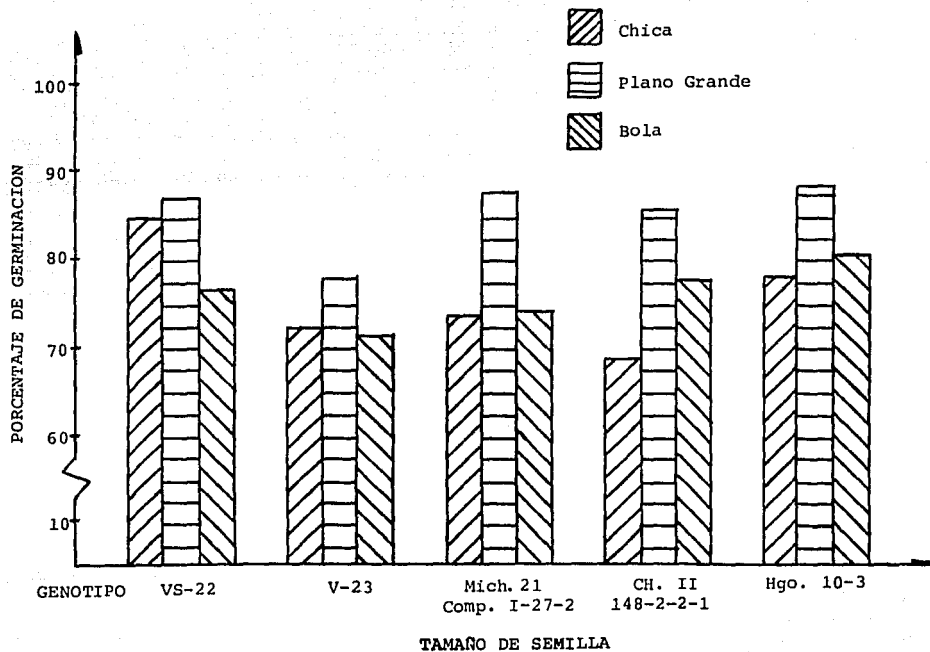


Figura 1. Porcentaje de germinación por genotipo y Tamaño de Semilla. Chapin-  
go, Méx. 1986.

presenta diferencias altamente significativas para bloques; para genotipos todos los caracteres presentan diferencias altamente significativas, mientras que para el tamaño de se milla, los caracteres número de hijos, número de hojas, días a floración masculina y días a floración femenina presenta diferencias altamente significativas, y el carácter altura de planta diferencia al 5% de probabilidad; en la interacción genotipo por tamaño de semilla los caracteres altura de planta, número de hojas y amplitud de floración presentan diferencias altamente significativas.

En el Cuadro 8, donde se muestra la significancia estadística para los componentes de rendimiento; se aprecia que para bloques, la longitud de mazorca y el diámetro de mazorca presentan diferencias altamente significativas, y diferencias al 5% en peso de olate; para genotipo, todos los componentes de rendimiento presentan diferencias altamente significativas; para el tamaño de semilla, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de grano y peso de olate, presentan diferencias altamente significativas, mientras que el número de granos por hilera presenta diferencias estadísticas al nivel de 5%; en la interacción genotipo por tamaño de semilla el diámetro de mazorca y peso de olate presentan diferencias altamente significativas.

En la comparación de medias de caracteres de planta por genotipo (Cuadro 9), las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 y la línea Hgo. 10-3 presentan las mayores

Cuadro 7. Cuadrados medios y coeficientes de variación para las características de planta: Altura de Planta (AP), Número de Hijos (NHI), Número de Hojas (NHO), Días a Floración Masculina (DFM), Días a Floración Femenina (DFF) y Amplitud de Floración (AF) de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla, evaluados bajo condiciones de campo. Chapingo, Méx. 1986.

	G.L.	CUADRADOS MEDIOS					
		AP	NHI	NHO	DFM	DFF	AF
Bloque	2	0.06	3.80**	3.75**	28.21	91.82**	9.16**
Genotipo (G)	4	14.43**	79.55**	15.73**	9134.97**	10559.81**	11.60**
Tamaño (T)	2	0.18*	3.72**	7.57**	130.03**	194.73**	2.17
G x T	8	0.28**	1.01	21.98**	0.0	7.20	11.65**
C.V. %		10.28	112.65	6.48	3.29	3.90	22.25

\* Significativo estadísticamente al 0.05 de probabilidad

\*\* Significativo estadísticamente al 0.01 de probabilidad

Cuadro 8. Cuadrados medios y coeficientes de variación para los componentes de rendimiento to: Longitud de Mazorca (LM), Diámetro de Mazorca (DM), Número de Hileras (NH), Número de granos por hilera (NGH), Peso de Grano (PG) y Peso de Olote (PO), en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla, evaluados bajo condiciones de Campo. Chapingo, Méx. 1986.

VARIABLES	G. L.	CUADRADOS MEDIOS					
		LM	DM	NH	NGH	PG	PO
Bloque	2	21.53**	1.10**	11.26	1.91	2772.44	114.68*
Genotipo (G)	4	599.66**	60.64**	282.32**	1554.68**	477309.98**	5530.91**
Tamaño (T)	2	52.31**	2.41**	1.99	94.22*	17963.39**	341.58**
G x T	8	7.88	0.51**	7.40	21.78	2533.64	123.89**
C.V. %		16.23	9.00	13.35	18.75	29.13	29.95

\* Significativo estadísticamente al 0.05 de probabilidad

\*\* Significativo estadísticamente al 0.01 de probabilidad

alturas, siendo superior la VS-22, seguida de las líneas Mich. 21 Comp I-27-2 y CH II 148-2-2-1; para número de hijos la más ahijadora es la Hgo. 10-3, seguida de las variedades VS-22 y V-23 con menos de un hijo por planta, y las líneas CH II 148-2-2-1 y Mich 21 Comp. I-27-2 que no ahijan; para número hojas todos los genotipos presentan una media general de 14 hojas y aunque se presentan diferencias entre genotipos estas no son muy significativas; en las variables días a floración masculina y días a floración femenina se observa una tendencia semejante, la línea Hgo. 10-3 es la más tardía seguida del CH II 148-2-2-1 y Mich. 21 Comp. I-27-2, siendo más precoces los genotipos VS-22 y V-23; en amplitud de floración la línea Hgo. 10-3, presenta la mayor amplitud, mientras que los genotipos restantes presentan promedios muy semejantes.

La comparación de medias por tamaño de semilla (Cuadro 10) muestra diferencias no muy marcadas; en altura de planta los promedios son muy semejantes aún cuando estadísticamente el tamaño plano grande sea superior; se observa la misma tendencia en número de hijos; para número de hojas también hay poca diferencia estadística; en días a floración masculina y días a floración femenina los tamaños bola y chico son iguales estadísticamente y el tamaño plano grande es menor en casi un día con respecto a los primeros; para amplitud de floración no hay diferencias estadísticas.

Cuadro 9. Comparación de medias por genotipo para las características de planta: AP, NHI, NHO, DFM, DFF, AF, de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapin go, Méx. 1986.

GENOTIPOS	VARIABLES					
	AP	NHI	NHO	DFM	DFF	AF
VS-22	2.62a	0.90 b	14.87a	99.24 d	98.71 d	7.66ab
V-23	2.31 b	0.84 b	14.24 c	97.59 e	96.89 e	7.77ab
Mich. 21 Comp. I-27-2	1.98 c	0.08 c	14.12 c	102.77 c	102.12 c	7.46 b
CH. II 148-2-2-1	1.92 c	0.13 c	14.59 b	109.19 b	108.48 b	7.97a
Hgo. 10-3	2.31 b	1.71a	14.55 b	114.63a	115.54a	8.10a

Medias seguidas con la misma letra, son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

Cuadro 10. Comparación de medias por tamaño de semilla para las características de planta: AP, NHI, NHO, DFM, DFF, AF, de cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.

TAMAÑO DE SEMILLA	VARIABLES					
	AP	NHI	NHO	DFM	DFF	AF
Chica	2.21 b	0.73ab	14.33 b	104.98a	104.91a	7.70a
Plano grande	2.25a	0.84a	14.45 b	103.97 b	103.47 b	7.83a
Bola	2.22ab	0.61 b	14.65a	105.18a	104.75a	7.85a

Medias seguidas con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

En forma general para los caracteres de planta, altura de planta, número de hijos, número de hojas y amplitud de floración no se aprecian diferencias estadísticas significativas pero se nota cierta ventaja de los tamaños plano grande y bola sobre el tamaño chico.

En la comparación de medias para componentes de rendimiento por genotipos (Cuadro 11), de manera general, las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 presentan los mayores promedios exceptuando el número de hileras en el que las líneas Mich. 21 Comp. I-27-2, Hgo. 10-3 y CH. II-148-2-2-1 son las que presentan el mayor número de hileras; las líneas Mich. 21 Comp. I-27-2 y Hgo. 10-3 presentan promedios semejantes exceptuando el número de granos por hilera en la que la diferencia entre estas y el CH. II-148-2-2-1 es mínima, y en peso de olote es superior la línea Mich. 21 Comp. I-27-2; la línea CH. II-148-2-2-1 de forma general para todas las variables estudiadas alcanza los menores promedios. Por otro lado; es importante señalar que en peso de grano (parámetro que determina rendimiento) y peso de olote y en general para todas las variables estudiadas, las variedades de polinización libre muestran una marcada superioridad sobre las líneas.

En la comparación de medias por tamaño de semilla (Cuadro 12), para componentes de rendimiento, el tamaño de semilla plano grande presenta los mayores promedios exceptuando el número de hileras aún cuando para las variables



Cuadro 11. Comparación de medias por genotipo para los componentes de rendimiento: LM, DM, NH, NGH, PG y PO, en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.

GENOTIPO	VARIABLES					
	LM	DM	NH	NGH	PG	PO
VS-22	15.98a	5.39a	18.02 b	30.19a	196.73a	25.15a
V-23	16.09a	5.17 b	16.55 c	28.52 b	178.47 b	23.42 b
Mich. 21 Comp. I-27-2	12.86 b	4.59 d	18.74a	25.07 c	102.86 c	21.53 c
CH II 148-2-2-1	12.18 c	3.90 e	15.77 d	23.90 cd	79.01 d	11.63 e
Hgo. 10-3	13.28 b	4.76 c	18.32ab	23.45 d	105.86 c	16.19 d

Medias seguidas con la misma letra, son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

Cuadro 12. Comparación de medias por tamaño de semilla para los componentes de rendimiento: LM, DM, NH, NGH, PG y PO, en cinco genotipos de maíz y tres tamaños de semilla. Chapingo, Méx. 1986.

TAMAÑO DE SEMILLA	VARIABLES					
	LM	DM	NH	NGH	PG	PO
Chica	13.82 b	4.66 c	17.53a	25.85 b	126.52 b	18.48 b
Plano grande	14.55a	4.84a	17.37a	26.89a	141.38a	20.61a
Bola	13.85 b	4.76 b	17.49a	26.03ab	130.50ab	19.75a

Medias seguidas con la misma letra, son iguales estadísticamente (Tukey;  $\alpha = 0.05$ ).

número de hilera, número de granos por hilera, peso de grano y peso de olote no hay diferencia significativa con respecto al tamaño de semilla bola; para los tamaños de semilla bola y chica estos no tienen fuertes diferencias en longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera, más no para peso de grano y peso de olote en el cual se observa ventaja del tamaño bola sobre el tamaño de semilla chica.

El Cuadro 13 nos muestra el rendimiento promedio por genotipo y tamaño de semilla, observándose un rendimiento significativamente superior para el tamaño de semilla plano grande de las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 y la línea Hgo. 10-3 con respecto a los tamaños de semilla bola y chica en las cuales las diferencias en rendimiento son mínimas; para las líneas Mich. 21 Comp. I-27-2 y CH.II 148-2-2-1 los tamaños de semilla bola y plano grande alcanzan los mayores rendimientos respectivamente, habiendo una diferencia notable entre estos dos tamaños y el rendimiento del tamaño de semilla chica para las líneas Mich. 21 Comp. I-27-2. De forma general el tamaño de semilla plano grande alcanza los mayores rendimientos para las variedades de polinización libre, mientras que para las líneas son los tamaños de semilla bola y plano grande los más rendidores, siendo el tamaño de semilla chica en todos los casos la menos rendidora.

Se observa también una gran diferencia en rendimiento

entre genotipos, siendo las variedades de polinización libre las que tuvieron un rendimiento significativamente mayor que las líneas; el rendimiento entre líneas muestra características especiales ya que las líneas Hgo. 10-3 alcanza los mayores rendimientos seguido de las líneas Mich. 21 Comp. I-27-2 y la CH.II 148-2-2-1 para todos los tamaños de semilla; esta diferencia progresiva en rendimiento puede atribuirse al grado de endogamia de cada línea.

Cuadro 13. Rendimiento promedio por genotipo y tamaño de semilla (Kg/ha).

TAMAÑO DE SEMILLA	GENOTIPO				
	VS-22	V-23	Mich. 21 Comp I-27-2	CH II. 148-2- 2-1	Hgo. 10-3
Plano Gde.	7299.73	6844.55	3675.56	2857.94	4369.58
Bola	6451.84	6376.86	4050.58	2992.7	3505.24
Chica	6340.44	6113.12	2875.4	2708.33	3479.12

## V. DISCUSION

El análisis de varianza muestra alta significancia estadística para genotipos y tamaños de semilla para las variables peso seco de raíz, peso seco de tallo e índice de germinación; diferencias al cinco por ciento en bloques e interacción genotipo por tamaño de semilla para peso seco de raíz.

La comparación de medias por genotipo muestra una mayor producción de materia seca de raíz y tallo, y mayor índice de germinación del genotipo VS-22; para los genotipos V-23, Mich 21 Comp I-27-2 y CH.II-148-2-2-1 no hay diferencia estadística entre ellos para las mismas variables; el Hgo 10-3 muestra promedios muy bajos para las mismas variables. Esto nos permite deducir que las diferencias que existen entre genotipos son atribuibles a la variabilidad genética que hay entre ellos siendo el VS-22 el que expresa un mayor vigor medido en términos de peso seco y mayor índice de germinación, ya que es un híbrido múltiple, mientras que el V-23 que es una variedad obtenida mediante selección masal, expresa un menor vigor, similar a las líneas Mich 21 Comp I-27-2 y CH II-148-2-2-1 cuyo grado de endogamia es de dos y cuatro autofecundaciones respectivamente; sin embargo, el Hgo. 10-3, con solo una autofecundación, refleja un menor índice de germinación y bajo peso seco de raíz y tallo, que es indicativo

de un menor vigor de plántula.

En comparaciones visuales de tamaño de semilla por cada genotipo, se observó que el VS-22 es de un tamaño de semilla mayor a los otros genotipos, mientras que el V-23, Mich 21 Comp I-27-2 e Hgo. 10-3 son similares y de menor tamaño de semilla el CH,II-148-2-2-1; lo cual debió influir de manera significativa en la expresión de vigor ya que a mayor tamaño de semilla hay mayor cantidad de reservas alimenticias y mayor tamaño de embrión que dan origen a plántulas vigorosas, en tanto que las semillas chicas pueden presentar una rapidez de emergencia superior por contener mayor proteína, explicando así el alto peso seco de tallo y raíz, y el alto índice de germinación alcanzado por la línea CH,II-148-2-2-1.

En la determinación de vigor en base a tamaños de semilla, podemos afirmar que el plano grande es el que expresa el mayor vigor y se refleja en un mayor peso seco de raíz y tallo y un mayor índice de germinación para todos los genotipos evaluados, coincidiendo este resultado con el reportado por Virgen (1983) y Marroquin (1986) en trabajos similares. La semilla bola presenta altos valores de peso seco e índice de germinación, similares al plano grande y superiores al del tamaño chico de semilla; debido a que el peso de las semillas utilizadas para el experimento del tamaño de semilla plano grande y bola fueron muy similares.

Así pues las semillas de mayor peso y tamaño (en especial semillas de tamaño plano grande) dan origen a plántulas

más vigorosas con un mayor peso seco de raíz y tallo y una germinación más rápida y uniforme (Cuadro 6).

En base a lo anteriormente expuesto se comprueba la hipótesis de que las semillas de tamaño grande expresan un mayor vigor de plántula medido en base a peso seco, y que la constitución genética de los materiales utilizados afecta de manera directa la expresión de vigor, no apreciándose efectos endogámicos pero sí un mayor vigor donde hay cierto grado de heterosis como ocurre en la variedad sintética VS-22.

En el experimento II, donde se estudió la influencia de la relación tamaño de semilla y vigor de plántula sobre caracteres agronómicos en estado adulto y rendimiento, el análisis de varianza para caracteres de planta (Cuadro 7) muestra diferencias altamente significativas para bloques en las variables número de hijos, número de hojas, días a floración femenina y amplitud de floración; así como para los componentes de rendimiento longitud y diámetro de mazorca, y para peso de clote al 5% de probabilidad (Cuadro 8); diferencias que pueden atribuirse a que hubo problemas de riego después de la siembra, por lo que la germinación no fue uniforme, especialmente para las primeras parcelas de los dos primeros bloques donde había mayor humedad residual, contribuyendo a que hubiera una germinación más rápida y un mayor crecimiento de plantas.

También hay diferencias altamente significativas entre genotipos y entre tamaños de semilla, tanto en caracteres de planta como entre componentes de rendimiento; para la

interacción genotipo por tamaño de semilla se observaron diferencias altamente significativas para los caracteres altura de planta, número de hojas, amplitud de floración, y para los componentes de rendimiento diámetro de mazorca y peso de olote.

Las diferencias entre genotipos en base a comparación de medias (Cuadro 9) son muy especiales por lo que las variables estudiadas se discutirán por separado.

Para altura de planta la variedad sintética VS-22 presenta comparativamente la mayor altura, la V-23 presenta un porte más bajo, similar a la Hgo. 10-3 y una altura menor las líneas Mich 21 Comp I-27-2 y CH.II 148-2-2-1.

En número de hijos la línea Hgo. 10-3 presenta casi dos hijos por planta, seguida de VS-22 y V-23 con un hijo por planta; mientras que las líneas Mich 21 Comp I-27-2 y CH.II-148-2-2-1 no ahijan; no obstante hay que señalar que hay una diferencia adicional entre las variedades VS-22 y V-23 con respecto a la Hgo. 10-3, y es que los hijos de las variedades fueron más vigorosos, con altura, porte y rendimiento de grano superiores.

Para número de hojas no hay diferencias significativas, ya que todos los genotipos promediaron 14 hojas, y de observaciones visuales se apreció que a excepción del CH.II-148-2-2-1 todos los genotipos presentaron hojas bien desarrolladas.

En días a floración femenina y masculina la línea Hgo. 10-3 fue la más tardía seguida de CH.II-148-2-2-1, Mich 21 Comp I-27-2, VS-22 y V-23, diferencias que corresponden a la floración normal de cada uno de ellos.

Con respecto al comportamiento de las variables en base a tamaño de semilla (Cuadro 10), tenemos que para altura de planta no hay diferencias notables, aunque se nota cierta ventaja del tamaño plano grande; para número de hijos, aún cuando tampoco hay grandes diferencias entre tamaños de semilla, se observó que los hijuelos provenientes de semillas de tamaño grande se presentaron más vigorosos y con mayor rendimiento de grano. Para número de hojas se observa la misma tendencia que en el anterior. caracter, pues las hojas de plantas provenientes de semillas de tamaño grande se apreciaron más vigorosas y más desarrolladas.

La floración de plantas, a partir del tamaño de semilla plano grande se presentó más precoz por un día con respecto a los otros tamaños de semilla, lo que puede ser consecuencia de que hubo un desarrollo más rápido.

Se observa también que el tamaño de semilla, en especial el plano grande, sólo afecta el grado de expresión de los mismos caracteres de planta afectados por el genotipo pero no los modifica.

Para genotipos todos los componentes de rendimiento muestran alta significancia estadística, mientras que para



tamaño de semilla sólo longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de grano y peso de olote presentaron alta significancia estadística, y el número de granos por hilera significancia al 5%.

En longitud y diámetro de mazorca las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 expresan de nuevo su alta variabilidad genética y promedios superiores a las líneas. Para número de hileras la línea Mich 21 Comp I-27-2, Hgo. 10-3 y la variedad VS-22 presenta un mayor número, arriba de 18 hileras, dos más que la V-23 y la línea CH.II-148-2-2-1. En número de granos por hilera las variedades VS-22 y V-23 son muy superiores para las líneas no hay diferencia significativa, lo que influye también en un mayor rendimiento para las variedades de polinización libre. El componente peso de grano es el más importante ya que expresa el rendimiento por cada genotipo, observándose que la variedad VS-22 alcanza el máximo rendimiento, seguida de la variedad V-23; entre las líneas Mich 21 Comp I-27-2 y Hgo. 10-3 no hay diferencia significativa, mientras que la línea CH II 148-2-2-1 fue la de menor rendimiento. El comportamiento para peso de olote es similar al peso de grano, siendo también las variedades de polinización libre las que presentan mayor peso.

Generalizando en base a lo anteriormente expuesto se puede decir que el genotipo afecta directamente los componentes de rendimiento y que la condición de híbrido múltiple y de una alta variabilidad genética de la variedad VS-22 se

manifiesta en un alto vigor, afectando positivamente los componentes de rendimiento y como resultado final mayores rendimientos; la variedad V-23 también presenta ventajas por tener también alta variabilidad genética; la línea Mich 21 Comp I-27-2, cuyo grado de endogamia no es avanzado (dos autofecundaciones), expresa un buen vigor, reflejado en su rendimiento muy similar al del Hgo. 10-3; para el Hgo. 10-3 que es una línea tardía con poco grado de endogamia, razón por la que su rendimiento se esperaba fuera superior, sin embargo su ciclo se vio afectado por un retraso en la fecha de siembra, y a que presentó problemas por ataque de roya; la línea CH.II-148-2-2-1, con un avanzado grado de endogamia (cuatro autofecundaciones) presentó un bajo vigor y un pobre comportamiento en campo, y los menores promedios para caracteres de planta y componentes de rendimiento.

En componentes de rendimiento para tamaño de semilla se hace evidente la superioridad del tamaño de semilla plano grande para todos los componentes de rendimiento exceptuando el número de hileras, seguido del tamaño bola en el cual la diferencia estadística es mínima; el tamaño de semilla chica presenta los menores promedios.

Podemos afirmar que el tamaño de semilla afecta a los componentes de rendimiento, especialmente longitud y diámetro de mazorca, número de granos por hilera, peso de grano y peso de olote, componentes que determinan el rendimiento; este mayor rendimiento lo podemos asociar al mejor

comportamiento en campo de las plantas provenientes de semillas de tamaño grande, con una mayor y más uniforme germinación y mayor establecimiento de plantas (Cuadro 6) y a un desarrollo rápido y vigoroso.

Con lo anteriormente expuesto, se comprueba la segunda hipótesis, en el sentido de que "plantas provenientes de semillas de tamaño grande tienen un mejor comportamiento en campo, lo cual se refleja en un mayor rendimiento" (Cuadro 13).

Los resultados del presente trabajo permiten avalar la práctica tradicional del agricultor, consistente en la selección de mazorcas y semillas de tamaño grande, la cual es benéfica, ya que las plantas resultantes crecen más vigorosas, se comportan mejor en campo e influyen positivamente en el rendimiento.

En trabajos de mejoramiento genético de maíz, la utilización de tamaño grande de semilla se puede considerar como criterio de selección en líneas; para programas de producción de semillas mejoradas de calidad se debe considerar como objetivo primordial la obtención de semillas de tamaño grande que son altamente deseables.

## VI. CONCLUSIONES

Considerando las observaciones y resultados obtenidos en el presente estudio, se llega a las siguientes conclusiones.

1. Existe una estrecha relación entre tamaño de semilla y vigor, ya que a mayor tamaño de semilla se expresa un mayor vigor de plántula, en base a un mayor peso seco, que es un parámetro aceptado para medir el vigor.
2. Los tamaños de semilla grande (plano grande y bola) originan plántulas más vigorosas, las cuales tienen un mejor comportamiento en campo y rinden significativamente más en comparación con el tamaño de semilla chica.
3. El genotipo y el tamaño de semilla afectan la expresión de los caracteres; altura de planta, porte de la planta y de los hijos, y rendimiento; pero no al número de hojas, días a floración masculina, días a floración femenina y amplitud de floración.
4. El vigor, como criterio de calidad en semillas, es muy importante, pues considera factores genéticos, fisiológicos y estructurales que afectan al comportamiento de la semilla en campo.

5. El tamaño de semilla grande, se puede utilizar como criterio de selección de planta vigorosas y más rendi  
doras.
6. Las variedades de polinización libre VS-22 y V-23 mues  
tran un mejor comportamiento en campo y mayor rendimien  
to, en comparación con las líneas Mich 21 Comp I-27-2  
y CH II-148-2-2-1.
7. La utilización de semillas de tamaño grande selecciona  
das por los agricultores, les garantiza plántulas más  
vigorosas, con un mejor comportamiento en campo, que  
pueden aumentar el rendimiento.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Abdullahi, A., and R.L. Vanderlip. 1972. Relationship of vigor test and seed source and size to sorghum seedling establishment. *Agron. J.* 64: 143-144.
- Ahmed, S.V., and M.I. Zuberi. 1973. Effects of seed size on yield and some of its components in rape seed: *Brassica campestris* L. Var. Toria. *Crop Sci.* 13: 119-120.
- Ahmet, D., M. L. Kaufman and L.P.V. Johnson. 1963. The influence of seed size and seeding rate on yield and yield components of barley. *Can J. Plant Sci.* 43: 330-337.
- Allan, R.E., O.A. Vogel, T.S. Russell, and C.J. Peterson. 1965. Relation of seed and seedling characteristics to stand establishment of semidwarf wheat selections. *Crop Sci.* 5: 5-8.
- Andrew, R.H. 1982. Factors influencing early seedling vigor of shrunken-2 maize. *Crop. Sci.* 22: 263-266.
- Assuncao, M.V., and H.C. Potts. 1972. Field performance of high and low vigor soybean seed from the same lots. *Agron. Abstracts.* p. 56.
- Austensson, H.M., and P.D. Walton. 1970. Relationship between initial seed weight and mature plant characters in spring wheat. *Can J. Plant Sci.* 50: 53-58.
- Azam Gul, and R.E. Allan. 1976. Interrelationships of seedling vigor criteria of wheat under different field situations and soil water potentials. *Crop Sci.* 16: 615-618.
- Bishnoi, V.R., and J.C. Delouche. 1980. Relationships of vigor tests and seed lots to cotton seedling establishment. *Seed Sci. and Technol.* 8: 341-346.
- Burris, J.S., O.T. Edje, and A.H. Wahab. 1969. Evaluation of various indices of seed and seedling vigor in soybeans (*Glycine max* (L) Merr.). *Proc. Assoc. off Seed Annal.* 59: 73-81.
- \_\_\_\_\_. 1973. Effects of seed size on seedling performance in soybeans: II seedling growth and photosynthesis and field performance. *Crop Sci.* 13: 207-210.

- \_\_\_\_\_. 1978. The relationship between soybean vigor tests and field emergence. *Agron. Abstracts*. p. 108.
- Carvalho, N.M., and F.F. Toledo. 1978. Relationship between available space for plant development and seed vigor in peanut (*Arachis hypogaea*) plant performance. *Seed Sci. and Technol.* 6: 907-910.
- Cheng Chang Li, and J.N. Rutger. 1980. Inheritance of cool temperature seedling vigor and its relationships with other agronomic characters. *Crop Sci.* 20: 295-298.
- Chhina, B.S., and P.S. Phul. 1982. Association of seed size and seedling vigour with various morphological traits in pearl millet. *Seed Sci. and Technol.* 10: 541-545.
- Cooper, C.S. 1974. Significance of first leaf type to growth of the sainfoin seedling. *Crop Sci.* 14: 824-827.
- Copeland, L.O. 1976. Principles of seed science and technology Burgess Pu. Co. p. 370.
- Dasgupta, P.R., and H.M. Austensson. 1973. Relations between estimates of seed vigour and field performance in wheat. *Can. J. Plant. Sci.* 53: 43-46.
- Delouche, C.J., and P.N. Cadwell. 1962. Seed vigor and vigor tests. *Procc. Ass. Off Seed Annal.* 50: 124-129.
- Dhillon, G.S., and D.S. Kler. 1976. Crop production in relation to seed size. *Seed Research.* 4: 143-155.
- Edje, O.T., and J.S. Burris. 1971. Effects of soybean seed vigor on field performance. *Agron. J.* 63: 536-538.
- Evan's, L.E., and G.M. Bhatt. 1977. Influence of seed size, protein content and cultivars on early seedling vigor in wheat. *Can J. Plant Sci.* 57: 929-935.
- Fakorede, M.A.B., and D.K. Ojo. 1981. Variability of seedling vigor on corn. *Expl. Agric.* 17: 195-201.
- Fontes, L.A.N., and A.J. Onlrogge. 1972. Influence of seed size and population on yield and other characteristics of soybean (*Glycine 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.
- Fritz, T. 1965. Germination and vigour test of cereal seed. *Procc. Int. Seed Test Ass.* 30: 923-927.

- Glenn, F.B., T.B. Daynard, and J.T. Watson. 1974. Relationship between spring vigor and grain yield in corn. *Can. J. Plant Sci.* 54: 65-69.
- Harty, R.L. 1983. Testing of tropical species for germination. *Seed Sci. and Technol.* 11: 41-56.
- Haskins, F.A., and H.J. Gorz. 1975. Influence of seed size, planting depth, and companion crop on emergence and vigor of seedling in sweet clover. *Agron. J.* 67: 652-654.
- Helmer, J.C., J.C. Delouche, and M. Lienhard. 1962. Some indice of vigor and deterioration in seed of crimson clover. *Procc. Ass. Off. Seed Annal.* 52: 154-158.
- Hicks, D.R., R.H. Peterson, W.E. Lueschen, and J.H. Ford. 1976. Seed grade effect on corn performance. *Agron. J.* 68: 819-820.
- Hunter, B.R., and L.W. Kannenberg. 1972. Effects of seed size on emergence, grain yield, and plant height in corn. *Can. J. Plant Sci.* 52: 252-256.
- Hyoung, W.S., A.J. Casady, and R.L. Vanderlip. 1974. Influence of sorghum seed weight on the performance of the resulting crop. *Crop Sci.* 14: 835-836.
- Isely, D. 1957. Vigor test. *Procc. Ass. Off Seed Annal.* 47: 176-182.
- \_\_\_\_\_. 1958. Testing for vigor. *Procc. Ass. Off Seed Annal.* 48: 136-138.
- Johnson, D.R., and L.M. Wax. 1981. Stand establishment and yield of corn as affected by herbicides and seed vigor. *Agron. J.* 73: 859-863.
- Kondra, Z.P. 1977. Effects of planted seed size and seedling rate on rape seed. *Can. J. Plant Sci.* 57: 277-280.
- Kulik, M.M., and R.W. Yaklich. 1982. Evaluation of vigor test in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench, and speed of germination test to field performance. *Crop Sci.* 20: 261-262.
- Maranville, J.M., and M.D. Clegg. 1977. Influence of seed size and density on germination, seedling emergence, and yield of grain sorghum. *Agron. J.* 69: 329-330.
- Marroquin, B.A. 1986. Influencia del contenido de reservas y del tamaño de embrión de la semilla en el vigor de plántulas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.



- McDaniel, R.G. 1969. Relationship of seed weight, seedling vigour and mitochondrial metabolism in barley. *Crop Sci.* 9: 823-827.
- McKersie, B.D., and D.T. Tomes. 1982. A comparison of seed quality and seedling vigor in birdsfoot trefoil. *Crop. Sci.* 22: 1239-1241.
- Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. pp. 222-223.
- Muchena, S.C., and C.O. Grogan. 1977. Effects of seed size on germination of corn (*Zea mays* L.) under estimated water stress conditions. *Can. J. Plant Sci.* 57: 921-923.
- Mugnisjah, W.Q., and S. Nakamura. 1986. Vigour of soybean seed as influenced by sowing and harvest dates and seed size. *Seed Sci. and Technol.* 14: 87-94.
- Perry, D.A. 1977. A vigour test for seed of barley (*Hordeum vulgare* L.) based on measurement of plumule growth. *Seed Sci. and Technol.* 5: 709-719.
- \_\_\_\_\_. 1978. The concept of seed vigour and its relevance to seed production techniques. In: *Seed Production*. P.D. Hebblethwaite Butterworths. London, Boston. p. 585-591.
- \_\_\_\_\_. 1981a. Handbook of vigour test method. ISTA. Zurich Switzerland. p. 72.
- \_\_\_\_\_. 1981b. Report of the vigour test committee 1977-1980. *Seed Sci. and Technol.* 9: 115-126.
- Rajanna, B. 1976. Influences of seed size in soybean on growth attribute and seedling vigour indices. *Agron. Abstracts.* p. 95.
- \_\_\_\_\_, and A.A. Cruz de la. 1975. Growth analysis an aid in determining seedling vigour of field crops. *Agron. Abstracts.* p. 95.
- Ries, S.K. and E.H. Everson. 1973. Protein content and seed size relationships with seedling vigour of wheat cultivars. *Agron. J.* 65: 884-886.
- Salih, F.A., and S.H. Salih. 1980. Influence of seed size on yield, and yield components of broad bean (*Vicia faba*). *Seed Sci. and Technol.* 8: 175-181.
- SARH. 1983. Programa INIA-PRONASE para la producción de Semilla Certificada de maíz para la Mesa Central de México (1800-2500 msnm) 1983-1984. INIA-PRONASE (mimeografiado).

- Scott, D.J. 1978. Seed vigour. *Seed Sci. and Technol.* 6: 905-906.
- Shieh, W.J., and M.B. McDonald. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Sci. and Technol.* 10: 307-314.
- Singh, A.R., and V.G., Makne. 1985. Correlation studies on seed viability and seedling vigour in relation to seed size in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Seed Sci. and Technol.* 13: 139-142.
- Smith, O.E., N.C., Welch, and O.D. Mckoy. 1973b. Studies on lettuce seed quality: II Relationship of seed vigor to emergence, seedling weight, and yield. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 98: 552-556.
- Smith, T.J., and H.M. Camper. 1975. Effects of seed size on soybean performance. *Agron. J.* 67: 681-684.
- Townsend, C.E. and A.M. Wilson. 1981. Seedling growth of Cicer milkvetch as affected by seed weight and temperature regime. *Crop Sci.* 21: 405-409.
- Villaseñor, M.H. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor de plántulas de maíz. Tesis Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Virgen, V.J. 1983. Evaluación de vigor en maíz (*Zea mays* L.) en base a características de semillas y plántula. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuauhtitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.
- Wanjura, D.F. and E.B. Minton, 1981. Delayed emergence and temperatures influences on cotton seedling vigor. *Agron. J.* 73: 594-597.
- Webster, L.V., S.T. Dexter. 1961. Effects of physiological quality of seeds on total germination, rapidity of germination, and seedling vigour. *Agron. J.* 53: 297-299.
- Wood, D.W., P.C. Longden, and R.K. Scoot. 1977. Seed size variation, its extent. source and significance in field crops. *Seed Sci. and Technol.* 5: 337-352.
- Woodstock, L.W., and J. Fealzy. 1965. Early seedling growth and initial respiration rates as potentials indicators of seed vigor in corn. *Procc. Ass. Off. Seed Annal.* 55: 131-139.
- Yaklich, R.W., M.M. Kulik, and C.S. Garrison. 1979a. Evaluation of vigour test in soybean seeds: Influences of date of planting and soil type on emergence, stand and yield. *Crop. Sci.* 19: 242-246.