



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
INGENIERIA AGRICOLA

PRODUCCION Y CALIDAD DE SEMILLA DE SORGO  
(SORGHUM BICOLOR L. MOENCH) EN LA VARIEDAD  
VALLES ALTOS 110.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
P R E S E N T A:  
**OMAR HUGO VAZQUEZ CAMACHO**



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.



2.5.1.4. Integridad mecánica .....	20
2.5.1.5. Deterioración .....	20
2.5.1.6. Patógenos .....	21
2.6. Pruebas de vigor .....	21
2.7. Tamaño de semilla .....	22
III. MATERIALES Y METODOS .....	24
3.1. Material genético .....	24
3.2. Metodología Etapa A .....	27
3.2.1. Muestreo .....	27
3.2.2. Rendimiento de planta madre, hijos y ramas .....	27
3.2.3. Rendimiento de semilla de acuerdo a su tamaño .....	27
3.2.4. Peso de 200 semillas .....	28
3.3. Metodología Etapa B ..	28
3.3.1. Formación de tratamientos .....	28
3.3.2. Siembra de experimentos .....	29
3.3.3. Manejo de experimentos .....	29
3.3.4. Extracción de plántula y toma de datos .....	30
3.3.5. Variables medidas .....	30
3.4. Análisis estadístico .....	31
IV. RESULTADOS .....	33
4.1. Rendimiento de semilla .....	33
4.2. Peso de 200 semillas .....	35
4.3. Pruebas de vigor .....	35
4.3.1. Análisis de varianzas.....	35
4.3.2. Comparación de medias .....	39
4.3.3. Correlaciones .....	42
V. DISCUSION .....	45
5.1. Producción de semilla .....	45

5.2. Origen de semilla y relación con vigor .....	47
5.3. Tamaño de semilla y relación con vigor .....	48
VI. CONCLUSIONES .....	53
VII. BIBLIOGRAFIA .....	55
VIII. APENDICE .....	59

CUADRO 1. Rendimiento de semilla en la variedad de sorgo Valles Al- tos 110, planta madre, hijos, ramas y total .....	33
CUADRO 2. Rendimiento de semilla de la variedad de sorgo V.A. 110, de acuerdo a su tamaño en planta madre e hijos .....	34
CUADRO 3. Rendimiento de semilla de acuerdo a su tamaño en la va- riedad de sorgo V.A. 110 .....	34
CUADRO 4. Peso de 200 semillas para cada tamaño, de la variedad de sorgo V.A. 110, en planta madre e hijos .....	35
CUADRO 5. Resumen de los análisis de varianza para peso seco total de plántula, peso seco de plántula, % de germinación, in- dice de vigor y coeficiente de germinación en el experi- mento cubierto .....	37
CUADRO 6. Resumen de los análisis de varianza para peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, - índice de vigor y coeficiente de germinación en el expe- rimento descubierto .....	38
CUADRO 7. Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de - plántula, % de germinación, índice de vigor y coeficien- te de germinación en planta madre e hijos experimento cu- bierto .....	39

CUADRO 8. Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, índice de vigor y coeficiente de germinación en planta madre e hijos experimento descubierto .....	40
CUADRO 9. Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de - - plántula, % de germinación, índice de vigor y coeficiente de germinación en tres tamaños de semilla de sorgo, - experimento cubierto .....	41
CUADRO 10. Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, índice de vigor y coeficiente de germinación en tres tamaños de semilla de sorgo, experimento descubierto .....	42
CUADRO 11. Características indicadoras de vigor, coeficientes de correlación y su significancia, experimento cubierto .....	43
CUADRO 12. Características indicadoras de vigor, coeficientes de correlación y su significancia, experimento descubierto .....	44
CUADRO 13. Análisis de varianza. Peso seco total de plántulas, experimento cubierto .....	60
CUADRO 14. Análisis de varianza. Peso seco total de plántulas, experimento descubierto .....	60

CUADRO 15. Análisis de varianza. Peso seco de plántula, experimento cubierto .....	61
CUADRO 16. Análisis de varianza. Peso seco de plántula, experimento descubierto .....	61
CUADRO 17. Análisis de varianza. Porcentaje de germinación experimento cubierto .....	62
CUADRO 18. Análisis de varianza. Porcentaje de germinación, experimento descubierto .....	62
CUADRO 19. Análisis de varianza. Índice de vigor, experimento cubierto .....	63
CUADRO 20. Análisis de varianza. Índice de vigor, experimento descubierto .....	63
CUADRO 21. Análisis de varianza. Coeficiente de germinación experimento cubierto .....	64
CUADRO 22. Análisis de varianza. Coeficiente de germinación experimento descubierto .....	64

## RESUMEN

La presente investigación se efectuó con la finalidad de obtener información referente a la producción de semilla y para juzgar la calidad biológica (porcentaje de germinación, velocidad de germinación y vigor) de la misma en la variedad de sorgo Valles Altos 110 (V.A. 110).

El trabajo de investigación se dividió en dos etapas; Etapa A, que se llevó a cabo en el rancho Santa Mónica, del Campo Agrícola Experimental "Valle de México"; en donde se realizaron 20 muestreos en una superficie de dos hectáreas, sembradas con el propósito de aumentar la semilla original de la variedad V.A. 110. En las muestras obtenidas se determinó el rendimiento de semilla de acuerdo a su origen (planta madre, hijos, ramas y total) y de acuerdo al tamaño (grande, mediano y pequeño). Con las 20 muestras se calculó la media ( $\bar{X}$ ), la varianza ( $S^2$ ) y la desviación estandar (S). La etapa B, se realizó en el Colegio de Postgraduados de Chapingo en el Laboratorio de la Sección de Producción de Semillas en Montecillos, Méx., donde se efectuaron pruebas para determinar diferencias en vigor entre las semillas de la planta madre respecto a la de los hijos. lo mismo que entre los tres tamaños de semilla; para este propósito se sembraron dos experimentos, uno a la intemperie y otro bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental utilizado en ambos experimentos fué bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas; donde la parcela grande fué el origen de semilla y la parcela chica el tamaño de semilla; se consideraron veinte repeticiones.

Se determinó el porcentaje de germinación, así como el vigor expresado en términos de la tasa de crecimiento (medida con el peso seco total de plántulas y el peso seco individual de plántula); el índice de vi

gor y el coeficiente de germinación, además se calcularon correlaciones para determinar la relación existente entre las variables indicadoras de vigor en los dos experimentos.

En base a los resultados obtenidos en las dos etapas y a la discusión de los mismos, se llegó a las conclusiones siguientes :

En la variedad de sorgo Valles Altos 110, la planta madre es la principal fuente de semilla y la producción se complementa con semilla proveniente de los hijos y las ramas.

Los tres tamaños de semilla mostraron diferencias en su calidad biológica; las semillas de tamaño grande tienen una mayor velocidad de germinación, los más altos porcentajes de germinación y producen las plántulas más vigorosas.

El tamaño mediano representa la mayor proporción en la producción de semilla con 47.8 %, siguiendo en importancia la semilla pequeña con 33.8 %, en tanto que la semilla grande sólo contribuye con 14.4 %.

No existen diferencias de calidad biológica entre semillas provenientes de la planta madre y de los hijos de acuerdo a peso seco de plántulas, porcentaje de germinación y velocidad de germinación.

El peso de 200 semillas y el tamaño de las mismas se encuentran estrechamente relacionados.

## I. INTRODUCCION

El sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench), es un cultivo que llegó al hemisferio occidental en el siglo XVIII y fué en 1944 cuando se inició el estudio sobre su adaptación y aprovechamiento en México y en donde en la actualidad es uno de los cultivos más importantes, como lo señala el hecho de que en 1981 ocupara el segundo lugar nacional de acuerdo a su producción con 6.3 millones de toneladas después del maíz y tercero en cuanto a superficie con 1.8 millones de hectáreas después del maíz y frijol. El sorgo es un cultivo que se utiliza principalmente en la elaboración de alimentos balanceados y como alimento directo para el ganado y las aves.

No obstante lo anterior, el país aún no es autosuficiente en su producción por lo que es necesario para cubrir la creciente demanda de este cereal, que se importen anualmente, grandes volúmenes del grano con la consiguiente fuga de divisas y el incremento del costo de producción de los productos pecuarios elaborados con sorgo.

Livera y Carballo (1977), señalan que cuando el cultivo del sorgo es sembrado en altitudes mayores a los 1 800 m.s.n.m., las bajas temperaturas prolongan el ciclo vegetativo y no permiten la formación del grano.

La mayor producción de sorgo para grano se obtiene actualmente en regiones agrícolas con altitudes no mayores a los 1 800 metros sobre el nivel del mar (Romo y Vartan, 1983).

Como una alternativa para solucionar la problemática señalada, se han desarrollado a partir de 1960 investigaciones tendientes a adaptar el sorgo a los Valles Altos, pero no fué sino hasta 1973 cuando se ini-

cio formalmente un programa de mejoramiento y finalmente en 1983, se entregó a la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) la primera variedad de sorgo de polinización libre para los Valles Altos de México (Valles - Altos 110).

El sorgo para grano desde su introducción a los Valles Altos de México se ha contemplado como un cultivo con posibilidades de éxito en aquellas áreas temporaleras en las que tradicionalmente se siembra maíz y donde además se obtienen los más bajos rendimientos por unidad de superficie. Por otra parte, Romo y Vartan (1983) mencionan que de la superficie sembrada con maíz en condiciones de sequía en la actualidad en México se podrían sembrar un millón de hectáreas con sorgo para grano; en tanto que en el área de influencia del Campo Agrícola Experimental "Valle de México" (CAEVAMEX), se estima una superficie potencial de 100 mil hectáreas, en donde la variedad de sorgo Valles Altos 110, es en la actualidad la única con posibilidades de sembrarse, ya que se recomienda para regiones con altitudes de 1 800 a 2 300 metros sobre el nivel del mar.

Por otra parte la variedad de sorgo Valles Altos 110 se caracteriza por desarrollar además de la planta madre, hijos y ramas por efecto de las bajas temperaturas. Tomando en cuenta que a la fecha no se han realizado trabajos de investigación que indiquen los problemas que esto puede acarrear en la producción comercial de semilla y que permitan obtener información para juzgar la calidad de la misma, se creyó conveniente realizar la presente investigación.

### 1.1. OBJETIVOS

1. Determinar si existen diferencias en la calidad biológica de la-

semilla en la variedad de sorgo V.A. 110, cuando ésta proviene de la planta madre y de los hijos.

2. Determinar si existen diferencias en la calidad biológica de la semilla de tamaño grande, mediano y pequeño.

3. Obtener información en general referente a la producción de semilla de la variedad V.A. 110.

### 1.2. HIPOTESIS

1. La semilla proveniente de la planta madre es de mejor calidad - puesto que inicia su desarrollo más pronto que la semilla proveniente de los hijos.

2. Las semillas de mayor tamaño son de mejor calidad debido a que poseen más reservas lo que les permite dar origen a plántulas más vigorosas las cuales pueden tener un adecuado desarrollo inicial.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCION DE SEMILLAS

La producción y distribución de semillas de las variedades mejoradas a nivel comercial es extraordinariamente importante y esta relacionada con la genotecnia vegetal ya que a través de ella se puede conservar y multiplicar la semilla original con todas las cualidades que la hacen superior a la semilla de las variedades existentes (Brauer, 1978); este mismo autor señala que el trabajo del fitogenetista e inclusive su posible éxito al haber logrado una variedad de alta productividad y alta calidad, estaría completamente perdido si no se dispone de un sistema que lleve las nuevas variedades a los agricultores, mencionando finalmente que los individuos y las instituciones que después de obtener una variedad mejorada genéticamente la guardan para sí mismos o no encuentran la manera de hacerla llegar a los agricultores fracasan definitivamente en su misión.

Poehlman (1979), menciona que para poder lograr los beneficios potenciales de una variedad mejorada, esta tiene que distribuirse ampliamente, debiendo producirse suficiente cantidad de semilla para que dicha variedad se pueda utilizar en los lugares donde tenga buena adaptación.

Baird (1982), señala que la producción de semilla de hoy en día constituye una industria especializada y esencial, que es análoga a la producción de fertilizantes, pesticidas y a la manufactura de implementos agrícolas, entre otras industrias del sector agrícola, finalmente menciona que la industria semillera ésta constituida de varios componentes que incluyen la investigación, la producción, el control de calidad y el mercadeo.

## 2.2. CLASES DE SEMILLAS

Las instituciones u organismos encargados de certificación de semillas reconocen cuatro clases de semilla: 1) original, 2) básica, 3) registrada y 4) certificada.

### 2.2.1. SEMILLA ORIGINAL

La semilla original también conocida como la semilla del genetista, esta constituida por semilla producida directamente o controlada por el fitogenetista o por la institución que la ha creado, después de haber la experimentado para poder formar una nueva variedad (Brauer, 1978; Poehlman, 1979).

Robles (1982) define a la semilla original como la semilla descendiente de una selección registrada de origen conocido, producida bajo el control directo del fitogenetista, o de una estación experimental.

### 2.2.2. SEMILLA BASICA

Para obtener la semilla básica se requiere de la multiplicación - de la semilla original o del genetista (Brauer, 1978; Poehlman, 1979; Robles, 1982); de tal forma que se conserve fielmente la identidad genética y la pureza de la variedad.

La producción de semilla básica es supervisada o aprobada cuidadosamente por los representantes de una estación agrícola experimental, - asimismo, la semilla básica es el punto de partida para la obtención de semilla certificada, ya sea directamente o a través de semilla registrada (Robles, 1982).

Douglas (1982), menciona que la producción de semilla básica es un paso intermedio entre el mejorador y el productor de semilla comercial e indica que la agencia responsable de la producción de semilla básica recurre periódicamente a la semilla original de las instituciones u organizaciones de investigación, aumenta esta semilla, y vende la nueva semilla básica a los productores de semilla comercial.

### 2.2.3. SEMILLA REGISTRADA

La semilla registrada es la progenie de la semilla básica y es la que ordinariamente debe sembrar el productor de semilla comercial; esta clase de semilla conserva una identidad y pureza genética satisfactoria de la variedad para producción de semilla certificada (Brauer, 1978; Poehlman, 1979).

La semilla básica de cultivos de polinización cerrada (autógamas) producida por la agencia productora de semilla básica, puede multiplicarse como semilla registrada y en el caso de semilla híbrida se utiliza semilla básica para la producción de semilla certificada (Douglas, 1982).

### 2.2.4. SEMILLA CERTIFICADA

La semilla certificada es la progenie de la semilla básica o registrada y se debe producir de tal manera que mantenga en grado suficiente la identidad y la pureza genética de la variedad. Esta semilla es la que usa ordinariamente el agricultor para la producción de grano (Brauer, 1978; Poehlman, 1979; Robles, 1982).

La certificación puede ser definida como un sistema de control establecido para garantizar que la semilla cumpla ciertos estándares de ca

lidad y pureza varietal (Bowring et al, 1980). Finalmente la semilla de buena calidad de variedades e híbridos mejorados se vuelven doblemente - importante en la fase final de la certificación, porque es en este punto en el que el agricultor debe estar satisfecho de que la semilla se comporta bien y es redituable (Douglas, 1982).

### 2.3. PRODUCCION DE SEMILLAS

Bowring et al, (1980) definen al objetivo de la producción de semillas como la maximización de producción de semillas con adecuada capacidad de germinación; mencionando, que aún cuando es deseable que la semilla de cultivo presente rendimientos altos, es esencial que la semilla - no este contaminada por semillas de malezas o por otras variedades u otras especies, y es importante además que no cambie el tipo varietal que podría ocurrir durante el proceso de producción. En cuanto a los métodos de producción de semillas los autores mencionados señalan, que dependen principalmente de las especies involucradas, los que pueden ser autopolinizados o de polinización cruzada.

#### 2.3.1. PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE SORGO

La planta de sorgo es en gran parte de autopolinización y la remoción del pólen producido por las estructuras sexuales no es práctica, así la producción de semilla híbrida de sorgo llegó a ser práctica sólo hasta el descubrimiento de los mecanismos de esterilidad génico-citoplasmica, y de los mecanismos restauradores de la fertilidad (Copeland, 1976).

De acuerdo con Quinby et al, (citado por Artola, 1983), el esquema general para obtener semilla híbrida de sorgo es el siguiente:

### 1. Mantenimiento y multiplicación de las líneas A y B.

La línea A estéril presenta citoplasma androestéril y genes restauradores de la fertilidad del pólen en condición homocigota recesiva; mientras que la línea B mantenedora es isogénica de A pero con citoplasma normal. La multiplicación se efectúa en un campo aislado, al alternar hileras de las líneas A y B, siendo la línea A fertilizada por el polen transportado por el viento, de la línea B.

### 2. Obtención de la cruce simple A x R.

La línea R restauradora contiene citoplasma androestéril o normal y genes restauradores de la fertilidad del polen en condición homocigota dominante. En un lote aislado se intercalan surcos de las líneas A y R, la semilla formada en la línea androestéril resulta de la fecundación cruzada con el polen de la línea R.

### 3. Utilización de la cruce simple A x R.

La semilla híbrida que se vende a los agricultores en forma comercial es el producto de la cruce simple A x R.

Vega (1983), menciona que el éxito de los híbridos de sorgo en otros países, en base al descubrimiento de la esterilidad génico-citoplásmica, alentó a los investigadores mexicanos a evaluar híbridos y derivar líneas de las variedades mejor adaptadas a nuestro medio, iniciando así los trabajos de hibridación, utilizando materiales introducidos con esterilidad masculina citoplásmica, y como resultado en 1966 en el Bajío, se logró la obtención de un gran número de líneas A (estériles), sus correspondientes líneas B (mantenedoras) y un número considerable de líneas R (restauradoras). Con este grupo de líneas se empezaron a formar híbridos de diferentes características, los cuales se evaluaron en comparación

con los introducidos en un gran número de localidades donde se cultiva sorgo; con base en esos trabajos, se seleccionaron seis de las mejores para liberarse como los primeros sorgos híbridos mexicanos que en 1972 fueron entregados a la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), para la producción de semilla en siembras comerciales.

En 1975 se seleccionó otro grupo de 29 sorgos híbridos mexicanos; todos los híbridos han mostrado superioridad sobre los comerciales actuales bajo condiciones de riego y temporal, en las regiones donde fueron seleccionados pero sólo han salido al mercado cinco (Vega, 1983).

La utilización de los mecanismos de androestérilidad génico-citoplásmica para la producción de semilla de híbridos de sorgo es complicada y cara. Se requieren períodos relativamente largos para formar un híbrido comercial, y en consecuencia provoca un alto costo de producción incrementándose el precio de la semilla (Romo, citado por Mendoza 1981).

En México, Ortíz y Carballo (citados por Artola, 1983) proponen utilizar la androestérilidad ecológica para producir semilla híbrida de sorgo. El esquema de hibridación utiliza genotipos susceptibles a bajas temperaturas como progenitores hembra o androestériles y genotipos tolerantes como polinizadores.

El problema inicial de la hibridación ecológica es la baja producción de semilla híbrida debido principalmente, a que no se cuenta con genotipos específicos para usarse como progenitores de los híbridos ecológicos de sorgo (Mendoza, 1979); en donde los factores ambientales considerados como los principales causantes de la baja producción de semilla obtenida por cruzamiento son las temperaturas bajas, la poca velocidad del viento y la baja humedad relativa.

Mendoza (1981), en su trabajo de investigación referente a la producción de semilla de híbridos ecológicos de sorgo concluye que una buena exposición de los estigmas de los genotipos susceptibles usados como hembras, es determinante para obtener una alta producción de semilla de los híbridos ecológicos, agregando que a la fecha no se cuenta con un material que tenga un comportamiento estable a través del tiempo que haga posible una buena programación de la producción de semilla.

#### 2.3.1.1. NORMAS DE CAMPO

De acuerdo con el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (Anónimo, 1975) las normas de campo para la certificación de semillas de sorgos híbridos para grano son los siguientes:

##### 1. Unidad de inscripción.

Para la inscripción de siembra se considera como unidad de inscripción a la superficie sin problema de continuidad para la siembra correspondiente a una sola variedad de la misma categoría y origen.

##### 2. Requisitos de terreno.

Los terrenos para producción de semillas certificadas deben mostrar evidencias de buen manejo para controlar lo siguiente:

- a) Las enfermedades de las plantas favorecidas por condiciones físico-químicas en el suelo.
- b) Los patógenos transmisibles en el suelo.
- c) Las contaminaciones de otros cultivos, otras variedades y hierbas nocivas (principalmente zacate Johnson).

## 3. Aislamiento.

Entre el campo productor de semilla y otro colindante sembrado con sorgo deberán existir las distancias que se indican enseguida:

CULTIVO	Categoría	Cultivo colindante y distancia en metros				
		Sorgos			Zacates	
		Grano	Forrajero	Escobero	Johnson	Sudán
Sorgo híbrido de grano	Básica	1 000	2 000	5 000	500	1 000
	Certificada	300	5 000	5 000	700	1 000

## 4. Inspecciones de campo.

Deben efectuarse por lo menos cuatro inspecciones en el siguiente orden:

- a). Durante la siembra.
- b). Al iniciarse la floración.
- c). En plena floración.
- d). Antes de la cosecha, pero después de que la semilla haya empezado a tomar color definitivo.

5. Tolerancias de campo en los factores que se indican para las semillas certificadas de sorgos híbridos para grano.

Factor	Categorías	
	Básica	Certificada
Plantas de otras variedades (Máx)	Ninguna	3 por hectárea
Plantas de hierbas nocivas	Ninguna	Ninguna
Plantas de la hembra produciendo polen en cualquier inspección.	Ninguna	Ninguna

## 2.3.1.2. NORMAS DE LABORATORIO

Tolerancias de laboratorio en los factores que se indican para las semillas certificadas de sorgos híbridos para grano (SNICS, 1975).

Factor	Categorías	
	Básica	Registrada
Semilla pura (Mín)	98.0 %	98.0 %
Material inerte (Máx)	2.0 %	2.0 %
Semilla de otras variedades (Máx)	Ninguna	5 por kg.
Semilla otros cultivos (Máx)	Ninguna	2 por kg.
Semilla de hierbas nocivas	Ninguna	Ninguna
Germinación	80.0 %	80.0 %
Humedad	13.0 %	13.0 %

## 2.3.2. PRODUCCION DE SEMILLAS DE VARIEDADES DE SORGO DE POLINIZACION LIBRE.

Antes del descubrimiento del vigor híbrido en el cultivo del sorgo y de los mecanismos de esterilidad génico-citoplásmica para la producción de semillas híbridas, la producción de sorgo para grano, se efectuaba, utilizando semillas de variedades de polinización libre, las cuales se caracterizaban por ser de porte alto y muy tardías (Poehlman, 1979).

Después del descubrimiento de los fenómenos antes mencionados - la tendencia tanto en México como a nivel mundial ha sido la utilización de semilla híbrida para la producción de sorgos para grano (Vega, 1983), debido principalmente a los mayores rendimientos de grano que se obtienen al sembrar semilla híbrida. No obstante lo antes señalado, se han tenido muchos problemas para la producción comercial de semilla híbrida de sorgo por lo que en México y concretamente para los Valles Altos, el Ing

tituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, a través del Campo Agrícola Experimental "Valle de México", se ha enfocado a formar variedades precoces, de polinización libre con resistencia a sequía y a las bajas temperaturas (Livera y Carballo, 1977; Romo y Carballo, 1982; Vega, 1983), por otro lado estas variedades tendrán la ventaja de que el agricultor pueda seleccionar su propia semilla, una vez que haya conseguido y sembrado estas variedades.

### 2.3.2.1. NORMAS DE CAMPO

Las normas de campo para la certificación de semillas de sorgos para grano de polinización libre son los siguientes (SNICS, 1975):

1. Unidad de inscripción (igual que para semilla híbrida)
2. Requisitos de terreno (igual que para semilla híbrida)
3. Aislamiento.

El terreno para la producción de semilla de cualquier categoría debe estar aislado de otros campos cultivados con sorgo de acuerdo con las siguientes distancias:

CULTIVO	CATEGORIA	Cultivo colindante distancia en metros				
		S O R G O S			Z A C A T E S	
		Grano	Forrajero	Escobero	Johnson	Sudán
Sorgo de Grano	Básica y Registrada	300	500	5 000	400	1 000
	Certificada	200	300	5 000	400	1 000

#### 4. Inspecciones de campo

Deben hacerse por lo menos tres en el siguiente orden:

- a. Durante la siembra.

b. En plena floración.

c. Antes de la cosecha pero después de que la semilla empiece a tomar color definitivo.

5. Tolerancias de campo en los factores que se indican para las semillas certificadas de sorgo para grano de polinización libre.

Factor	Categorías		
	Básica	Registrada	Certificada
Plantas fuera de tipo y otras variedades (Máx).	Ninguna	Ninguna	3 por ha.
Plantas de otros cultivos	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Plantas de hierbas nocivas	Ninguna	Ninguna	Ninguna

#### 2.3.2.2. NORMAS DE LABORATORIO

Tolerancias de laboratorio en los factores que se indican para las semillas certificadas de sorgos para grano de polinización libre - - (SNICS, 1975).

Factor	Categorías		
	Básica	Registrada	Certificada
Semilla pura (Mín)	98.0 %	98.0 %	98.0 %
Materia inerte (Máx)	2.0 %	2.0 %	2.0 %
Semilla de otras variedades	Ninguna	Ninguna	2 por kg.
Semilla de otros cultivos	Ninguna	Ninguna	5 por kg.
Semillas de hierbas nocivas	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Germinación (Mín)	80.0 %	80.0 %	80.0 %
Humedad (Máx)	13.0 %	13.0 %	13.0 %

#### 2.4. CALIDAD DE SEMILLAS

El concepto calidad de semilla es muy amplio y a menudo es utilizado de diferentes maneras entre los investigadores y productores de semilla, abarca asimismo diferentes y variados aspectos entre los que destacan los relacionados con la homogeneidad genética, apariencia física, vigor, uniformidad, viabilidad de semilla y a veces rendimiento de planta en el campo en términos de emergencia, desarrollo de planta, crecimiento y últimamente rendimiento de cosecha (Maguire, 1980).

Al respecto Caldwell (1962) y Douglas (1980), señalan que la buena calidad de la semilla se mide en términos de alta pureza analítica (bajo contenido de materia inerte y semillas de malezas y otros cultivos), alto porcentaje de germinación y libre de enfermedades; Douglas (1980), agrega que también es importante que sea el verdadero tipo y variedad de semilla. Otras características que determinan la calidad de semilla son el contenido de humedad, peso de 1 000 granos y peso por volumen (Kjaer, 1961) y tener un grado uniforme en tamaño (Carver, 1980).

Por su parte Feistritz (1979), menciona que la calidad de semilla constituye la suma de múltiples atributos de la misma a saber, fidelidad con el cultivo, daños mecánicos, capacidad y vigor de germinación, infecciones debidas a enfermedades, daños provocados por insectos, tratamiento, tamaño, contenido de humedad y frecuencia de contaminantes.

En cuanto a la calidad biológica de la semilla, Artola (1983) señala que esta se relaciona con la capacidad de germinación y el vigor de la misma.

Según Maguire (1980), la calidad de semillas puede ser afectada por un gran número de factores que además interactúan entre sí.

Douglas (1980), indica que para asegurar la buena calidad de la semilla, se deben realizar ciertas actividades en diferentes fases:

a). En la fase de producción.

Apropiada fertilización y riegos al cultivo, suficiente insola ción, tiempo de cosecha y cuidados en la cosecha.

b). Durante el secado.

Secar la semilla con temperaturas correctas y tiempo adecuado.

c). Durante el procesamiento.

Cuidado para aumentar el porcentaje de pureza de la semilla, e vitar mezclas, minimizar el daño a la semilla, proveer de un - tratamiento adecuado a la semilla y poner la semilla en una - envoltura o paquete adecuado y seguro.

d). Durante el almacenaje.

Identificar adecuadamente el lote de semillas, las condiciones de almacenaje deben ser adecuados para evitar pérdidas en germinación.

e). Durante la distribución.

Se debe tener cuidado en el transporte y almacenaje para evi-- tar excesos de humedad o calor, prevenir contaminación y para- mantener la identidad de la semilla.

## 2.5. VIGOR DE SEMILLA

Copeland (1976), en su revisión de literatura encontró que algunos- autores definen el vigor como "la condición de actividad, buena salud y - robustez natural en semillas sembradas que permiten un proceso de germina ción rápido bajo un conjunto amplio de condiciones ambientales"; mientras

que otros lo definen como "el potencial de germinación rápido y uniforme y el rápido crecimiento de plántula bajo condiciones generales de campo", y concluye que los siguientes conceptos han surgido para clarificar el significado de vigor en términos de semilla, plántula y rendimiento de planta:

1. Velocidad de germinación.
2. Uniformidad en la germinación y desarrollo de planta bajo condiciones no uniformes.
3. Habilidad para emerger a través de una costra de suelo.
4. Germinación y emergencia de plántula en suelo frío, húmedo o infectado con patógenos.
5. Desarrollo morfológico normal de la plántula.
6. Rendimiento de cosecha.

Para unificar criterios la Asociación Interacional de Pruebas de Semillas (ISTA), en el congreso de 1977 definió el concepto vigor de semilla de la siguiente manera (Perry, 1980):

"El vigor de semilla es la suma total de cualquier propiedad de la semilla que determine el nivel potencial de actividad y rendimiento de semilla o lote de semillas durante la germinación y la emergencia de plántula". Además agrega que las semillas muestran muchas y variables propiedades cuando están germinando y la definición está descrita sobre cuatro amplias áreas que son:

1. Procesos y reacciones bioquímicas durante la germinación tales como reacciones enzimáticas y actividad respiratoria.
2. Promedio y uniformidad de germinación de semilla y crecimiento de plántula.

3. Promedio y uniformidad de emergencia de plántula y crecimiento en el campo.
4. Habilidad de emergencia de plántula bajo condiciones ambientales no favorables.

#### 2.5.1. FACTORES QUE CAUSAN VARIACION EN EL VIGOR

Perry (1980) dentro de la definición de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA) incluyó una lista de factores que causan variación en vigor y que adicionalmente ayuda a clarificar el alcance del concepto.

1. Constitución genética.
2. Condiciones ambientales y nutrición de la planta madre.
3. Fase de madurez y cosecha.
4. Tamaño de la semilla y peso específico.
5. Integridad mecánica.
6. Deterioración y envejecimiento.
7. Patógenos.

##### 2.5.1.1. CONSTITUCION GENETICA

La constitución genética controla las diferencias en rendimiento mostradas por las variedades y especies (Perry, 1980). El control genético en el vigor de plántula quizá está más claramente ilustrado por el relativamente alto vigor de plántulas provenientes de semillas híbridas (Copeland, 1976).

### 2.5.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y NUTRICION DE LA PLANTA MADRE.

El máximo nivel de vigor que se puede lograr por una semilla está determinado por su genotipo, pero puede ser modificado por las condiciones ambientales sobre la planta madre (Perry, 1980).

Al respecto Copeland (1976) en su revisión de literatura menciona que el aire, la temperatura y la humedad disponible en el suelo durante el desarrollo de semillas de alfalfa son reportados como factores ambientales que afectan el tamaño de semilla, el rendimiento y germinación así como el vigor de plántula y el sub-secuente rendimiento. Por otra parte menciona, en cuanto a la fertilidad del suelo, que al parecer el nitrógeno y fósforo disponibles puedan influir sobre el desarrollo de la semilla y el vigor de plántula, pero sus efectos varían entre las especies y además son altamente dependientes de la fase de crecimiento y de las condiciones ambientales; finalmente señala que los nutrientes almacenados por la semilla suministran valiosas reservas durante las fases tempranas de germinación que pueden ser especialmente críticas para el establecimiento de plántula en aquellos suelos bajos en nutrientes.

### 2.5.1.3. FASE DE MADUREZ Y COSECHA

Caldwell (1962) señala que el máximo vigor y viabilidad de semilla se obtienen cuando la semilla ha madurado fisiológicamente en el campo; por su parte Delouche y Caldwell, (1962) mencionan que la uniformidad en la madurez es una consideración importante en relación al vigor, señalando que plantas que maduran retrasadamente contribuyen escazamente a - el rendimiento y en cambio pueden realmente disminuir la calidad del cultivo.

Copeland (1976), indica que semillas enteramente maduras tienen la ventaja de completar su desarrollo físico y fisiológico incrementando su potencial necesario para una máxima expresión de vigor.

Perry (1980), concluyó que la semilla puede no lograr su máximo vigor si es cosechada prematuramente.

El contenido de humedad es frecuentemente usado como índice de madurez de semilla; en el cultivo de sorgo Valdez y García (1983), encontraron que la aparición y desarrollo en la intensidad de la capa negra es el método más confiable para determinar madurez fisiológica y encontraron que la variedad Valles Altos 110 alcanzó su madurez fisiológica a los 63 días después de la floración, pudiéndose cosechar de los 150 a los 160 días después de la siembra.

#### 2.5.1.4. INTEGRIDAD MECANICA

El daño mecánico es principalmente por el resquebrajamiento de la semilla (Copeland, 1976); sin embargo, después de éste daño la semilla puede parecer normal, pero exhibe menos vigor que la semilla no dañada; al respecto Perry (1980) menciona que el daño puede ser ocasionado al cosechar o durante el manejo de las semillas, agregando que además de disminuir el vigor también acelera los procesos de deterioración de la semilla.

#### 2.5.1.5. DETERIORACION

En cuanto a la deterioración por envejecimiento, las semillas sufren cambios graduales los cuales se observan cuando bajan su vigor potencial y su capacidad de rendimiento; los cambios iniciales son fisiológicos y pueden ser detectados por análisis bioquímicos. Cuando la deteriora

ción es severa resulta una germinación pobre y un escaso establecimiento de planta aunque existen condiciones favorables (Copeland, 1976).

#### 2.5.1.6. PATOGENOS

El hecho que varios microorganismos estan asociados con la no -- germinación de semillas en el suelo, debiera no conducir necesariamente a la conclusión de que estos microorganismos son la causa básica de las fallas de germinación (Delouche y Caldwell, 1962); sin embargo existe evidencia de que los microorganismos juegan un papel secundario en la muerte de las semillas y plántulas, además, semillas o plántulas débiles en vigor son más susceptibles a condiciones adversas incluido el ataque de microorganismos que semillas o plántulas vigorosas. Asimismo, la infestación por microorganismos causa deterioración de semillas durante el almacenaje y pueden adicionalmente reducir el vigor de plántula por ataque durante la germinación (Copeland, 1976).

Finalmente, Perry (1980) agrega que hongos tales como Phoma betae y Alternaria brassicae pueden reducir la emergencia de plántulas.

#### 2.6. PRUEBAS DE VIGOR

En cuanto a las pruebas de vigor, Isely (citado por Delouche y Caldwell, 1962) los ha categorizado en dos tipos: pruebas directas y pruebas indirectas.

Al respecto Perry (1981) menciona que en las pruebas directas los factores de "strees" que se espera reduzcan la emergencia en el campo, son impuestas bajo condiciones controladas de laboratorio, dentro de estas menciona como ejemplos, la prueba de frío, en la cual las semillas -

son sometidas a bajas temperaturas, otra es la prueba de Hiltner en la cual es impuesto un impedimento mecánico a la emergencia de plántulas. En cuanto a las pruebas indirectas son aquéllas en las cuales las características de las semillas medidas en el laboratorio son relacionadas con su rendimiento en el campo; como ejemplos se tienen el promedio de germinación, el promedio de crecimiento de plántula, la prueba de conductividad eléctrica, la prueba de envejecimiento acelerado y las pruebas con tetrazolium.

Perry (1981), señala que las pruebas de vigor debieran indicar el probable y comparativo rendimiento de semillas o lotes de semillas en sub o supra óptimas condiciones, e identificar aquéllos lotes de semillas con los máximos niveles de tolerancia y adaptabilidad al ambiente, finalmente señala que alternativamente las pruebas de vigor pueden ser usadas para identificar lotes de semilla con rápida sincronización en la emergencia, o todos aquéllos que producen consistentemente plántulas grandes y robustas.

## 2.7. TAMAÑO DE SEMILLAS

Algunos atributos físicos de la semilla han sido evaluados para determinar su posible relación con el vigor; dentro de estos el tamaño de semilla es reportado por (Maguire, 1980), como un atributo que afecta la germinación, emergencia y promedio de crecimiento de plántulas en diferentes especies y variedades.

En sorgo para grano Swason y Hunter citados por Artola (1983) no encuentran una relación clara entre tamaños de semilla y el establecimiento del cultivo.

Abdullahi y Vanderlip (1972), al comparar tres tamaños de semillas de sorgo encontraron un establecimiento alto de semillas grandes y un poco menor con semillas medianas, pero no significativamente diferentes, - mientras que para las semillas pequeñas el establecimiento fué pobre, - también obtuvieron más altos porcentajes de germinación y mayor vigor de plántulas con semillas grandes y medianas, que al utilizar semillas pequeñas.

Por su parte Maranville y Clegg (1977), al evaluar tamaño y densidad de semillas de sorgo en variedades e híbridos, encontraron que semillas más grandes y densas tuvieron porcentajes de germinación altos en comparación con las semillas pequeñas, en las variedades, los porcentajes de germinación fueron de 81% para las semillas grandes y 74% para semillas pequeñas, siendo esta diferencia significativa, en los híbridos - de sorgo las semillas grandes tuvieron 83% de germinación contra 81% de las semillas pequeñas, la misma tendencia fue observada cuando se utilizaron semillas con mayor densidad que al utilizar semillas menos densas, observaron asimismo que semillas más grandes y densas produjeron plántulas más vigorosas; por último concluyeron que el establecimiento final de plántulas y el rendimiento de grano no están en función del tamaño o densidad de semilla cuando el mismo número de semillas viables son sembradas en el campo.

### III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo estuvo dividido en dos etapas:

Etapa A. determinación del rendimiento de semilla de la variedad - de sorgo V.A. 110.

Esta se llevó a cabo en las instalaciones del rancho Sta. Mónica - pertenecientes al Campo Agrícola Experimental Valle de México, (CAEVAMEX) dependiente del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central - (CIAMEC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

#### 3.1. MATERIAL GENETICO

El material genético utilizado fué la variedad Valles Altos 110 - proporcionada por el programa de sorgo del CAEVAMEX; éste material es parte del aumento de semilla original que dicho programa realizó durante el ciclo Primavera-Verano 1983.

Las características agronómicas de la variedad son las siguientes: (Romo y Carballo, 1981).

Ciclo vegetativo: La variedad Valles Altos (V.A. 110), se considera de ciclo intermedio, ya que florece entre los 85 y 100 días y - se cosecha de los 150 a los 160 días después de la siembra.

Color del grano: Es café oscuro.

Altura de la planta: La altura de la base de la planta a la punta de la panoja puede variar de 80 a 132 centímetros de acuerdo a las condiciones ambientales donde se siembre.

Número de entrenudos: El número por planta, puede ser de seis a - ocho, debido principalmente a la variabilidad existente dentro de la población.

Exserción: Dentro de la población pueden encontrarse plantas de 2 a 15 centímetros de exserción.

Tipo y longitud de panoja: Es semiabierto, con una longitud que varía de 13.5 a 22 centímetros.

Ahijamiento: El número de hijos por planta es de uno a cuatro y son más altos que la planta madre.

Evaluación del rendimiento: En siembras de punta de riego mostró un rendimiento potencial de 8 500 kilogramos por hectárea y un rendimiento comercial (en parcelas semicomerciales) de 6 000 kilogramos por hectárea. En siembras de temporal su rendimiento varía de acuerdo a la localidad, por ejemplo en Chapingo, considerado como de buen temporal (765 mm), tiene un rendimiento potencial de 8 500 kilogramos por hectárea; mientras en Atitalaquia, Hgo., localidad de temporal crítico (menos de 400 mm), el rendimiento potencial es de 3 400 y su rendimiento comercial de 1 250 kilogramos por hectárea.

Respuesta a plagas y enfermedades: Es susceptible a gusano soldado Spodoptera exigua (Huber), gusano barrenador del tallo (varias especies) y pulgón del cogollo Rhopalosiphum mardis (fitch), y tolerante a gusano cogollero Spodoptera frugiperda (Smith).

Respuesta a condiciones adversas del clima y suelo: La variedad ha mostrado las respuestas comunes a la especie tales como alta susceptibilidad a heladas, granizo, salinidad, a pH muy ácidos o muy básicos y a baja fertilidad del suelo.

Áreas de adaptación: Valles Altos 110 es una nueva opción de cultivo para las regiones con altitudes comprendidas entre 1 800 y 2 300 metros sobre el nivel del mar, principalmente en los Estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala.

Las condiciones de producción de semilla de la variedad fueron los siguientes:

1. Variedad: Valles Altos 110
2. Lugar de siembra: Rancho Santa Mónica Texcoco, Méx., se caracteriza por presentar un clima Cw (i') correspondiente a templado-sub'húmedo de acuerdo a la clasificación climática de Köppen. - La precipitación para 1983 fue de 706.2 mm. y la temperatura media anual de 14.8°C (SARH-CODAGEM, 1984).
3. Superficie sembrada: Dos hectáreas.
4. Fecha de siembra: 12 de Mayo de 1983.
5. Método y densidad de siembra: La siembra se hizo en surcos con separación de 62 centímetros y fue realizada en forma mecánica a una densidad de 16 kilogramos por hectárea.
6. Labores de cultivo: Se realizaron dos escardas, la primera a los treinta días de la siembra y la segunda a los sesenta días.
7. Fertilización: La fórmula que se utilizó fue la 80-40-00 y se aplicó en dos épocas; todo el fósforo y 50% del nitrógeno en la siembra, y al momento de la segunda escarda se aplicó el 50% del nitrógeno restante. Las fuentes de fertilización fueron sulfato de amonio y super fósforo de calcio simple.
8. Riegos: Se dieron al cultivo tres riegos; el de siembra y dos más de auxilio.
9. Plagas: Se presentó un ataque severo de gusano soldado y de pulgón, que se controlaron con aplicaciones de Tamarón a razón de 1 lt/ha.
10. Malezas: Para controlarlas se realizaron dos aplicaciones de herbicida; una en preemergencia un día después del riego de - -

siembra con 1.5 kg. de Gesaprim 50 por hectárea y otra en post-emergencia a los 75 días de la siembra con la mezcla de 1 kg. - de Gesaprim 50 más 1 lt. de Hierbamina.

11. Desmezcle: Para eliminar las plantas fuera de tipo se realizaron cuatro desmezcles.
12. Cosecha: Se efectuó el 14 de noviembre de 1983, cuando las plantas habían llegado a su madurez fisiológica.

### 3.2. METODOLOGIA ETAPA A

#### 3.2.1. MUESTREO

En las dos hectáreas se cosecharon veinte muestras de cinco metros lineales en surcos sin fallas, y se trillaron en forma separada la semilla proveniente de la planta madre, de los hijos y de las ramas.

#### 3.2.2. RENDIMIENTO DE PLANTA MADRE, HIJOS Y RAMAS

En cada una de las muestras cosechadas se obtuvo el peso de kilogramos (según el caso) de la semilla al 13% de humedad para plantas madre, hijos, ramas y peso total.

#### 3.2.3. RENDIMIENTO DE SEMILLA DE ACUERDO A SU TAMAÑO

La semilla de cada muestra proveniente de la planta madre y de los hijos fué separada mediante cribas en tres clases los, que definieron - - tres tamaños de semilla (grande, mediana y pequeña), las clases y tamaños de semilla fueron las siguientes:

Clase (mm)	Tamaño de semilla
Mayor a 4	Grande
Menor a 4 y Mayor a 3,7	Mediana
Menor a 3,7	Pequeña

Una vez separada la semilla se determinó el rendimiento en kg/ha, para cada tamaño de semilla dentro de planta madre e hijos, en tanto que la semilla proveniente de las ramas se descartó, debido a que era muy poca y a que en algunos casos no hubo.

#### 3.2.4. PESO DE 200 SEMILLAS

Cuando la semilla estaba clasificada de acuerdo a su tamaño, en cada una de las 20 muestras y para planta madre e hijos se obtuvieron al azar cinco repeticiones de 200 semillas y se pesaron.

#### ETAPA B, pruebas de vigor con semillas de la variedad V.A. 110

Esta fué desarrollada en el Colegio de Postgraduados de Chapingo en el laboratorio de la Sección de Producción de Semillas en Montecillos México.

### 3.3. METODOLOGIA ETAPA B

#### 3.3.1. FORMACION DE TRATAMIENTOS

Con las semillas de la planta madre e hijos separadas en tres tamaños, se procedió a formar un compuesto mezclando las veinte muestras, pero siempre manteniendo su identidad, es decir su origen, planta madre e hijos y sus tres tamaños correspondientes.

Con los compuestos provenientes de las veinte muestras fueron for-  
mados los tratamientos siguientes:

1. Planta madre semilla grande.
2. Planta madre semilla mediana.
3. Planta madre semilla pequeña.
4. Hijos semilla grande.
5. Hijos semilla mediana.
6. Hijos semilla pequeña.

### 3.3.2. SIEMBRA DE EXPERIMENTOS

Una vez definidos los tratamientos se procedió a sembrar dos expe-  
rimentos en el campo, el día 24 de mayo de 1984, cada uno con los mismos  
tratamientos, para lo cual se prepararon cuatro almacigos (2 por experi-  
mento), en donde se establecieron en una área compacta todos los trata-  
mientos y sus respectivas repeticiones.

De los tratamientos referidos, para cada uno fueron sembradas 25-  
semillas a una profundidad de 4 centímetros y a una distancia entre semi-  
llas de 10 centímetros, la misma distancia de 10 cm. se dejó entre los -  
tratamientos.

### 3.3.3. MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS

Uno de los experimentos fué cubierto a los seis días de la siem-  
bra con un pequeño invernadero a base de estructura metálica y polietile-  
no, con la finalidad de obtener un desarrollo más rápido de las plántu-  
las; en este experimento, al inicio se dieron tres riegos ligeros uno ca-  
da tercer día, y posteriormente, se dieron riegos sólo cuando las plántu-  
las lo requerían.

En el experimento descubierto, se dieron riegos cada tres días y fueron suspendidos al presentarse lluvias, para reanudarse cuando las plántulas lo requerían.

Las malezas que aparecieron en los almacigos de los dos experimentos fueron controladas en forma manual.

### 3.3.4. EXTRACCION DE PLANTULAS Y TOMA DE DATOS

En el experimento que se cubrió, debido al rápido desarrollo de las plántulas, la extracción fue realizada a los 20 días de la siembra, el día 13 de junio de 1984.

En el caso del experimento no cubierto, la extracción de las plántulas se efectuó a los 33 días de la siembra, el día 26 de junio de 1984.

Para los dos experimentos, desde el momento de la siembra, cada tercer día se contabilizaron, el número de plántulas emergidas y los días a emergencia.

### 3.3.5. VARIABLES MEDIDAS

#### 1. Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

En los dos experimentos se empleó la prueba basada en la tasa de crecimiento, es decir se estimó la materia seca producida por las 25 semillas que se pusieron a germinar, se estimó también el promedio de materia seca por plántula. Las plántulas incluyendo su raíz fueron secadas a 70 - 80°C durante 72 horas y pesadas.

#### 2. Vigor con base en la velocidad de germinación.

Se emplearon dos fórmulas citadas por (Copeland, 1976).

a). Índice de Vigor. (I.V.)

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

b). Coeficiente de Germinación. (C.G.)

$$C.G. = \frac{(100) (A_1 + A_2 + \dots + A_x)}{A_1 T_1 + A_2 T_2 + \dots + A_x T_x}$$

En donde :

A = número de semillas germinando.

T = tiempo correspondiente para A

X = número de días a el conteo final.

### 3. Porcentaje de germinación.

Se tomó el número total de las plántulas emergidas de las 25 semillas que se pusieron a germinar y se determinó el porcentaje de germinación.

### 3.4. ANALISIS ESTADISTICO

En la etapa A con los datos obtenidos de las muestras, se procedió a determinar los rendimientos de las variables mencionadas para lo cual se calculó su media ( $\bar{X}$ ), varianza ( $S^2$ ) y desviación estandard (S).

En la etapa B, el diseño experimental utilizado fue bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde la parcela grande fue el origen de la semilla, es decir la planta madre o hijos y las parcelas chicas los tamaños de semilla, grande, mediana y pequeña ; esto originó seis tratamientos que multiplicados por 20 repeticiones gé

nero 120 unidades experimentales para cada experimento.

Se procedió a realizar análisis de varianzá para cada variable y la comparación de promedios se efectuó mediante la prueba de Duncan al - 0.05.

Asimismo se calcularon las correlaciones entre las variables indicadoras de vigor en ambos experimentos para determinar la relación existente entre ellos.

Los resultados de la Etapa A de este trabajo se presentan en los Cuadros 1 al 4.

#### 4.1. RENDIMIENTO DE SEMILLA

En el Cuadro 1, se muestra el rendimiento de semilla con el cual contribuye cada parte de la planta de sorgo al rendimiento de la variedad Valles Altos 110.

Cuadro 1. Rendimiento de semilla en la variedad de sorgo Valles Altos 110, planta madre, hijos, ramas y total.

ORIGEN	RENDIMIENTO* (KG/HA.)	%	ESTADISTICO	
			S <sup>2</sup>	S
Planta madre	4 706.60	71.69	0.1121142	0.3435331
Hijos	1 594.68	24.29	0.1174144	0.3511559
Ramas	264.03	4.02	0.0072590	0.0875751
TOTAL	6 565.31	100.00	-	-

\* Rendimiento promedio de 20 muestras.

Los resultados indican claramente que la planta madre aporta el mayor volumen de semilla con aproximadamente tres cuartas partes respecto a el total, los hijos contribuyen con una cuarta parte mientras que la cantidad de semilla que proviene de las ramas es mínima.

En relación al tamaño de semilla y de acuerdo al mismo, tanto para la planta madre como para los hijos, el mayor rendimiento se dió con semilla mediana siguiendo en importancia la semilla pequeña y el más bajo

rendimiento estuvo dado con la semilla de tamaño grande, (Cuadro 2). 34

La misma tendencia se observa con respecto al total de la variedad en relación al tamaño de semilla (Cuadro 3).

Cuadro 2. Rendimiento de semilla de la variedad de sorgo V.A. 110, de acuerdo a su tamaño en planta madre e hijos.

ORIGEN	TAMAÑO DE SEMILLA	RENDIMIENTO* (KG/HA)	%	ESTADISTICO	
				S <sup>2</sup>	S
PLANTA MADRE	GRANDE	684.35	14.82	0.0053415	0.749844
	MEDIANA	2 299.67	48.73	0.0321545	0.183975
	PEQUEÑA	1 722.58	36.45	0.0291380	0.175132
	TOTAL	4 706.60	100.00	-	-
HIJOS	GRANDE	257.58	18.80	0.0026283	0.052599
	MEDIANA	838.55	53.03	0.3175480	0.182828
	PEQUEÑA	498.55	28.17	0.0192841	0.142474
	TOTAL	1 594.68	100.00	-	-

\* Rendimiento promedio de 20 muestras.

Cuadro 3. Rendimiento de semilla de acuerdo a su tamaño\* en la variedad de sorgo V.A. 110.

TAMAÑO DE SEMILLA	RENDIMIENTO (KG/HA)	%
GRANDE	941.93	14.35
MEDIANA	3 138.22	47.80
PEQUEÑA	2 221.13	33.83
(RAMAS)	-	4.02
TOTAL DE LA VARIEDAD	6 565.31	100.00

\* Sólo considerando la semilla de la planta madre y la de los hijos.

Para el peso de 200 semillas en cada tamaño, se observan claras diferencias, siendo las semillas grandes las más pesadas y las pequeñas - las de menor peso, mientras que las semillas de tamaño mediano presentan un peso intermedio (Cuadro 4) en este mismo cuadro se aprecia la gran similitud que existe entre la planta madre y los hijos respecto al peso de 200 semillas comparando tamaños iguales.

Cuadro 4. Peso de 200 semillas para cada tamaño de la variedad de - sorgo V.A. 110 en planta madre e hijos.

ORIGEN	TAMAÑO DE SEMILLA	PESO (GRS)	ESTADISTICO	
			$S^2$	S
PLANTA MADRE	GRANDE	6.13	0.014315	0.1227535
	MEDIANA	4.94	0.022555	0.1540847
	PEQUEÑA	3.32	0.042766	0.2121717
HIJOS	GRANDE	6.07	0.062849	0.2572097
	MEDIANA	4.92	0.057029	0.2450113
	PEQUEÑA	3.37	0.064474	0.2605152

Los resultados de la etapa B se presentan a continuación en los Cuadros 5 al 12.

#### 4.3. PRUEBAS DE VIGOR

##### 4.3.1. ANALISIS DE VARIANZA

Los Cuadros 5 y 6 muestran los resúmenes de los análisis de varianza efectuados para el experimento que se cubrió (cubierto) y para el que se mantuvo a la intemperie (descubierto), respectivamente.

Para todas las variables que se involucran, los análisis de varianza de ambos experimentos mostraron que no existen diferencias significativas en cuanto al origen de semilla, es decir cuando esta proviene de la -planta madre o de los hijos.

En cuanto al tamaño de semilla, en ambos cuadros (5 y 6) se puede-observar claramente que existen diferencias altamente significativas para todas las variables consideradas excepto para el coeficiente de germina--ción en el experimento cubierto (Cuadro 5).

Por otra parte la interacción entre origen de semilla y tamaño de- las mismas resulta no significativa para las variables que se indican en-ambos experimentos.

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza para las variables que se señalan (Experimento cubierto).

VARIABLE	FUENTE DE VARIACION	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	COEFICIEN. DE VARIA.
1. PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS. (A)	O.S.	0.74	N.S.	19.83 %
	T.S.	97.20	**	"
	I (OSxTS)	1.35	N.S.	"
2. PESO SECO DE PLANTULA. (A)	O.S.	1.02	N.S.	10.84 %
	T.S.	196.45	**	"
	I (OSxTS)	0.97	N.S.	"
3. % GERMINACION.	O.S.	0.29	N.S.	13.77 %
	T.S.	16.16	**	"
	I (OSxTS)	0.45	N.S.	"
4. INDICE DE VIGOR. (B)	O.S.	0.27	N.S.	14.74 %
	T.S.	16.75	**	"
	I (OSxTS)	0.64	N.S.	"
5. COEFICIENTE GERMINACION. (B)	O.S.	3.28	N.S.	4.71 %
	T.S.	0.66	N.S.	"
	I (OSxTS)	0.38	N.S.	"

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

O.S. Origen de semillas.

I (OSxTS) Interacción.

T.S. Tamaño de semillas.

(A) = Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) = Vigor en base a velocidad de germinación.

Cuadro 6. Resumen de los análisis de varianza para las variables que se señalan (Experimento descubierto).

VARIABLE	FUENTE DE VARIACION	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA	COEFICIENTE DE VARIACION
1. PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS (A)	O.S.	1.02	N.S.	12.75 %
	T.S.	239.28	**	"
	I (OSxTS)	0.74	N.S.	"
2. PESO SECO DE PLANTULA. (A)	O.S.	0.28	N.S.	10.94 %
	T.S.	136.11	**	"
	I (OSxTS)	0.27	N.S.	"
3. GERMINACION %	O.S.	0.28	N.S.	10.76 %
	T.S.	61.26	**	"
	I (OSxTS)	0.11	N.S.	"
4. INDICE DE VIGOR (B)	O.S.	0.76	N.S.	11.78 %
	T.S.	63.20	**	"
	I (OSxTS)	0.90	N.S.	"
5. COEFICIENTE DE GERMINACION (B)	O.S.	0.39	N.S.	4.33 %
	T.S.	15.07	**	"
	I (OSxTS)	0.90	N.S.	"

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

O.S. Origen de semilla.

I (OSxTS) Interacción.

T.S. Tamaño de semilla.

(A)= Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B)= Vigor en base a velocidad de germinación.

## 4.3.2. COMPARACION DE MEDIAS

En el Cuadro 7, experimento cubierto y el cuadro 8, experimento descubierto, se corroboran los resultados de los Cuadros 5 y 6 respectivamente ya que al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Duncan a un nivel del 5% no se encuentran diferencias significativas entre la semilla proveniente de la planta madre y la semilla proveniente de los hijos para los factores considerados.

Cuadro 7. Prueba de Duncan a un nivel de significancia de 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, índice de vigor y coeficiente de germinación en planta madre e hijos, (experimento cubierto).

ORIGEN DE SEMILLA	PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS (GRS) (A)	PESO SECO DE PLANTULA (GRS) (A)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEF. DE GERMINACION (B)
PLANTA MADRE	2.22 a	0.1173 a	73.8 a	2.01 a	10.43 a
HIJOS	2.29 a	0.1196 a	74.8 a	2.03 a	10.59 a
C.V. %	19.83	10.84	13.77	14.74	4.71

Medias con la misma literal no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al nivel de 0.05

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

Cuadro 8. Prueba de Duncan a un nivel de significancia de 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, vigor y coeficiente de germinación en planta madre e hijos, (Experimento descubierto).

ORIGEN DE SEMILLA	PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS (A) (GRS)	PESO SECO DE PLANTULA (A) (GRS)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEFICI. DE GERMINACION. (B)
PLANTA MADRE	12.27 a	0.6233 a	77.07 a	1.99 a	9.90 a
HIJOS	11.98 a	0.6167 a	76.27 a	1.95 a	9.85 a
C.V. %	12.74	10.94	10.75	11.78	4.33

Medias con la misma literal no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al nivel de 0.05.

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

En lo que respecta al tamaño de semilla al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Duncan en el experimento cubierto (Cuadro 9), se encontraron diferencias entre los tres tamaños de semilla considerados, para peso seco total de plántulas y peso seco de plántula, en el caso del porcentaje de germinación y vigor la comparación mostró que no existieron diferencias entre semillas grandes y medianas no así con las semillas pequeñas, solo para el coeficiente de germinación al realizar la comparación de medias, no se encontraron diferencias entre los tres tamaños de semillas.

Cuadro 9, Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, vigor y coeficiente de germinación en tres tamaños de semilla de sorgo en la variedad V.A. 110 (Experimento cubierto).

TAMAÑO DE SEMILLA	PESO SECO TOTAL DE PLANTULA. (A) (GRS)	PESO SECO DE PLANTULA (A) (GRS)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEFICI. DE GERMINACION. (B)
GRANDE	2.86 a	0.1448 a	77.8 a	2.14 a	10.50 a
MEDIANA	2.41 b	0.1223 b	78.3 a	2.13 a	10.58 a
PEQUEÑA	1.49 c	0.0883 c	66.8 b	1.80 b	10.45 a
C.V. %	19.83	10.84	13.77	14.74	4.71

Medias con la misma literal son iguales entre sí y diferentes del resto de acuerdo a la prueba de Duncan al nivel del 0.05.

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

Para el experimento que se mantuvo a la intemperie (descubierto) - la comparación de medias con la prueba de Duncan mostró que existen diferencias en los tres tamaños de semilla para peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, porcentaje de germinación y vigor, mientras que para el coeficiente de germinación no hay diferencias entre el tamaño grande y tamaño mediano de semilla, solo existiendo la diferencia con la semilla de tamaño pequeño (Cuadro 10).

Cuadro 10. Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5% para medias de peso seco total de plántulas, peso seco de plántula, % de germinación, vigor y coeficiente de germinación en tres tamaños de semilla de sorgo en la variedad V.A. 110, (Experimento descubierto).

TAMAÑO DE SEMILLA	PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS. (A) (GRS)	PESO SECO DE PLANTULA. (A) (GRS)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEFICIENTE DE GERMINACION. (B)
GRANDE	15.33 a	0.728 a	84.4 a	2.19 a	10.09 a
MEDIANA	13.10 b	0.649 b	80.5 b	2.08 b	9.95 a
PEQUEÑA	7.95 c	0.483 c	65.1 c	1.64 c	9.58 b

C.V. %            12.74            10.94            10.75            11.78            4.33

Medias con la misma literal son iguales entre sí y diferentes del resto de acuerdo a la prueba de Duncan al nivel del 0.05.

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

#### 4.3.3. CORRELACIONES

Las correlaciones efectuadas con los tres tamaños de semilla para determinar el grado de asociación entre las variables consideradas muestran para los dos experimentos en los Cuadros 11 y 12, que todas son positivas y altamente significativas; sin embargo la mayoría de los valores son bajos a excepción de las correlaciones entre la variable peso seco total de plántulas con el peso seco de plántula, el porcentaje de germinación y el vigor, además del porcentaje de germinación con vigor, donde los valores son altos como puede apreciarse en los cuadros referidos.

Cuadro 11. Características indicadoras de vigor, coeficiente de correlación y su significancia, (Experimento cubierto).

VARIABLE	PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS. (A)	PESO SECO DE PLANTULA. (A)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEFICIENTE DE GERMINACION. (B)
PESO SECO TOTAL DE PLANTULAS (A)	1.0	0.936	0.761	0.735	0.311
		**	**	**	**
PESO SECO DE PLANTULAS. (A)		1.0	0.502	0.497	0.251
			**	**	**
GERMINACION %			1.0	0.917	0.297
				**	**
INDICE DE VIGOR (B)				1.0	0.501
					**
COEFICIENTE DE GERMINACION. (B)					1.0

\*\* Significativo al 1%

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

Cuadro 12. Características indicadoras de vigor, coeficientes de co  
rrelación y su significancia, (Experimento descubierto).

VARIABLE	PESO SECO TO TAL DE PLAN- TULAS. (A)	PESO SECO DE PLANTULA. (A)	GERMINACION %	INDICE DE VIGOR (B)	COEFICIENTE DE GERMINA- CION. (B)
PESO SECO TOTAL DE- PLANTU. (A)	1.0	0.931	0.769	0.808	0.541
		**	**	**	**
PESO SECO DE PLANTU LA. (A)		1.0	0.499	0.596	0.612
			**	**	**
GERMINACION %			1.0	0.917	0.264
				**	**
INDICE DE VIGOR (B)				1.0	0.540
					**
COEFICIENTE DE GERMINA- CION. (B)					1.0

\*\* Significativo al 1%

(A) Vigor de plántula en base a tasa de crecimiento.

(B) Vigor en base a velocidad de germinación.

## V. DISCUSION

## 5.1. PRODUCCION DE SEMILLA

Existen tres partes diferentes de la planta de sorgo que contribuyen a la producción de semilla de la variedad Valles Altos 110; estas partes de la planta son, la planta madre, los hijos y las ramas y cada una de ellas aporta una cantidad diferente al rendimiento total.

La planta madre es en la variedad la principal fuente de semilla, por otra parte el número de hijos por planta puede variar de 1 a 4 (Romero y Carballo, 1981) dependiendo de las condiciones ambientales donde se siembra la variedad; como consecuencia la cantidad de semilla que aportan los hijos es variable y por lo tanto es solamente complemento a la que se obtiene de la planta madre.

El caso de semilla proveniente de las ramas es similar al de los hijos; en el presente trabajo al realizar los muestreos para determinar su rendimiento, en algunos casos no existía semilla en las ramas o la cantidad era mínima por lo que su producción no resultó significativa en la variedad.

Valles Altos 110 rindió menos en semilla (6 565 kg/ha), que el potencial que se reporta para grano en la misma variedad en riego (8 500 kg/ha), esto se debió probablemente a que se tuvieron ataques severos de gusano soldado y pulgón durante el desarrollo del cultivo lo que ocasionó que no expresara todo su potencial; no necesariamente se deben tener los mismos rendimientos ya que el objetivo en ambos casos es diferente; sin embargo en la producción de semilla se debe buscar un equilibrio entre el rendimiento y la calidad de la misma, lo que obliga a generar tecnología específica para la producción de semilla dentro de la cual se de

ben incluir la densidad de siembra, la dosis de fertilización y la oportunidad de aplicación entre otras prácticas, ya que comúnmente se emplea la tecnología que se genera para la producción de grano y quizás ésta no sea la más adecuada para el objetivo que se persigue.

En relación al tamaño de semilla, se conoce que dentro de los cultivos existen diversos tamaños de semilla y el cultivo del sorgo no es la excepción; una de las características de la variedad V.A. 110, es que presenta diferentes tamaños de semilla, en la presente investigación se realizó una clasificación de la semilla de acuerdo a tres clases que definieron tres tamaños de semilla, en donde la semilla grande rindió -- 14.35%, la semilla mediana 47.8% y la semilla pequeña 33.83% respecto al total de la variedad que fue de 6 565.31 kg/ha.

La diferencia en tamaños se debe básicamente a la posición que guardan las semillas dentro de la estructura de reproducción de la planta, - es decir aquellas semillas que se encuentran más cercanas a la fuente de fotosintatos, tienen la oportunidad de iniciar la acumulación de reservas más temprano y por más tiempo que las semillas relativamente lejanas para las cuales la translocación de fotosintatos es más tardía y por menor tiempo trayendo como consecuencia una menor acumulación de reservas- reflejado esto en un menor tamaño y peso de semillas, además el tamaño y rendimiento de semilla está influenciado por algunos factores ambientales como son el aire, temperaturas, humedad y nutrientes, disponibles en el suelo durante el desarrollo de la planta como es señalado por Copeland, - (1976).

Por otra parte al comparar el peso de 200 semillas grandes, medianas y pequeñas de planta madre, con los respectivos tamaños de semilla prove

niente de los hijos, se aprecia una gran similitud (Cuadro 4), sugiriendo esto que aunque las semillas de planta madre inician la acumulación de reservas más pronto, existen semillas de los hijos que acumulan igual cantidad de reservas que semillas de planta madre pero a diferencia de esta, es menor el rendimiento de las semillas de los hijos (Cuadro 2).

## 5.2. ORIGEN DE SEMILLA Y RELACION CON VIGOR

Las pruebas realizadas con semillas de la planta madre e hijos para determinar diferencias en vigor mostraron que no hay diferencias y en ambos casos, la materia seca total y promedio producida por las plántulas de las semillas que se pusieron a germinar, el porcentaje de germinación el índice de vigor y coeficiente de germinación tuvieron valores estadísticamente iguales tanto en el experimento cubierto como en el descubierto (Cuadros 7 y 8) respectivamente, este comportamiento está explicado en parte porque la semilla de planta madre y la de hijos provienen del mismo genotipo, otra explicación posible a que no se haya detectado una respuesta diferente entre el vigor de las semillas de planta madre e hijos, está basado en el hecho de que la cosecha se efectuó cuando las semillas tanto de planta madre como de hijos habían alcanzado su madurez fisiológica.

Sin embargo dado que las semillas de la planta madre llegan más pronto a madurez fisiológica que la de los hijos y ramas de acuerdo al propio desarrollo de la planta, puede ocurrir que se coseche la semilla de la variedad V.A. 110 cuando la semilla de la planta madre haya madurado fisiológicamente, mientras que la de hijos y ramas no, lo cual ocasionaría que se dieran diferencias en vigor, siendo menor para las semillas de hijos y ramas ya que como señala Perry (1980), aquéllas semillas que-

son cosechadas prematuramente, nunca podrán lograr su máximo vigor y por lo tanto cuando su aportación es considerable puede disminuir la calidad de la semilla por lo que antes de cosechar es conveniente esperar a que las semillas de hijos y ramas alcancen también su madurez fisiológica evitando así disminuir la calidad de semilla en su conjunto.

### 5.3. TAMAÑO DE SEMILLA Y RELACION CON VIGOR

Las semillas de la variedad V.A. 110 mostraron en las pruebas efectuadas, diferencias en vigor en los tres tamaños utilizados. Bajo las condiciones del invernadero, la materia seca producida por todas las plántulas y el promedio por plántula fue mayor al utilizar semillas grandes, menor con semillas medianas y pequeñas en ese orden, por otra parte con el porcentaje de germinación, e índice de vigor no existen diferencias entre las semillas de tamaño grande y mediano, solamente las semillas pequeñas tuvieron menor porcentaje de germinación e índice de vigor mientras que el coeficiente de germinación no detecto diferencias entre las semillas grandes, medianas y pequeñas. (Cuadro 9).

En condiciones "normales" de campo (Cuadro 10) es decir en las pruebas efectuadas a la intemperie, las diferencias entre las semillas de los tres tamaños se hacen más evidentes, observandose en la semilla de tamaño grande un mayor vigor, como lo señalan las características utilizadas como indicadores de éste.

En dos ambientes diferentes (invernadero e intemperie), se aprecia una relación estrecha entre el tamaño de semilla y la materia seca producida por la plántula que se origina de ésta, ya que a un mayor tamaño de semilla corresponde una mayor producción de materia seca, esto sugiere -

que la materia seca producida por las plántulas está en función del tamaño de semilla, deduciéndose que las semillas grandes producen plántulas vigorosas debido a que poseen una mayor cantidad de reservas que semillas de menor tamaño en donde la respuesta a producción de materia seca indica que a medida que disminuye el tamaño de semilla disminuye la materia seca de las plántulas y por lo tanto las semillas pequeñas originan plantas poco vigorosas. Es importante tener en cuenta las anteriores consideraciones dado que existen muchos suelos deficientes en nutrientes en donde las reservas que posean las semillas serían determinantes en las etapas tempranas del desarrollo de la plántula para que esta pueda expresar posteriormente su potencial de producción.

El porcentaje de germinación, índice de vigor y coeficiente de germinación de los tres tamaños de semilla muestran una respuesta diferente según el ambiente en el cual se siembran, como se observa al comparar los resultados de ambos experimentos, ya que en condiciones del invernadero hay menor diferencia entre los tres tamaños de semilla de acuerdo a las características mencionadas, en donde los factores que se consideraron fueron determinantes para obtener este tipo de respuesta son la temperatura y la humedad; por un lado la humedad que prevaleció en el invernadero evitó el endurecimiento del suelo por lo que la emergencia de las plántulas de los tres tamaños se facilitó, por otro lado las temperaturas cálidas se conservaron más durante la noche favoreciendo la germinación de la semilla de los tres tamaños, mientras que en la prueba hecha a la interperie se presentó una situación diferente y en donde los resultados en cuanto a los porcentajes de germinación son similares a los obtenidos por Abdullahi y Vanderlip, (1972) y Maranville y Clegg, (1977) - los que reportan que se obtuvieron más altos porcentajes de germinación-

y mayor vigor de plántulas con semillas grandes y medianas que al utilizar semillas pequeñas.

El que se hayan detectado diferencias en vigor entre los tamaños - grande, mediano y pequeño de semilla de la variedad V.A. 110, y por consecuencia se tengan diferencias en la calidad de la misma indica que se debe realizar una clasificación de la semilla en base a su tamaño con objeto de separar las semillas de mejor calidad.

La clasificación de la semilla se debe llevar a cabo durante el proceso de producción ya que, no es posible cosechar por separado los diferentes tamaños de semilla por lo que la clasificación de ésta se debe efectuar durante el procesamiento industrial, concretamente en el beneficio de la semilla.

En el beneficio de semillas se puede escoger dentro de una amplia - variedad de máquinas que diferencian las semillas en cuanto a tamaño, - longitud, forma, peso, textura, etc., de acuerdo al tamaño la separación por ancho se hace mediante cribas cilíndricas o planas con perforaciones circulares en las que las semillas dependiendo de su tamaño pasan o no - las perforaciones y se recolectan en depósitos distintos; de acuerdo al peso se utiliza por ejemplo, la mesa de gravedad, la cual consiste básicamente en una plataforma perforada que permite el paso de una corriente de aire ascendente a través de la semilla, misma que esta siendo continuamente alimentada sobre la plataforma, la corriente de aire se ajusta a - tal grado que permite levantar las semillas más ligeras mientras que las más pesadas permanecen sobre la superficie de la plataforma, de acuerdo a esto, la clasificación de semilla de la variedad V.A. 110, se puede efectuar mediante tamaño o peso ya que ambos se encuentran estrechamente - relacionados (Cuadro 4).

Efectuar la clasificación de semilla de la variedad, de acuerdo a los tres tamaños utilizados nos determinaría diferente calidad de la misma; sin embargo, al relacionar la calidad de semilla con el rendimiento se tiene que las semillas de mejor calidad de acuerdo a las pruebas de vigor, son las de tamaño grande pero constituyen la menor proporción en el rendimiento de la variedad con apenas 14.3 %; por otra parte las semillas pequeñas presentaron menor vigor pero su aportación al rendimiento es alta siendo aproximadamente el 34 %, finalmente las semillas medianas de vigor intermedio, constituyen el 48 % representando esto el mayor volumen (Cuadro 3).

Como la calidad de la semilla pequeña es relativamente baja, pero su rendimiento es significativo, no se puede descartar dicha semilla sin traer como consecuencia un elevado desperdicio de la misma, y un alto costo de producción de la semilla restante; como una alternativa se puede utilizar la semilla de tamaño pequeño bajo condiciones ambientales favorables; tales como lugares que presenten temperaturas y humedad favorables, además de tomar en cuenta otros factores, como tipo de suelos de texturas ligeras que no impiden la emergencia de las plántulas, siembras no muy profundas, etc.

Por otra parte, el utilizar las semillas grandes y medianas para siembras de grano tendría la ventaja de que de estas se originan plántulas vigorosas que tendrían mayor oportunidad de emerger en suelos de texturas pesadas, y dado que tienen mayores reservas, no sufrirían inicialmente por nutrientes y competirían ventajosamente con las malezas al inicio del desarrollo del cultivo. Otras consideraciones en relación a los diferentes tamaños son el ajuste de la cantidad de semilla a usar para las siembras de acuerdo a su porcentaje de germinación y peso para obte-

ner la población adecuada de plantas; también debe considerarse la oportunidad de aplicación de los fertilizantes, ya que las semillas pequeñas producen plántulas más pequeñas que agotan rápidamente sus reservas y requieren más pronto de nutrientes para desarrollarse normalmente.

Finalmente, de acuerdo a las correlaciones obtenidas para los tres tamaños de semilla de planta madre e hijos, se aprecia en los Cuadros 11 y 12, que a medida que aumenta el peso seco total de plántulas, aumenta el peso seco promedio de plántula, se tiene un mayor porcentaje de germinación e índice de vigor de las semillas y también cuando hay mayor porcentaje de germinación el índice de vigor aumenta.

## VI. CONCLUSIONES

1. En la variedad de sorgo Valles Altos 110 la planta madre es la principal fuente de semilla y la producción se complementa con semilla proveniente de los hijos y las ramas.
2. El peso de 200 semillas y el tamaño de las mismas se encuentran estrechamente relacionados.
3. De la semilla producida, el tamaño mediano representa la mayor proporción con el 47.8 %, la semilla pequeña le sigue en importancia con 33.8 % y finalmente la semilla grande tiene la menor proporción con 14.4 %.
4. No existen diferencias de calidad biológica entre las semillas provenientes de la planta madre y la de los hijos al comparar tamaños iguales, de acuerdo a las características utilizadas como indicadores de vigor.
5. Los tres tamaños de semilla mostraron diferencias en su calidad biológica; las semillas de tamaño grande tienen una mayor velocidad de germinación, porcentajes de germinación más altos y producen las plántulas más vigorosas, en contraste con las semillas de tamaño pequeño; en tanto que las semillas de tamaño mediano son de calidad biológica intermedia.
6. Existe una estrecha relación entre las variables, peso seco total de plántulas, peso seco promedio de plántula, porcentaje de germinación y velocidad de germinación.

7. En base a los coeficientes de variación observados, los resultados obtenidos en el experimento que se mantuvo a la intemperie, son más confiables que los del experimento cubierto.
  
8. Cuando se efectúan pruebas de vigor de semillas es recomendable conducirlas bajo diferentes condiciones; en campo, invernadero, cámaras de germinación, etc., con objeto de tener mayor confiabilidad en los resultados que se obtengan.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, 1975. Normas para la certificación de semillas. Servicio Nacional de inspección y certificación de semillas, SAG. México. p.-81 - 85.
- Anónimo, 1982. Diagnóstico de la investigación realizada por el INIA en 1981, S.A.R.H. - I.N.I.A. México, D.F. p. 97 - 98.
- Abdullahi, A. And Venderlip, R.L., 1972. Relationships of vigor tests - and seed source and size to sorghum seedling establishment. - Agron. J. 46: 143 - 144.
- Artola, M.A. 1983. Influencia del genotipo y las prácticas culturales en la producción de semilla híbrida de sorgo (Sorghum bicolor L. - Moench). Tesis M.C. C.P. Chapingo, Méx.
- Baird, B.G. 1982. El papel de una industria semillera bien organizada. - El sorgo, Leland, R.H. U.A,CH. Chapingo, Méx., p. 325 - 332.
- Bowring, J.D.C., Evans, A.W. and Sneddon, J.L. 1980. Objects and methods of seed production. In seed production. Ed. P. Hebblethwaite, - Butterwords and Co. Ltd. London, p. 3 - 13.
- Brauer, H.O. 1978. Fitogénica aplicada. México. Limusa p. 465.
- Caldwell, W.P. 1962. Seed quality control. Proceedings. Seedsmen's, - short course. Seed technology laboratory, Mississippi Agricultural experiment station. Mississippi State University. p. 151-154
- Carver, M. 1980. The production of quality cereal seed, In seed produc--tion. Ed. p. Hebblethwaite, Butterwords and Co. Ltd, London. p. 295 - 305.

- Copeland, L.O. 1976. Seed and Seedling vigor. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing. Co. Mineapolis Minnesota. p. 149 - 165, 231 - 234.
- Delouche, J.C. and Caldwell, W.P. 1962. Seed vigor and vigor test. Proceedings seedsmen's short course. Seed Technology laboratory Mississippi Agricultural experiment station. Mississippi state University. p. 141 - 150.
- Douglas, J.E. 1980. Seed quality control. Successful seed programs. Westview. Press/Boulder. Colorado U.S.A. p. 109 - 111.
- Douglas, J.E. 1982. Un programa de producción y distribución de semillas de calidad. El sorgo. Ieland, R.H. U.A.CH. Chapingo, Méx. p. - 332 - 345.
- Feistritzter, W.P. 1979. Situación mundial de las semillas. Mejoramiento de la producción de semillas. Feistritzter, W.P. y AF. Kelly - F.A.O. Roma. p. 1 -9.
- González, D.M. 1983. Se obtiene la primera variedad de sorgo para los Valles Altos de México. Notinia Vol. 18 No. 7 S.A.R.H. I.N.I.A. México, D.F. p. 18 - 19.
- Kjaer, A. 1961. Determinación y control de calidad de semillas. Semillas agrícolas y hortícolas. Ed. F.A.O. Roma, Italia. p. 107.
- Livera, M. y Carballo, C.A. 1977. Mejoramiento genético del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) por tolerancia al frío. Adaptación de - genotipos tolerantes. Agríc. Téc. Méx., Vol 6 (1): 29 - 34.

- Maguire, J.D. 1980. Seed quality and germination. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Ed. A.A. Khan. Elsevier/North-Holland, Biomedical press. p. 219 - 225.
- Maranville, J.W. 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.
- Mendoza, R.M. 1979. Híbridos ecológicos de sorgo (Sorghum bicolor L. - - Moench). Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, Méx.
- Mendoza, C.M. 1981. Producción de semilla de híbridos ecológicos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). Tesis Profesional. U.A.CH. Chapingo, Méx.
- Perry, D.A. 1980. The concept of seed vigour and its relevance to seed - production techniques. In seed production. Ed. P. Hebblethwaite Butterworths and Co. Ltd. London. P. 585 - 591.
- Perry, D.A. 1981. Methodology and application of vigour tests. Handbook of vigour tests methods. Ed. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. p. 8 -9.
- Peehlman, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa México. p. 415 - 422.
- Robles, S.R. 1982. Terminología genética y fitogenética. Trillas México p. 126 - 127
- Romo, C.E. y Carballo, C.A. 1981. Valles Altos 110 nueva variedad de sorgo para grano, para los Valles Altos de México. Folleto técnico No. 1 S.A.R.H. I.N.I.A. "CAEVAMEX" Chapingo, Méx. 7 p.

Romo, C.E. y Vartan, G. 1983. Mejoramiento del sorgo para los Valles Altos de México. Mimeógrafo.

Váldez, C.R. y García, C.A. 1983. Evaluación de técnicas para determinar madurez fisiológica del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) para los Valles Altos de México. Tesis Profesional, U.N.A.M. F.E.S. - Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli, Méx.

Vega, Z.G. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del sorgo. S.A.R.H. I.N.I.A. México, D.F. 17 p.

**VIII. APENDICE**

CUADRO 13. Análisis de varianza. Peso seco total de plántulas (Experimento cubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	45.1252	2.3750	11.85		
Origen de semilla (O.S)	1	0.1491	0.1491	0.74 N.S	4.38	
Rep. x O.S.	19	3.2418	0.1706	0.85		
Tamaño de semilla (T.S)	2	38.9528	19.4764	97.20 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.6214	0.3107	1.35 N.S.		
Error	76	15.2287	0.2004			
Total	119	103.3184				

C.V. 19.83 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 14. Análisis de varianza. Peso seco total de plántulas (Experimento descubierto.)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	436.36	22.96	9.68		
Origen de semilla (O.S)	1	2.44	2.44	1.02 N.S	4.38	
Rep. x O.S.	19	49.06	2.58	1.08		
Tamaño de semilla (T.S)	2	1144.34	572.17	239.28 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	3.52	1.76	0.74 N.S.		
Error	76	181.73	2.39			
Total	119					

C.V. 12.75 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 15. Análisis de varianza. Peso seco de plántula (Experimento cubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	0.0881561	0.0046398	28.14		
Origen de semilla (O.S)	1	0.0001680	0.0001680	1.02 N.S	4.38	
Rep. x O.S.	19	0.0039366	0.0002072	1.26		
Tamaño de semilla (T.S)	2	0.0647870	0.0323935	196.45 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.0003196	0.0001598	0.97 N.S		
Error	76	0.0125320	0.0001649			
Total	119	0.1698994				

C.V. 10.94 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$   
 N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 16. Análisis de varianza. Peso seco de plántula (Experimento descubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	0.8115619	0.0427138	9.28		
Origen de semilla (O.S)	1	0.0012936	0.0012936	0.28 N.S	4.38	
Rep. x O.S.	19	0.139009	0.0073163	1.48		
Tamaño de semilla (T.S)	2	1.25234702	0.6261735	136.11 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.00245462	0.0012273	0.27 N.S		
Error	76	0.35	0.0046006			
Total	119					

C.V. 10.94 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$   
 N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 17. Análisis de varianza. Porcentaje de germinación (Experimento-cubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	6483.53	341.24	3.26		
Origen de se milla (O.S.)	1	30.00	30.00	0.29 N.S.	4.38	
Rep. x O.S.	19	1540.66	81.09	0.78		
Tamaño de se milla (T.S.)	2	3380.00	1690.00	16.16 **	3.12	4.92
O.S x T.S.	2	93.60	46.80	0.45 N.S.		
Error	76	7950.00	104.61			
Total	119	19477.20				

C.V. 13.77 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 18. Análisis de varianza. Porcentaje de germinación (Experimento-descubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	2112.00	111.16	1.63		
Origen de se milla (O.S.)	1	19.20	19.20	0.28 N.S.	4.38	
Rep. x O.S.	19	908.80	47.83	0.70		
Tamaño de se milla (T.S.)	2	8331.47	4165.72	61.26 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	15.20	7.60	0.11 N.S.		
Error	76	5168.00	68.00			
Total	119					

C.C. 10.76 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$

N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 19. Análisis de varianza. Vigor en base a velocidad de germinación  
(Experimento cubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	6.1737	0.3249	3.65		
Origen de se milla (O.S.)	1	0.0241	0.0241	0.27 N.S.	4.38	
Rep. x O.S.	19	1.1325	0.0596	0.67		
Tamaño de se milla (T.S.)	2	2.9834	1.4917	16.75 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.1142	0.0571	0.64 N.S.		
Error	76	6.7680	0.0891			
Total	119	17.1958				

C.V. 14.74 †

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$   
N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 20. Análisis de varianza. Vigor en base a velocidad de germinación  
(Experimento descubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	2.7978	0.147252	2.73		
Origen de se milla (O.S.)	1	0.04107	0.04107	0.76 N.S.	4,38	
Rep. x O.S.	19	0.58853	0.030975	0.58		
Tamaño de se milla (T.S.)	2	6.809045	3.404522	63.20 **	3.12	4,92
O.S. x T.S.	2	0.097245	0.048622	0.90 N.S.		
Error	76	4.09411	0.053869			
Total	119					

C.V. 11.78 †

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0.01$   
N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 21. Análisis de varianza. Coeficiente de germinación (Experimento-cubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	17.4725	0.9196	3.75		
Origen de semilla (O.S.)	1	0.8052	0.8052	3.28 N.S.	4.38	
Rep. x O.S.	19	5.2327	0.2754	1.12		
Tamaño de semilla (T.S.)	2	0.3231	0.1616	0.66 N.S.	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.1845	0.0923	0.38 N.S.		
Error	76	18.6573	0.2455			
Total	119	42.6753				

C.V. 4.71 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0,01$

N.S. Diferencias no significativas.

CUADRO 22. Análisis de varianza. Coeficiente de germinación (Experimento-descubierto).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft 0.05	Ft 0.01
Bloques	19	17.122486	0.901183	4.92		
Origen de semilla (O.S.)	1	0.071053	0.071053	0.39 N.S.	4.38	
Rep. x O.S.	19	5.320246	0.280012	1.53		
Tamaño de semilla (T.S.)	2	5.524111	2.762055	15.07 **	3.12	4.92
O.S. x T.S.	2	0.266451	0.133225	0.73 N.S.		
Error	76	13.928036	0.183194			
Total	119					

C.V. 4.33 %

\*\* Diferencias altamente significativas con  $\alpha = 0,01$

N.S. Diferencias no significativas.