

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DE LINEAS
F. HIBRIDOS ISOGENICOS DE SORGO
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) CON
DIFERENTE CITOPLASMA

VICTOR PECINA QUINTERO

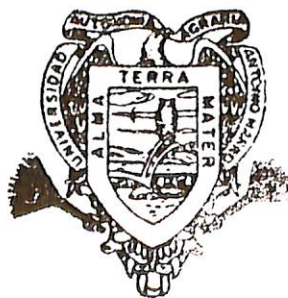
Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.

MAYO DE 1992

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

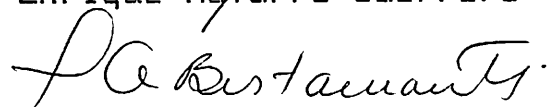
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:


Dr. Enrique Navarro Guerrero

Asesor:


Ing. MS. Leticia Bustamante Garcia

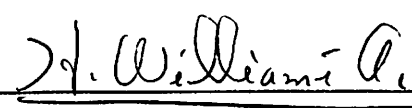
Asesor:

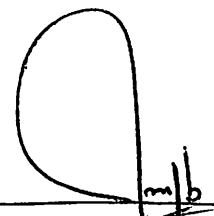

Ing. MC. Regino Mgrones Reza

Asesor:


Ing. MC. Raúl Rodríguez Herrera

Asesor:


Ing. MC. Héctor Williams Alanís


Dr. José M. Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado



Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo de 1992

DEDICATORIA

Con amor y cariño a mi esposa e hijos:

Gabriela Becerril Chávez,

Aldo, Carolina y Gabriela Stephany

Con respeto y cariño a mis padres:

Rodolfo Pecina Alvarado,

Narciza Quintero Hernández

Por el apoyo recibido, sin el cual
hubiera sido difícil culminar esta meta.

A mis suegros:

Darío Becerril Aguilera,

Francisca Chávez Cepeda.

Por su desinteresado apoyo.

A mis hermanos

A mis compañeros de maestría

:

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, por la oportunidad de superación que me brindaron.

Al MC. Raúl Rodríguez Herrera y MC. Héctor Williams Alanís, por el apoyo en la realización de este trabajo y atinadas sugerencias para mejorar el contenido y presentación del mismo.

Al Dr. Enrique Navarro Guerrero, MS. Leticia A. Bustamante García y MC. Regino Morones Reza, por su valiosa ayuda en la culminación de este trabajo.

Al personal del Campo Experimental de Río Bravo que intervino en la conducción del trabajo.

COMPENDIO

Rendimiento y Calidad de Semilla de Líneas e Híbridos
Isogénicos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con
Diferente Citoplasma

Por:

VICTOR PECINA QUINTERO

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO DE 1992

Dr. Enrique Navarro Guerrero -Asesor-

Palabras clave: Líneas, híbridos, isogénicos, cito-
plasma, androesterilidad, estabili-
dad, calidad de semilla, almacena-
miento, sorgo, *Sorghum bicolor*.

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo
Experimental de Río Bravo, Tamaulipas y en el Laboratorio de
Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de
Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro (UAAAN). y cuyos objetivos fueron los

siguientes: a) comparar características agronómicas de líneas e híbridos isogénicos de sorgo con diferente citoplasma; b) comparar la estabilidad de las líneas con diferente citoplasma (A₁ y A₂); c) determinar diferencias en calidad de semilla que pudieran existir debido al tipo de citoplasma.

El material genético utilizado fue desarrollado por el Programa de Sorgo del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, durante el ciclo primavera-verano de 1989 y otoño-invierno de 1989-90 en sus versiones A₁ y A₂. El estudio fue dividido en tres experimentos; evaluación agronómica, estabilidad de la esterilidad y calidad de semilla. En el primer caso se evaluaron un total de 49 tratamientos que resultan de la combinación de cuatro líneas y 20 híbridos en dos versiones (A₁ y A₂), además de un testigo comercial, el diseño experimental fue un látice simple 7x7 con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que no existen diferencias entre citoplasmas (A₁ y A₂) en las características: longitud de panoja, altura de planta y rendimiento de grano, mientras que para días a floración el citoplasma A₂ fue en promedio un día más tardío que el citoplasma A₁. En cuanto a la restauración de la fertilidad en los híbridos, la línea LRB-63 restauró en forma parcial la fertilidad en los dos citoplasmas, en tanto que la línea CS-3541 se vio afectada por el citoplasma A₂,

de tal forma que sólo restauró la fertilidad parcialmente en las líneas LRB-104A, LRB-102A y LRB-110A en esta versión (Az).

Por lo que respecta a la estabilidad de la esterilidad se evaluaron un total de 24 tratamientos que resultan de la combinación de cuatro líneas androestériles en dos versiones (A₁ y A₂) y tres fechas de siembra, el diseño experimental fue un bloques al azar en un arreglo factorial con dos repeticiones. Los resultados mostraron que el citoplasma A₂ es más estable que el A₁, mientras que las líneas androestériles difirieron entre sí, tanto en el citoplasma A₁ como en el A₂, resultando unas más estables que otras.

En cuanto a calidad de semilla se evaluaron un total de 80 tratamientos que resultan de la combinación de cinco genotipos en sus dos versiones (A₁ y A₂), en dos épocas de cosecha (madurez fisiológica y madurez de cosecha) y cuatro periodos de almacenamiento (0, 3, 6 y 9 meses), el diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial con dos repeticiones. Los resultados indicaron que no existen diferencias entre citoplasmas en las características de peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación y peso seco de plántula, mientras que en vigor (germinación y peso seco de plántula después de

envejecimiento acelerado) el citoplasma Az exhibió comportamiento superior al A₁. Por otra parte en cuanto a la época de cosecha se encontró que semilla con citoplasma Az, cosechada a madurez fisiológica es superior en calidad que aquella con citoplasma A₁, mientras que a madurez de cosecha el A₁ supera al Az, presentando un mayor peso seco de plántula.

En conclusión puede decirse que la utilización del sistema de androesterilidad génico-citoplásmico Az en la formación de híbridos puede resultar más ventajoso que el sistema A₁.

ABSTRACT

Grain Yield and Seed Quality of Sorghum Isogenic Lines and
Hybrids with Different Cytoplasm

By

VICTOR PECINA QUINTERO

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. MAY, 1992

PhD. Enrique Navarro Guerrero -Advisor-

Key words: *Sorghum bicolor*, Sorghum isogenic lines
and hybrids, types of cytoplasm.

This research work was carried out at the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agricolas y Pecuarias (INIFAP) located in Rio Bravo, Tamps.; and at the Seed Laboratory of the Centro de Capacitacion y Desarrollo de Tecnologia de Semillas (CCDTS) at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) in Buenavista, Saltillo, Coah., Mexico. The objectives were: 1) compare agronomic traits of sorghum isogenic lines and hybrids, involving

different type of cytoplasms (A_1 and A_2), 2) compare line and hybrid stability with respect to A_1 and A_2 cytoplasms, and 3) determine if there are differences in seed quality in the genotypes due to A_1 and A_2 cytoplasms. The genetic material was developed by the Sorghum Program of INIFAP in 1989. We used a 49 treatment combinations and established them in a 7x7 lattice design with 4 replications. Experimental data showed that there were not differences between the two types of cytoplasm for grain yield, plant height and head long whereas in days to flower A_2 was later when using cytoplasm A_1 . Different restoration response was found in the genotypes, for instance the LRB-63 line restored partially fertility in the two types of cytoplasm, while CS-3541 line restored only in A_1 cytoplasm. With respect to sterile's stability we included a total of 24 treatment combinations from the factors lines (A_1 and A_2 cytoplasm) and three planting dates.

The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) in a factorial arrangement with two replications. The results showed that cytoplasm A_2 was more stable than A_1 did it. A different response with respect to stability was observed among the sterile lines, involving A_1 and A_2 cytoplasms. The seed quality was evaluated at physiological maturity and harvest maturity after four periods of storage (0, 3, 6, and 9 months) under natural conditions. A total of 80 treatment combinations were

evaluated, using a Completely Randomized Design (CRD) arranged under factorial fashion. The results herein indicated that there were not differences between the two types of cytoplasm for the following traits: volumetric weight, 1000 seeds weight, germination and dry weight of seedlings after nine months of storage, whereas on vigor (germination and weight of seedling after accelerated aging) the A₂ cytoplasm was better than A₁. It was also observed that when the seed was harvested at physiological maturity, the A₂ cytoplasm overcomes the A₁, while at harvest maturity the A₁ performed better than A₂ in the dry weight of seedlings.

We can conclude that the utilization of the A₂ sterile cytoplasm could have more advantages in the production of hybrids in relation to A₁.

:

INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Evaluación de Fuentes de Androesterilidad....	5
Calidad de Semilla.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	12
Evaluación del Comportamiento Agronómico.....	12
Area de Estudio.....	12
Material Genético.....	12
Tratamiento y Diseño Experimental.....	13
Ambiente de Evaluación.....	14
Características Evaluadas.....	14
Análisis Estadístico.....	14
Estabilidad de la Esterilidad.....	16
Area de Estudio.....	16
Material Genético.....	17
Tratamiento y Diseño Experimental.....	17
Ambiente de Evaluación.....	17
Características Evaluadas.....	18
Análisis Estadístico.....	18

	Página
Calidad de Semilla.....	19
Area de Estudio.....	19
Material Genético.....	20
Tratamiento y Diseño Experimental.....	20
Cosecha y Almacenamiento.....	21
Características Evaluadas.....	21
Análisis Estadístico.....	22
Descripción de las Características Evaluadas en los Tres Experimentos.....	24
RESULTADOS.....	30
DISCUSION.....	78
CONCLUSIONES.....	89
RESUMEN.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	95
APENDICE.....	98

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
4.1.	Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro características agronómicas de 49 tratamientos que incluyen 25 genotipos de sorgo evaluados bajo condiciones de riego en Río Bravo, Tamps.....	31
4.2.	Medias de cuatro características agronómicas del testigo versus híbridos y líneas de sorgo.....	32
4.3.	Medias de cuatro características agronómicas de híbridos versus líneas de sorgo en dos versiones A ₁ y A ₂	32
4.4.	Medias de días a flor y longitud de panoja de los 10 mejores híbridos por característica.....	33
4.5.	Medias de altura de planta y rendimiento de los 10 mejores híbridos por característica.....	34
4.6.	Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles....	35
4.7.	Medias de altura de planta de los 10 mejores híbridos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.....	36
4.8.	Medias de rendimiento de los 10 mejores híbridos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.....	37
4.9.	Medias de longitud de panoja y altura de planta de cuatro líneas androestériles con citoplasma A ₁	37
4.10.	Restauración de la fertilidad en 20 híbridos de sorgo bajo dos tipos de citoplasma.....	38
4.11.	Cuadrados medios del análisis de varianza de tres características agronómicas de	

Cuadro No.		Página
	cuatro líneas androestériles de sorgo evaluados para determinar su estabilidad.	39
4.12.	Cuadrados medios del análisis de varianza del porcentaje de blasting y grano proveniente de autofecundación de cuatro líneas de sorgo androestériles.....	40
4.13.	Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo.....	41
4.14.	Medias de longitud de panoja y altura de planta de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.....	42
4.15.	Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo a la época de siembra ..	42
4.16.	Medias de excursión de panoja de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo con la fecha de siembra.....	43
4.17.	Estabilidad de la esterilidad de cuatro líneas de sorgo a través de tres fechas de siembra.....	47
4.18.	Estabilidad de la esterilidad de cuatro líneas de sorgo a través de tres fechas de siembra.....	47
4.19.	Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco genotipos de sorgo para peso volumétrico y de mil semillas.....	48
4.20.	Medias de peso volumétrico y de peso de mil semillas de cinco genotipos de sorgo.....	49
4.21.	Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo al tipo de citoplasma.....	50
4.22.	Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de acuerdo a la época de cosecha, proveniente de cinco genotipos de sorgo en dos versiones (A ₁ y A ₂).....	51

Cuadro No.		Página
4.23.	Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de cuatro genotipos de sorgo a diferente época de cosecha.....	52
4.24.	Medias de peso volumétrico (PV) y peso de mil semillas (PMS) por tipo de citoplasma bajo dos épocas de cosecha provenientes de cinco genotipos de sorgo en dos versiones A1 y A2.....	53
4.25.	Cuadrados medios del análisis de varianza para vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado.....	54
4.26.	Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cinco genotipos de sorgo.....	55
4.27.	Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo al tipo de citoplasma.....	56
4.28.	Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha después de envejecimiento acelerado.....	57
4.29.	Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cuatro genotipos de sorgo a diferente época de cosecha.....	58
4.30.	Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado por tipo de citoplasmas bajo dos épocas de cosecha.....	59
4.31.	Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco genotipos de sorgo para germinación y peso seco de plántulas a través de nueve meses de almacenamiento..	60
4.32.	Medias de germinación y peso seco de plántulas de cinco genotipos de sorgo a	

Cuadro No.		Página
	través de nueve meses de almacenamiento..	61
4.33.	Medias de germinación y peso seco de plántula de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma a través de nueve meses de almacenamiento..	63
4.34.	Medias de germinación y peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha a través de nueve meses de almacenamiento.....	63
4.35.	Medias de germinación y peso seco de plántula de cuatro genotipos de acuerdo con la época de cosecha a través de nueve meses de almacenamiento.....	65
4.36.	Medias de germinación y peso seco de plántula por tipo de citoplasma a diferente época de cosecha.....	65
4.37.	Medias de germinación y peso seco de plántula de acuerdo con el tiempo de almacenamiento de cinco genotipos de sorgo en dos versiones A ₁ y A ₂	66
4.38.	Medias de germinación por híbrido de acuerdo al tiempo de almacenamiento.....	67
4.39.	Medias de peso seco de plántula por híbrido de acuerdo al tiempo de almacenamiento.....	68
4.40.	Medias de peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha a diferente tiempo de almacenamiento.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1.	Comportamiento de la excursión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-104A.....	44
4.2.	Comportamiento de la excursión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-102A.....	44
4.3.	Comportamiento de la excursión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-110A.....	45
4.4.	Comportamiento de la excursión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-106A.....	45
4.5.	Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104A.....	69
4.6.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula del genotipo LRB-104.....	69
4.7.	Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104xSCO-599-11E.....	70
4.8.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula del genotipo LRB-104xSCO-599-11E.....	70
4.9.	Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104xLRB-25.....	72
4.10.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula del genotipo LRB-104xLRB-25.....	72
4.11.	Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación del genotipo LRB-104xLRB-63.....	73

Figura No.		Página
4.12.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula del genotipo LRB-104xLRB-63.....	73
4.13.	Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación del genotipo LRB-102xLRB-63.....	75
4.14.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula del genotipo LRB-102xLRB-63.....	75
4.15.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula a madurez fisiológica.....	77
4.16.	Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula a madurez de cosecha.....	77

INTRODUCCION

Cuando en una región se siembran grandes superficies de un cultivo con una sola variedad o con diferentes variedades relacionadas genéticamente entre sí, se corre el riesgo de que se puedan presentar plagas o enfermedades que disminuyan drásticamente la producción, debido a la reducida base genética de éste.

A través de la historia de la humanidad se han presentado ejemplos drásticos de problemas de enfermedades cuando se siembran grandes superficies con variedades estrechamente relacionadas; tal como lo ocurrido en Irlanda en 1845-46, cuando la enfermedad conocida como "tizón tardío" acabó con casi la totalidad de las áreas cultivadas con papa. En épocas más recientes han aumentado los problemas con las royas en trigo y café, y con el hongo *Helminthosporium maydis* raza "T" en maíz. Este último en 1970 redujo la producción en los Estados Unidos en un 50 por ciento, debido a que alrededor del 80 por ciento de la superficie cultivada con este grano poseía solamente una fuente de androesterilidad génico-citoplásmica la cual estaba asociada con una alta susceptibilidad a la

enfermedad. Los anteriores ejemplos demuestran que la uniformidad y la reducida base genética, son el factor principal que favorece la vulnerabilidad de los cultivos a las epidemias.

En la actualidad la mayoría de las especies de importancia económica son genéticamente muy uniformes, como es el caso del cultivo del sorgo a nivel mundial donde se tiene una base germoplásmica reducida dado que la mayoría de los progenitores hembra están emparentados y los híbridos generalmente tienen los mismos progenitores masculinos; si a ello se agrega que casi en su totalidad las líneas androestériles para formar híbridos provienen del sistema Milo x Kafir (A_1). Esto incrementa el riesgo de que en un momento dado se presente un problema fitopatológico que afecte la mayor parte del área cultivada con esta especie.

Debido a lo anterior se ha buscado a nivel mundial nuevas fuentes de androesterilidad génico-citoplásmica que sean diferentes al sistema Milo x Kafir (citoplasma A_1). Como fue la encontrada en 1978 dentro del grupo *Caudatum nigricans* (raza Guinea) que se identificó como citoplasma A_2 .

:

En el año de 1982 se introdujo al Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, la fuente de androesterilidad génico-citoplásmica A_2 , representada por la líneas A_2 -Tx2753

y B₂-Tx2753 las cuales fueron utilizadas para incorporar el citoplasma Az a las líneas élite del Programa de Sorgo, esta incorporación fue por el método de retrocruza, teniéndose a la fecha líneas androestériles, mantenedoras y restauradoras con los dos tipos de citoplasma.

Sin embargo antes de recomendar el uso a nivel comercial de materiales con el citoplasma Az, es conveniente investigar los problemas que presentará esta nueva fuente de androesterilidad principalmente lo relacionado con la producción de semillas y características agronómicas.

Con base en lo anterior se planteó el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1. Comparación agronómica de las líneas e híbridos isogénicos con los dos tipos de citoplasma.
2. Comparar la estabilidad de la esterilidad de las líneas hembra bajo los dos tipos de citoplasma.
3. Determinar si existen diferencias en calidad de semilla debido al tipo de citoplasma.

De los anteriores objetivos se deriva la siguiente hipótesis:

H₀: Las líneas e híbridos con citoplasma A₂ muestran un comportamiento igual o superior en cuanto a características agronómicas y calidad de semilla, que su contraparte isogénico con citoplasma A₁.

REVISION DE LITERATURA

Evaluación de Fuentes de Androesterilidad

La falta de estabilidad en la producción agrícola ha causado severos problemas en el pasado, en su mayor parte, debido a reducida base genética de los cultivos, lo cual en cierto momento los puede hacer vulnerables a factores ambientales, por lo que deben darse acciones tendientes a reducir la vulnerabilidad tanto del cultivo de sorgo como en las demás especies (Schertz y Pring, 1981).

Con el objeto de reducir la vulnerabilidad genética del sorgo y aumentar la diversidad de las fuentes de esterilidad masculina, han sido liberadas en los Estados Unidos líneas parentales de sorgo con sistema de androesterilidad Az y As. Así Schertz y Ritchey (1978) liberaron las líneas Az-Tx2753 y Bz-Tx2753, las que al cruzarse con otras líneas de reacción conocida en el sistema Milo x Kafir (A₁) indicaron que su respuesta es diferente a éste.

Schertz y Pring (1981) mencionan que a la fecha se habían detectado 24 líneas con características de

esterilidad masculina, desconociéndose con certeza cuántos tipos de esterilidad génico-citoplásmica diferentes al Milo-Kafir se encuentran en estos genotipos. Estas líneas se identificaron en colecciones provenientes de 10 razas de sorgo, originarias de 7 países de Africa y Asia. Señalando que 14 de estas líneas se retrocruzaron con la línea BTx-398 y se estudiaron sus progenies, encontrando diferencias entre los citoplasmas de algunas.

Las líneas androestériles difieren considerablemente aún teniendo el mismo sistema de esterilidad presentando algunas polen no viable, otras en cambio presentan anteras indehiscentes con polen (anteras duras). También se encuentran diferencias en la estabilidad de la esterilidad bajo diversas condiciones ambientales, se reporta que las altas temperaturas son responsables de la disminución de la esterilidad tanto en el citoplasma A₁ como en el A₂, según Schertz y Pring (1981).

Con el fin de conocer el comportamiento de diversos tipos de citoplasma en la producción de semilla híbrida de sorgo se han realizado algunos estudios tal y como lo consigna Quinby (1970) quien al estudiar dos híbridos de sorgo, uno con citoplasma estéril y su versión con citoplasma normal, reporta que el híbrido producido con la ayuda de la androesterilidad retrasó en medio día la

floración y presentó una menor altura de planta en 3 cm que su contraparte con citoplasma normal. Sin embargo, el ahijamiento y largo de hojas no fueron influenciados significativamente por el citoplasma, por lo tanto los efectos sobre el rendimiento de grano no fueron significativos.

Asimismo Atkins y Kern (1972) al estudiar el efecto de dos tipos de citoplasma (androestéril y normal) en híbridos de sorgo durante dos años consecutivos concluyeron que los dos tipos no difieren en forma significativa y las pequeñas diferencias no son de importancia práctica; mientras que en contenido de proteína y aminoácido se encontró una pequeña diferencia en favor del citoplasma normal.

Por otra parte Ross y Kofoid (1979) al estudiar los citoplasmas KS-34 y KS-39, señalan que no existen diferencias estadísticas entre ambos para las características: días a floración, altura de planta, rendimiento, panojas por planta, peso de mil semillas y número de semillas por panoja. Además no se detectó ningún efecto adverso del citoplasma en el comportamiento agronómico de la cruza, por lo que pueden ser utilizados sin problemas en la producción de semilla híbrida.

Williams (1987) reporta al estudiar el sistema de androesterilidad génico-citoplásmico A_2 en líneas experimentales y comerciales, que es posible formar algunos híbridos con ambas fuentes (A_1 y A_2), ya que sus progenitores muestran la misma respuesta en los dos sistemas; además de detectar líneas de tipo R en A_1 que son B en A_2 , lo que aumenta la versatilidad en la formación de híbridos, al poder realizar nuevas combinaciones que no eran posibles cuando sólo se contaba con una sola fuente (A_1).

Por otra parte Chisi y Miller (1987) reportaron al comparar híbridos con citoplasma A_1 y A_2 que existen diferencias significativas entre los dos grupos de híbridos para rendimiento, días a floración y altura de planta. Los híbridos A_1 presentaron rendimientos de grano de 5390 a 8115 kg/ha, mientras que los híbridos A_2 de 4990 a 7540 kg/ha. Además reportan que no existen diferencias significativas en cuanto al grado de heterosis entre los dos grupos de híbridos (A_1 y A_2).

No obstante Rodríguez et al. (1991) al estudiar un grupo de híbridos isogénicos para el tipo de citoplasma (A_1 y A_2) reportan que no existen diferencias significativas entre los dos grupos de híbridos para altura de planta, longitud de panoja, excursión, días a floración y rendimiento de grano, por lo cual concluyen que el

citoplasma Az presenta un potencial similar al del tipo A₁.

Calidad de Semilla

Andrews (1971) menciona que la calidad de semilla es un término relativo que se expresa como el nivel o grado de excelencia de las semillas cuando éstas son comparadas con un estándar aceptable.

Por su parte Bragonier (1976) reporta que la calidad de semilla está basada en muchos factores, siendo las pruebas de germinación, pureza, capacidad de almacenamiento y vigor las que clasifican con mayor aproximación dicha calidad.

Copeland y McDonald (1980) mencionan que el Acta de Semillas de los Estados Unidos, basan la calidad de semilla en cuanto a su pureza y germinación, información que sirve para que los agricultores tomen decisiones tales como: costo de la semilla, oportunidad de siembra y cantidad a sembrar.

Delouche (1964) reporta que la máxima calidad de semilla se obtiene en el momento en que éstas alcanzan su máximo peso seco, lo cual ocurre cuando se interrumpe la translocación de sustancias solubles, siendo en este momento cuando la semilla ha alcanzado la madurez fisiológica.

De acuerdo con Rajanna y Andrews (1970) mencionan que una vez que la semilla ha alcanzado su máximo peso seco, viabilidad y vigor, ésta entra en un proceso de deterioro, cuya magnitud puede variar con la especie, variedad y de acuerdo a las condiciones ambientales que prevalezcan en el campo y almacenamiento.

Delouche (1971) señala que una semilla está funcionalmente madura al tiempo de alcanzar su máximo peso seco, lo cual ocurre por lo general cuando las semillas aún presentan altos contenidos de humedad. Esta humedad decrece después de alcanzar la madurez fisiológica de grano y es entonces cuando queda expuesta al efecto de las condiciones ambientales que pueden ser desfavorables, por lo que este período suele ser crítico para la semilla, pudiendo variar de unos cuantos días hasta semanas, alterando la calidad de la semilla.

Este deterioro es el factor que más influye en la pérdida de calidad fisiológica de la semilla, iniciándose inmediatamente después de la madurez fisiológica y continúa hasta que la semilla muere (Azizul et al., 1973).

Bewley y Black (1985) mencionan que variaciones ambientales durante el desarrollo de la semilla usualmente tienen poco efecto en la viabilidad de las semillas; sin

embargo, las variaciones ambientales al tiempo de la maduración y cosecha afectan de tal manera a la semilla que ésta puede presentar diferente potencial de viabilidad, de acuerdo a la especie y variedad.

Por otra parte Delouche y Baskin (1973) reportan que el deterioro bajo condiciones de envejecimiento acelerado es similar a aquel que ocurre bajo condiciones ambientales solamente que es incrementada enormemente la tasa de deterioro. Los lotes de semilla que mantienen su germinación durante el envejecimiento acelerado son buenos para almacenarse, mientras que los que disminuyen su poder germinativo son pobres en esa capacidad.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación del Comportamiento Agronómico

Area de Estudio

El trabajo de campo se llevó a cabo en el Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, durante el ciclo otoño-invierno de 1989-90.

Dicha localidad está situada en la parte norte del estado de Tamaulipas a 25°59' de latitud norte y 98°17' de longitud oeste, presenta un clima cálido seco Bs (h1) hw" (e) según la clasificación de Koeppen modificado por García en 1973 con una precipitación anual de 517 mm, una temperatura media anual de 23°C y una altura de 30 msnm.

Material Genético Utilizado

El material genético utilizado en sus versiones A₁ y A₂ de androesterilidad génico-citoplásmica fueron: las líneas LRB-102A, LRB-104A, LRB-106A y LRB110A, mientras que los restauradores fueron: LRB-25, LRB-63, SCO-599-11E,

74CS-5388 y CS-3541; todas las líneas hembra (A) y las dos primeras líneas R son genotipos mexicanos, obtenidos por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo del Campo Experimental de Río Bravo Tamaulipas; las demás líneas R fueron introducidas de Texas, EUA. El sistema de androesterilidad génico-citoplásmica Az se introdujo a las líneas A₁ en Río Bravo, contándose al inicio de este estudio con ocho retrocurzas hacia Az. Durante el ciclo primavera-verano (P-V) de 1989 se formaron los 20 híbridos posibles y se incrementaron las cuatro líneas andoestériles, ambos en sus versiones A₁ y Az; la semilla cosechada se utilizó para realizar las evaluaciones del presente estudio.

Tratamientos y Diseño Experimental

En dicha evaluación se utilizaron un total de 49 tratamientos que resultan de combinar 20 híbridos (H) y cuatro líneas (L), con dos tipos de citoplasma (A₁ y Az) y un testigo comercial (T).

El diseño experimental utilizado fue un látice simple 7x7 con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de dos surcos de 5 m de largo por 0.8 m de ancho y 20 plantas por metro lo cual da una densidad de 250,000 plts/ha.

Ambiente de Evaluación

El ensayo fue sembrado bajo condiciones de riego y el manejo agronómico se dio de acuerdo a las recomendaciones que para el sorgo se dan en el norte de Tamaulipas por SARH-INIFAP.

Características Evaluadas

Las variables evaluadas fueron: días a floración, longitud de panoja, altura de planta, rendimiento de grano y respuesta a la restauración de la fertilidad en los híbridos.

Análisis Estadístico

Para llevar a cabo los análisis de varianza de los resultados expresados en por ciento y escala, se transformaron para satisfacer las suposiciones del análisis de varianza, utilizando las siguientes fórmulas:

$$a) Y = \text{Arco seno } \sqrt{\frac{X}{100} + 0.05} \quad (\text{Steel y Torrie, 1986})$$

Y = valor transformado

X = observación original

b) Porcentaje	Escala	
100-76	1	
75-51	2	$R = \sqrt{X+1}$
50-26	3	(Little y Jackson,
25- 1	4	1979)
0	5	

R = valor transformado

X = valor de la observación (escala)

1 = constante

Para interpretar el efecto de tratamientos se hizo una partición de éstos de la forma siguiente: un contraste ortogonal del testigo (T) versus líneas e híbridos (LyH), genotipos (líneas e híbridos) (G), citoplasma (C) y la interacción genotipo x citoplasma (GxC). El efecto de genotipos a su vez se descompondrá en una comparación de línea (L) vs híbridos (H), entre líneas (L) y la de híbridos (H); del mismo modo la interacción genotipos x citoplasma (GxC), líneas vs híbridos por citoplasma (LvsH x C), líneas x citoplasma (LxC) e híbridos x citoplasma (HxC).

De acuerdo a lo anterior si se detecta respuesta significativa de los efectos se hará un uso de la prueba de rango múltiple de Duncan considerando un nivel de significancia del $\alpha = 5$ por ciento.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_k + B_j(R_k) + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = valor observado de las características en estudio en la unidad experimental (ijk)

μ = efecto de la media

T_i = efecto debido al tratamiento

R_k = efecto de la repetición

$B_j(R_k)$ = efecto del bloque incompleto j de la repetición k

e_{ijk} = efectos del error experimental

Estabilidad de la Esterilidad

Area de Estudio

El trabajo fue establecido en los terrenos del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, durante el ciclo otoño invierno de 1989-90.

Material Genético

Se utilizaron cinco líneas hembra en dos versiones de androesterilidad génico-citoplásmica (A_1 y A_2). Estas líneas fueron desarrolladas por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas y fueron: LRB-102A, LRB-104A, LRB-106A y LRB110A. El sistema de androesterilidad génico-citoplásmica se introdujo a las líneas en dicho campo, y contaban al inicio de este estudio con ocho retrocruzas hacia A_2 .

Tratamiento y Diseño Experimental

Se utilizaron un total de 24 tratamientos los cuales resultan de la combinación de las cuatro líneas hembra, en sus dos versiones (A_1 y A_2) y tres fechas de siembra.

El diseño experimental empleado fue un bloques al azar con dos repeticiones por fecha de siembra, siendo la unidad experimental de dos surcos de 5 m de largo por 0.8 m de ancho y 20 plantas/m lo cual dio una densidad de 250,000 plantas/ha.

Ambiente de Evaluación

El trabajo fue sembrado bajo condiciones de riego en tres fechas de siembra, 20 de febrero, 8 de marzo y 23 de

marzo; el manejo agronómico se dio de acuerdo con las recomendaciones que para el cultivo de sorgo se dan en el norte de Tamaulipas por SARH-INIFAP (1990).

Características Evaluadas

Las variables evaluadas fueron: excursión de panoja, longitud de panoja, altura de planta, porcentaje de blasting y presencia de fertilidad.

Análisis Estadístico

Las observaciones obtenidas en porcentaje se transformaron por Arco seno (Steel y Torrie, 1986) para satisfacer las suposiciones del análisis de varianza.

Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij} + F_k + GF_{ik} + EF_{jk} + GEF_{ijk} + B_l + e_{ijkl}$$

donde:

:

Y_{ijkl} = valor observado de las características en estudio en la unidad experimental (ijkl)

μ = media general

G_i = efecto del i-ésimo genotipo

E_j = efecto del j -ésimo citoplasma

GE_{ij} = efecto del i -ésimo genotipo bajo el j -ésimo citoplasma

F_k = efecto de la k -ésima fecha de siembra

GF_{ik} = efecto del i -ésimo genotipo en la k -ésima fecha de siembra

EF_{jk} = efecto del j -ésimo citoplasma en la k -ésima fecha de siembra

GEF_{ijk} = efecto del i -ésimo genotipo, en el j -ésimo citoplasma y la k -ésima fecha de siembra

B_l = efecto del l -ésimo bloque

e_{ijkl} = efecto del error experimental

Para interpretar la significancia de la respuesta de los tratamientos se hizo uso de la prueba de rango múltiple de Duncan considerando un nivel de significancia de $\alpha = 5$ por ciento (Steel y Torrie, 1986).

Calidad de Semilla

Area de Estudio

Las pruebas para evaluar la calidad fisiológica de semilla se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila,

durante los meses de julio de 1990 a julio de 1991.

Material Genético

La calidad de semilla fue evaluada en los siguientes materiales; la línea hembra LRB-104A y los híbridos LRB-104 x SCO-599-11E, LRB-104 x LRB-25, LRB-104 x LRB-63 y LRB-102 x LRB-63; dichos materiales fueron desarrollados por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas; la semilla utilizada en este estudio fue producida durante el ciclo O-I de 1989-90 en sus dos versiones A₁ y A₂.

Tratamiento y Diseño Experimental

Se evaluaron un total de 80 tratamientos que resultan de la combinación de cinco genotipos (una línea y cuatro híbridos) con dos tipos de citoplasma (A₁ y A₂), en dos épocas de cosecha (madurez fisiológica y madurez de cosecha) y a cuatro tiempos de almacenamiento (0, 3, 6 y 9 meses).

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con arreglo factorial y dos repeticiones.

Cosecha y Almacenamiento

Debido a que los genotipos de sorgo presentaron diferente grado de madurez, la cosecha para madurez fisiológica se llevó a cabo en un período de 15 días y una vez cosechada la semilla se almacenó en un cuarto frío (10°C) en sobres de papel hasta tener todas las líneas bajo la misma condición, lo cual se prolongó por aproximadamente 30 días, hasta que se cosechó el tratamiento de madurez de cosecha. Posteriormente toda la semilla se secó en forma natural hasta que ésta alcanzó un 10 por ciento de humedad, después de lo cual se evaluó la calidad inicial de la semilla. El sobrante (100 g/genotipo) se almacenó en sobres de papel, bajo condiciones naturales en el Laboratorio de Producción de Semillas del CCDTS de la UAAAN, en Buenavista, Saltillo, Coahuila; muestreándose la semilla a intervalos de tres meses para los ensayos de calidad.

Características Evaluadas

Las variables evaluadas fueron las siguientes: peso volumétrico, peso de mil semillas, vigor mediante germinación, peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado y capacidad de germinación.

Análisis Estadístico

Para interpretar el efecto de genotipos se hizo una partición de la siguiente manera: un contraste ortogonal de la línea vs híbridos, y una comparación de medias entre híbridos, del mismo modo la interacción genotipo x citoplasma se descompuso en un contraste de la línea vs híbridos x citoplasma, híbridos x citoplasma y los citoplasmas dentro de cada uno de los genotipos.

Las observaciones obtenidas en porcentaje se transformaron por medio de Arco seno (Steel y Torrie, 1986) para satisfacer las suposiciones del análisis de varianza.

Los datos obtenidos fueron analizados bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij} + C_k + GC_{ik} + EC_{jk} + GEC_{ijk} + A_l + GA_{il} + EA_{jl} + CA_{kl} +$$

$$GEA_{ijl} + GCA_{ikl} + ECA_{jkl} + GECA_{ijkl} + e_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = efecto del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo citoplasma bajo la k -ésima cosecha y la l -ésimo tiempo de almacenamiento

μ = media general

G_i = efecto del i -ésimo genotipo

E_j = efecto del j -ésimo citoplasma

GE_{ij} = efecto del i -ésimo genotipo dentro del j -ésimo citoplasma

C_k = efecto de la k -ésima época de cosecha

GC_{ik} = efecto del i -ésimo genotipo bajo la k -ésima época de cosecha

EC_{jk} = efecto del j -ésimo citoplasma en la k -ésima época de cosecha

GEC_{ijk} = efecto del i -ésimo genotipo en el j -ésimo citoplasma y la k -ésima época de cosecha

A_l = efecto del l -ésimo tiempo de almacenamiento

GA_{il} = efecto del i -ésimo genotipo en el l -ésimo tiempo de almacenamiento

EA_{jl} = efecto del j -ésimo citoplasma en el l -ésimo tiempo de almacenamiento

CA_{kl} = efecto de la k -ésima época de cosecha en el l -ésimo tiempo de almacenamiento

GEA_{ijl} = efecto del i -ésimo genotipo en el j -ésimo citoplasma y el l -ésimo tiempo de almacenamiento

GCA_{ikl} = efecto del i -ésimo genotipo en la k -ésima época de cosecha y el l -ésimo tiempo de almacenamiento

ECA_{jkl} = efecto del j -ésimo citoplasma en la k -ésima época de cosecha y el l -ésimo tiempo de almacenamiento

$GECA_{ijkl}$ = efecto del i -ésimo genotipo en el j -ésimo

citoplasma bajo la k-ésima época de cosecha y
 el l-ésimo tiempo de almacenamiento
 eijkl= error experimental

En caso de detectar diferencia de los efectos se
 hará uso de la prueba de rango múltiple de Duncan
 considerando un nivel de significancia del $\alpha = 5$ por ciento.

Descripción de las Características Evaluadas en los Tres Experimentos

Días a Floración

Para ello se tomaron los días transcurridos desde la
 siembra hasta que la parcela presentó el 50 por ciento de
 panojas en anthesis.

Porcentaje de "Blasting"

Se estimó en forma visual el porcentaje de la panoja
 que presentó blasting, dicha observación se realizó en plena
 floración.

:

Respuesta a la Restauración de la Fertilidad

Para tal efecto se cubrieron con bolsas de papel,
 panoja de cinco plantas al azar dentro de cada parcela de

los diferentes híbridos, para evitar la ocurrencia de polinización cruzada, evaluando al final el porcentaje de formación de grano.

Presencia de Fertilidad

Este aspecto se evaluó en líneas A₁ y A₂, cubriendo antes de floración panojas de cinco plantas al azar por línea y por parcela, observándose 30 días después de antesis si ocurrió la formación de grano, expresando el resultado en porcentaje.

Excursión de Panoja

Esta se tomó midiendo la longitud (cm) del pedúnculo de la panoja a partir de la vaina de la hoja bandera hasta la base de la panoja, en cinco plantas al azar de cada parcela.

Longitud de Panoja

De las plantas anteriores se midió la longitud de panoja en centímetros, desde la base de esta hasta su ápice.

Altura de Planta

Se tomó en base a la longitud (m) que presentaron las mismas plantas donde se evaluaron las anteriores características, midiéndose desde la base del suelo hasta el ápice de la panoja.

Rendimiento de Grano

Este se expresó en toneladas por hectárea y fue calculado de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{PC}}{1000} \times 2500 \times \frac{(100-h)}{86}$$

donde:

PC = peso de campo expresado en kg

h = porcentaje de humedad del grano

1000 = unidades para convertir kg a ton

2500 = factor para convertir a ton/ha en base a la cosecha de 4 m² de parcela útil

(100-h) = porcentaje de materia seca

86 = factor para obtener grano al 14 por ciento de humedad.

Peso Volumétrico

Esta característica se determinó utilizando una muestra de semilla pura, homogenizada y con un contenido de

humedad del 10 por ciento, se empleó un recipiente de volumen conocido, el cual se llenó en exceso de semilla, y que fue eliminado con el paso de una regla en forma de zigzag, enseguida se pesó en una balanza granataria dicho contenido, para obtener el peso en gramos, posteriormente estas observaciones se transformaron a kilogramos por hectolitro, realizándose dos repeticiones por genotipo.

Peso de Mil Semillas

Se determinó tomando una fracción de semilla pura de todos los tratamientos, pesando cuatro repeticiones de 100 semillas, la media de estos pesos se multiplicó por 10 para obtener el peso de mil semillas (g).

Capacidad de Germinación

En la evaluación de dicha característica se utilizó el método de toallas de papel húmedas, sugerido por ISTA en 1985.

Para lo cual se colocaron en toallas de papel americano humedecidas a saturación, cuatro repeticiones de 50 semillas previamente tratadas con fungicida, cubriendo y enrollando para formar una especie de taco, los que se identificaron y colocaron en bolsas de plástico para

introducirlas en una estufa germinadora a $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por siete días, después de lo cual se determinó el porcentaje de germinación en base a plántulas normales, registrándose también plántulas anormales y semillas muertas.

Peso Seco de Plántula

Este se determinó bajo la modificación de la prueba tasa de crecimiento de plántula sugerido por ADSA en 1983, por lo cual se colocaron en toallas de papel humedecidas a saturación repeticiones de 50 semillas en dos hileras a lo largo de éstas. La primera hilera se colocó a 6 cm del borde superior de la toalla y la segunda a 13 cm, quedando una distancia de 7 cm entre hileras. Las semillas se colocaron en forma orientada de tal forma que la radícula se dirigiera hacia el lado inferior; las toallas enrolladas se colocaron en una estufa a $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por siete días, tomando al final de este período sólo las plántulas normales a las cuales se les desprendió el grano, colocándose en bolsas de papel para secarlas en una estufa a $80^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, posteriormente se colocaron en un desecador para su enfriamiento; el pesado se realizó en una balanza analítica registrándose el peso en gramos con cuatro decimales, para luego convertir a mg/plántula.

Germinación Después de Envejecimiento Acelerado

Para calificar también el vigor se expusieron 200 semillas en vasos de precipitado sellados conteniendo 100 ml de agua, sobre una malla colocada arriba de un soporte a una temperatura de $43^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del 100 por ciento por 72 horas. Al término de este período se realizó la prueba de germinación estándar establecido por el ISTA en 1985.

Peso Seco de Plántula Después de Envejecimiento Acelerado

Las plántulas normales obtenidas en la germinación estándar después de envejecimiento acelerado fueron llevadas a peso seco de plántula mg/pl, eliminándose igualmente el grano de la raíz y vástago para secar a $80^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 h, tal y como se describe en las evaluaciones anteriores.

RESULTADOS

Evaluación Agronómica

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para días a floración, longitud de panoja, altura de planta y rendimiento de grano de 49 tratamientos que incluyen 20 híbridos (H), cuatro líneas (L) en dos versiones (A₁ y A₂) y un testigo comercial evaluados bajo condiciones de riego en Río Bravo, Tamaulipas, observándose que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos para las cuatro características agronómicas. Al realizar la partición de los principales efectos se detectó lo siguiente (Cuadro 4.1): diferencias estadísticas entre el testigo y los otros 24 genotipos (HyL) para días a floración, longitud de panoja y rendimiento de grano, para altura de planta tal diferencia fue altamente significativa, mientras que entre genotipos, líneas (L) vs híbridos (H) y entre híbridos (H) las diferencias fueron significativas al ($P > .01$) en las cuatro características agronómicas, entre líneas (L) sólo se detectaron diferencias ($P > .05$) en longitud de panoja, altura de planta y rendimiento; por otra parte el análisis reporta

diferencias significativas entre citoplasma (C) sólo para días a floración; en las interacciones genotipos por citoplasma en altura de planta y rendimiento de grano, mientras que entre híbridos vs líneas por citoplasma (HvsLxC) las diferencias fueron en días a floración, en tanto que entre híbridos por citoplasma (HxC) para altura de planta al $P > .01$ y rendimiento al $P > .05$, en líneas por citoplasma (LxC) las diferencias fueron para longitud de panoja ($P > .01$) y altura de planta ($P > .05$).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro características agronómicas de 49 tratamientos que incluyen 25 genotipos de sorgo evaluados bajo condiciones de riego en Río Bravo, Tamaulipas.

FV	GL	Días a floración	Longitud de panoja (cm)	Altura de pta (cm)	Rendto. kg/ha
Trat.	48	50.87**	0.0057**	0.0766**	3.4758**
Test vs (HyL)	1	60.45*	0.0051*	0.0784**	0.7003*
Genotipos	23	74.27**	0.0097**	0.1455**	6.8777**
L vs H	1	889.48**	0.0133**	0.8413**	112.833**
H	19	800.7**	0.0103**	0.1202**	2.2112**
L	3	18.09ns	0.0049**	0.0735**	1.0456**
Citoplasma	1	58.5*	0.003ns	0.004ns	0.033ns
GxC	23	267.75ns	0.0015ns	0.0107**	0.3442**
(HvsL)xC	1	64.23*	0.0004ns	0.0014ns	0.4712ns
HxC	19	180.03ns	0.0008ns	0.0112**	0.3303*
LxC	3	22.59ns	0.007**	0.0108*	0.3896ns
Error	144	2136.44	0.0012	0.0028	0.1585
C.V. (%)	:	4.7	11.35	3.49	8.5

*, **, significativo y altamente significativa al .05 y .01 por ciento de probabilidad respectivamente.

En cuanto a los coeficientes de variación el más alto lo presenta el análisis de longitud de panoja con 11.35 por ciento.

Al comparar las medias del testigo contra los híbridos y líneas (HyL) (Cuadro 4.2) puede observarse que los nuevos genotipos (HyL) superan al testigo sólo en longitud de panoja, y rendimiento; mientras que los híbridos superan a las líneas en días a floración, longitud de panoja y rendimiento (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.2. Medias de cuatro características agronómicas del testigo vs híbridos y líneas de sorgo.

Genotipo	Días a flor	Longitud de panoja (cm)	Altura de planta (m)	Rendto. (kg/ha)
RB-3030	78a	26.7b	1.39a	4231b
HyL	82b	30.7a	1.53b	4654a

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético (Duncan .05)

Cuadro 4.3. Medias de cuatro características agronómicas de híbridos vs líneas de sorgo en dos versiones A1 y A2.

Genotipo	Días a flor	Longitud de panoja (cm)	Altura de planta (m)	Rendto. (kg/ha)
Híbridos	81a	30.7a	156b	4996a
Líneas	87b	28.5b	138a	2939b

Por otra parte puede observarse en los Cuadros 4.4 y 4.5 los mejores 10 híbridos por característica; en días a floración la evaluación muestra un grupo de 10 materiales que de acuerdo con la prueba de medias (Duncan .05) estadísticamente son iguales, además se observa que estos genotipos provienen de la cruce con los restauradores 74CS-5388 y SCO-599-11E. Mientras que en longitud de panoja se detectó un grupo de cuatro materiales, que en forma estadística son iguales y diferentes al resto, este grupo lo forman la combinación de las líneas LRB-104 y LRB-102 con los restauradores LRB-63 y LRB-25.

Cuadro 4.4. Medias de días a flor y longitud de panoja de los 10 mejores híbridos por característica.

Genotipo	Días a floración	Genotipo	Longitud de panoja (cm)
LRB-104x74CS-5388	77a	LRB-104xLRB-63	36.7a
LRB-110xSCO-599-11E	78a	LRB-102xLRB-63	36.12a
LRB-106x74CS-5388	79a	LRB-102xLRB-25	35.5a
LRB-106xSCO-599-11E	79a	LRB-104xLRB-25	35.0a
LRB-110x74CS-5388	79a	LRB-106xLRB-25	33.75ab
LRB-102xSCO-599-11E	79a	LRB-106xLRB-63	33.62ab
LRB-104xSCO-599-11E	79a	LRB-110xLRB-25	33.25ab
LRB-102x74CS-5388	80a	LRB-110xLRB-63	32.85ab
LRB-102xCS-3541	80a	LRB-104xSCO-599-11E	30.37b
LRB-106xCS-3541	81a	LRB-102xCS-3541	30.25b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

Cuadro 4.5. Medias de altura de planta y rendimiento de los mejores 10 híbridos por característica.

Genotipo	Altura de planta (m)	Genotipo	Rendto. (kg/ha)
LRB-106xLRB-63	1.42a	LRB-102xLRB-25	7498a
LRB-104xSCO-599-11E	1.43a	LRB-104xLRB-25	7393a
LRB-102xSCO-599-11E	1.43a	LRB-106xLRB-25	7225ab
LRB-104xLRB-63	1.44a	LRB-110xLRB-25	6848b
LRB-106xSCO-599-11E	1.45ab	LRB-104xCS-3541	6654bc
LRB-110x74CS-5388	1.49bcd	LRB-104xLRB-63	6356cde
LRB-104x74CS-5388	1.5cd	LRB-104xSCO-599-11E	6162de
LRB-106x74CS-5388	1.51cd	LRB-106xCS-3541	6136de
LRB-106xLRB-63	1.51cd	LRB-110xCS-3541	6076e
LRB-102xLRB-63	1.52d	LRB-106xLRB-63	5910e

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativas
 (Duncan .05)

En cuanto a altura de planta los mejores materiales son el LRB-110xLRB-63, LRB-104xSCO-599-11E, LRB-102xSCO-599-11E y el LRB-104xLRB-63, además de diferir significativamente con el resto; mientras que en rendimiento, los mejores genotipos son el LRB-102xLRB-25 y el LRB-104xLRB-25 con 7498 y 7393 kg/ha, respectivamente, superando estadísticamente a los demás materiales (Duncan .05).

El Cuadro 4.6 presenta las medias de tres características agronómicas de las cuatro líneas (L)

androestériles de sorgo y se observa que la línea LRB-104 difiere en forma significativa en longitud de panoja con las otras tres, además de superarlas, mientras que en altura de planta y rendimiento de grano, las diferencias no fueron significativas con las líneas LRB-110 y LRB-106 respectivamente.

Cuadro 4.6. Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo.

Genotipo	Longitud de panoja (cm)	Altura de planta (m)	Rendto. (kg/ha)
LRB-104A	31.88a	1.28a	3162a
LRB-102A	27.6b	1.49b	2653b
LRB-110A	28.5ab	1.33a	2612b
LRB-106A	26.0b	1.44b	3331a

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativas
 (Duncan .05)

En lo que se refiere a altura de planta de los híbridos con respecto al tipo de citoplasma, el análisis muestra que existen diferencias estadísticas entre híbridos (Cuadro 4.7) tanto en el citoplasma A_1 como en el A_2 , siendo superiores los genotipos LRB-106xSCO-599-11E y LRB-110xSCO-599-11E en el A_1 , mientras que en A_2 el LRB-110xLRB-63 y LRB-104xSCO-599-11E son los mejores. En cuanto a rendimiento (Cuadro 4.8) puede observarse que las diferencias entre los híbridos son significativas tanto en

el citoplasma A₁ como en el A₂. Sin embargo los primeros cuatro genotipos conservan su superioridad bajo las dos situaciones aunque no en el mismo orden.

Cuadro 4.7. Medias de altura de planta de los 10 mejores híbridos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.

Genotipo	A ₁	Genotipo	A ₂
	Altura de planta (m)		Altura de planta (m)
LRB-106xSCD-599-11E	1.39a	LRB-110xLRB-63	1.37a
LRB-110xSCD-599-11E	1.42a	LRB-104xSCD-599-11E	1.41a
LRB-106x74CS-5388	1.44ab	LRB-110xSCD-599-11E	1.44ab
LRB-104xSCD-599-11E	1.44ab	LRB-104xLRB-63	1.44ab
LRB-106xLRB-63	1.45ab	LRB-110x74CS-5388	1.46ab
LRB-104xLRB-63	1.45ab	LRB-104x74CS-5388	1.5b
LRB-110xLRB-63	1.47ab	LRB-106xSCD-599-11E	1.52b
LRB-104x74CS-5388	1.49ab	LRB-102xSCD-599-11E	1.52b
LRB-102xLRB-63	1.51b	LRB-102xLRB-63	1.52b
LRB-110xLRB-63	1.51b	LRB-104xLRB-25	1.52b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativas
 (Duncan .05)

Por otra parte en el Cuadro 4.9 se presentan las medias de longitud de panoja y altura de planta de las cuatro líneas (L) androestériles de sorgo, observándose que existen diferencias entre éstas sólo bajo el citoplasma A₁ donde la línea LRB-104 presenta los más altos valores, mientras que la LRB-106, muestra un comportamiento inferior

en ambas características.

Cuadro 4.8. Medias de rendimiento de los 10 mejores híbridos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.

Genotipo	A ₁ Rendimiento (kg/ha)	Genotipo	A ₂ Rendimiento (kg/ha)
LRB-102xLRB-25	7620a	LRB-106xLRB-25	7522a
LRB-104xLRB-25	7545a	LRB-102xLRB-25	7377a
LRB-110xLRB-25	7112ab	LRB-104xLRB-25	7201ab
LRB-106xLRB-25	6929abc	LRB-110xLRB-25	6585bc
LRB-104xCS-3541	6833bcd	LRB-104xLRB-63	6458bc
LRB-104xSCO-599-11E	6403cd	LRB-104xCS-3541	6426bc
LRB-110xCS-3541	6395cd	LRB-106xCS-3541	6219c
LRB-110xLRB-63	6290cd	LRB-106x74CS-5388	6218c
LRB-104xLRB-63	6194cd	LRB-106xSCO-599-11E	6193c
LRB-106xCS-3541	6053d	LRB-102x74CS-5388	6035c

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativas
(Duncan .05).

Cuadro 4.9. Medias de longitud de panoja y altura de planta de cuatro líneas androestériles con citoplasma A₁.

Genotipo	Longitud de panoja (cm)	Altura de planta (m)
LRB-104A	33.2a	1.465a
LRB-102A	28.7ab	1.390b
LRB-110A	28.2b	1.365b
LRB-106A	21.0c	1.292c

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativas
(Duncan .05).

En lo referente a la restauración de la fertilidad masculina, el análisis muestra que existen diferencias entre genotipos y genotipos por tipo de citoplasma, observándose en el Cuadro 4.10 que los genotipos provenientes de la cruce con los restauradores SCO-599-11E, LRB-25 y 74CS-5388 son los que presentan óptimos porcentajes de grano, mientras que los híbridos provenientes de la cruce de las líneas LRB-104, LRB-102 y LRB-106 con el restaurador LRB-63 presentan bajos porcentajes de fertilidad tanto en el citoplasma A₁ como en el A₂, mientras que en la línea LRB-106 sólo se ve afectada cuando se utiliza el citoplasma A₂; por otra parte el restaurador CS-3541 interacciona con el citoplasma A₂ en las líneas LRB-104, LRB-102 y LRB-110, restaurando la fertilidad sólo en forma parcial.

Cuadro 4.10. Restauración de la fertilidad en 20 híbridos de sorgo bajo dos tipos de citoplasma.

Genotipo	Citoplasma		Genotipo	Citoplasma	
	A ₁	A ₂		A ₁	A ₂
LRB-104xLRB-63	3	4	LRB-110xLRB-63	3	4
LRB-104xSC-3541	1	4	LRB-110xCS-3541	1	4
LRB-104xSCO-599-11E	1	1	LRB-110xSCO-599-11E	1	1
LRB-104xLRB-25	1	1	LRB-110xLRB-25	1	1
LRB-104x74CS-5388	1	1	LRB-110x74CS-5388	1	1
LRB-102xLRB-63	4	4	LRB-106xLRB-63	1	3
LRB-102xSC-3541	1	4	LRB-106x74CS-3541	1	1
LRB-102xSCO-599-11E	1	1	LRB-106xSCO-599-11E	1	1
LRB-102xLRB-25	1	1	LRB-106xLRB-25	1	1
LRB-102x74CS-5388	1	1	LRB-106x74CS-5388	1	1

1= (100-70), 2=(75-51), 3= (50-26), 4=(25-1) y 5=(0); porcentaje de grano formado.

Estabilidad de las Líneas Androestériles

El análisis de varianza para determinar la estabilidad de las líneas (Cuadro 4.11) detectó diferencias significativas entre líneas (L) para longitud de panoja y altura de planta, mientras que para excursión de panoja las diferencias fueron altamente significativas. También se detectaron diferencias en la interacción línea por citoplasma (LxC) para longitud de panoja y altura de planta; en cuanto a fechas de siembra las diferencias fueron estadísticamente significativas para longitud de panoja ($P > .05$), excursión de panoja y altura de planta ($P > .01$), por último la interacción línea por fecha de siembra (LxFS) fue estadísticamente significativa sólo para excursión de panoja.

Cuadro 4.11. Cuadrados medios del análisis de varianza de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo evaluadas para determinar su estabilidad.

FV	GL	Longitud de panoja (cm)	Excursión de panoja (cm)	Altura de planta (m)
Líneas	3	31.22*	114.91**	0.026*
Citoplasma	1	40.33ns	38.52ns	0.009ns
LxC	3	51.77**	26.24ns	0.036**
Fecha de siembra	2	47.14*	522.89**	0.094**
CxFS	2	2.52ns	0.27ns	0.007ns
LxCxFS	6	18.95ns	27.28*	0.006ns
GxCxFS	6	6.54ns	9.99ns	0.007ns
Error	23	9.52	9.80	0.006
C.V. (%)		11.09	32.60	6.21

*, **, significativo y altamente significativo al .05 y .01 por ciento de probabilidad respectivamente.

En cuanto a los coeficientes de variación puede observarse que para excursión de panoja este es alto con 32.6 por ciento, mientras que para longitud de panoja y altura de planta son bajos con 11.09 y 6.21 por ciento respectivamente.

La continuación de los análisis de varianza (Cuadro 4.12) muestra que no existen diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación en cuanto a los porcentajes de blasting, presentando el análisis un coeficiente de variación bajo (7.33 por ciento). Por otra parte el análisis de estabilidad de la esterilidad a través de las fechas de siembra (por ciento de granos proveniente de la autofecundación) (Cuadro 4.12) detectó que dichas diferencias son reales y que por lo tanto el error es cero, de ahí que no se presenten valores de CME en dicha variable.

Cuadro 4.12. Cuadrados medios del análisis de varianza de porcentaje de blasting y de grano proveniente de autofecundación de cuatro líneas de sorgo androestériles.

FV	GL	% de blasting	% de grano ¹
Líneas	3	0.876ns	*
Citoplasma	1	1.394ns	*
LxC	3	0.199ns	*
Fecha de siembra	2	1.459ns	*
LxFS	6	1.696ns	*
CxFS	2	0.131ns	*
LxCxFS	6	0.355ns	*
Error	23	0.839ns	
C.V. (%)		7.33	

¹ * Significativos. Los valores son reales

En la comparación de medias entre líneas (Cuadro 4.13) para longitud de panoja, excursión de panoja y altura de planta se observa, que las líneas LRB-102 y LRB-110 presentan las mejores características agronómicas, seguidas de la línea LRB-104 y la línea LRB-106 respectivamente.

Cuadro 4.13. Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo.

Línea	Longitud de panoja (cm)	Excursión de panoja (cm)	Altura de planta (m)
LRB-104	28.41ab	6.58b	1.22a
LRB-102	29.58a	10.75A	1.33c
LRB-110	27.58ab	13.41a	1.23ab
LRB-106	25.75b	7.66b	1.27b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativos
(Duncan .05)

El análisis de la interacción línea por citoplasma, detectó que existen diferencias entre líneas para longitud de panoja sólo bajo el citoplasma A₁. Mientras que para altura de planta las diferencias fueron significativas, tanto en A₁ como en A₂. Además se detectó también que existe una respuesta diferencial de la línea LRB-106 según el tipo de citoplasma, siendo la altura de planta mayor cuando es utilizado el citoplasma A₂. Por otra parte la comparación de medias (Cuadro 4.14) muestra que el mejor comportamiento lo exhibe la línea LRB-104 resultando estadísticamente diferente al resto para ambas características.

Cuadro 4.14. Medias de longitud de panoja y altura de planta de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma.

Línea	Az		Az
	Longitud de panoja (cm)	Altura de planta (m)	
LRB-104	29.66a	1.25a	1.25a
LRB-102	29.00a	1.31b	1.34b
LRB-110	27.00a	1.26ab	1.21a
LRB-106	22.00b	1.18a	1.36b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativos
 (Duncan .05)

En cuanto a las fechas de siembra la comparación de medias (Cuadro 4.15) muestra que para longitud de panoja existen diferencias significativas; siendo en la tercer fecha de siembra cuando las líneas presentan la mayor longitud de panoja. Mientras que en excersión de panoja las líneas se comportan mejor en la primer fecha, difiriendo con las demás. En cuanto a altura de planta el segundo y tercer periodo de siembra, presentan un comportamiento similar y son superiores a la primer fecha de siembra.

Cuadro 4.15. Medias de tres características agronómicas de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo a la época de siembra

Fecha de siembra (días)	Longitud de panoja (cm)	Excersión de panoja (cm)	Altura de planta (m)
0	26.93b	15.62a	1.35b
15	26.75b	8.93b	1.20a
30	29.81a	4.25c	1.24a

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativos
 (Duncan .05)

Por otra parte para excersión de panoja para la interacción líneas por fecha de siembra (LxFS) el análisis detecta diferencias entre líneas cuando se combinan con la primera y segunda fecha de siembra, con una tendencia a disminuir su respuesta al pasar de una fecha a otra. Asimismo el análisis detectó también, que las fechas de siembra presentan respuestas medias diferentes en cada una de las cuatro líneas; para el primer caso (LxFS) se realizó una prueba de medias (Cuadro 4.16) observándose que la línea LRB-110 difiere y supera significativamente a las otras líneas en las dos fechas de siembra; por otra parte en el caso (FSxL) se determinó que existe una tendencia lineal por lo que el comportamiento de la excersión de panoja se ajusta a una recta en cada genotipo como puede observarse en las Figuras del 4.1 al 4.4.

Cuadro 4.16. Medias de excersión de panoja de cuatro líneas androestériles de sorgo de acuerdo con la fecha de siembra (cm).

Genotipo	1	2	3
LRB-104	13.75b	5.00b	1a
LRB-102	14.00b	11.25ab	7a
LRB-110	21.75a	14.00a	4.5a
LRB-106	13.00b	5.5b	4.5a

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético.
 Tratamientos con letras iguales son no significativos
 (Duncan .05)

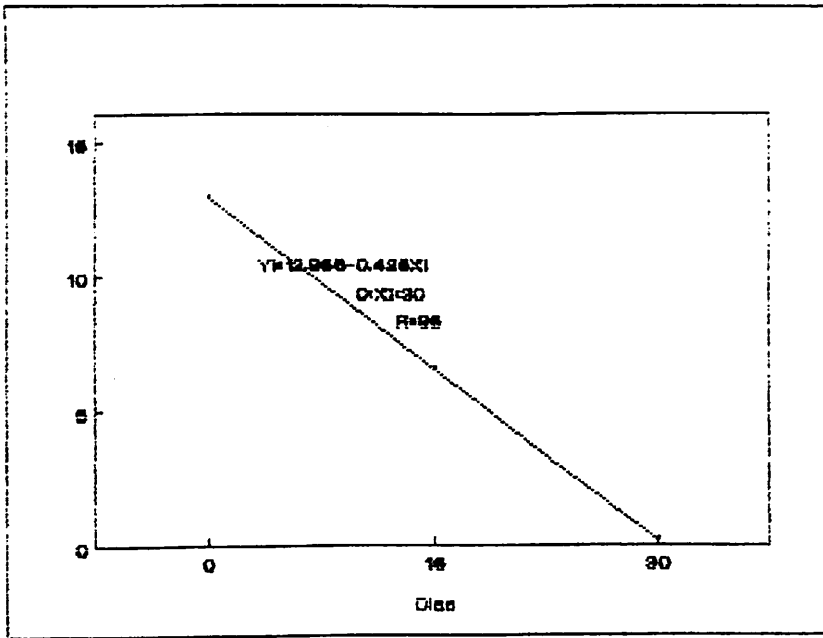


Figura 4.1. Comportamiento de la excisión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-104.

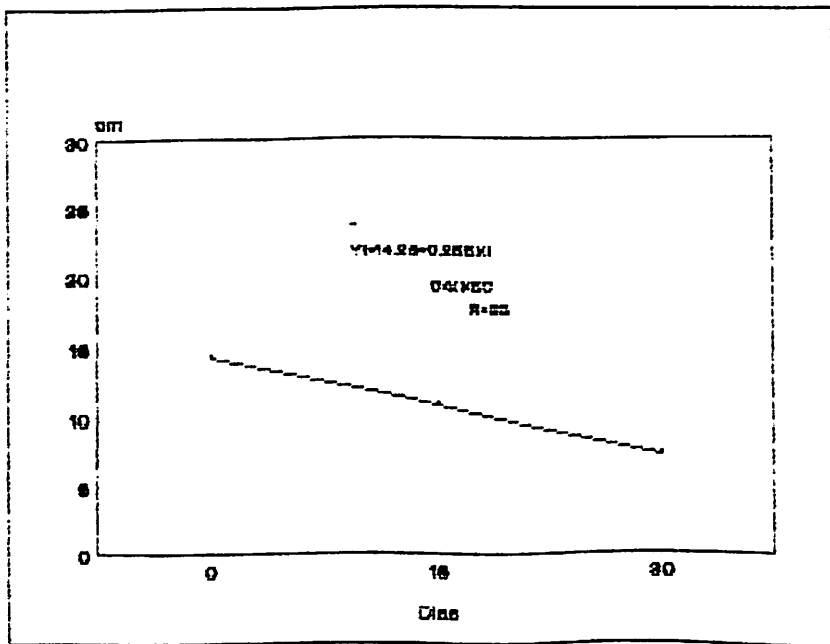


Figura 4.2. Comportamiento de la excisión de panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-102.

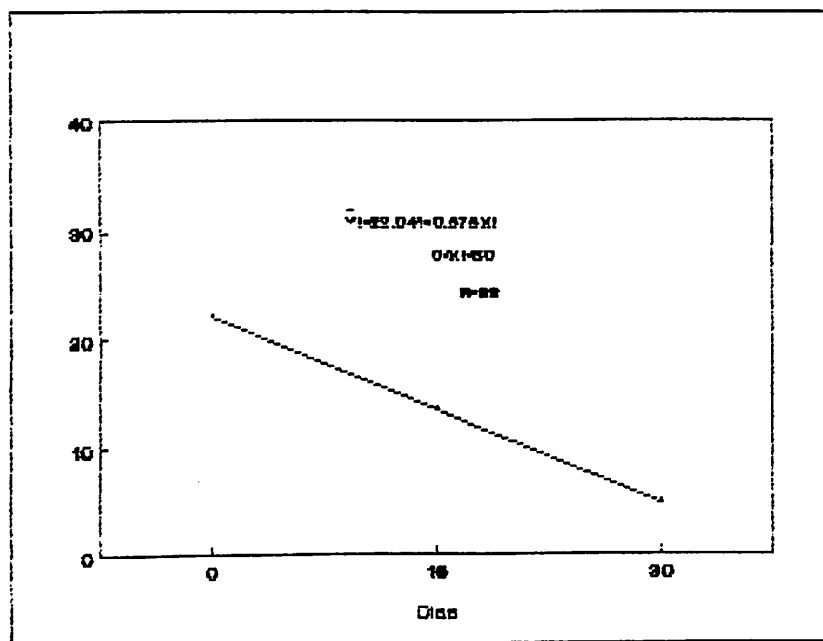


Figura 4.3. Comportamiento de la excursión de la panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-110.

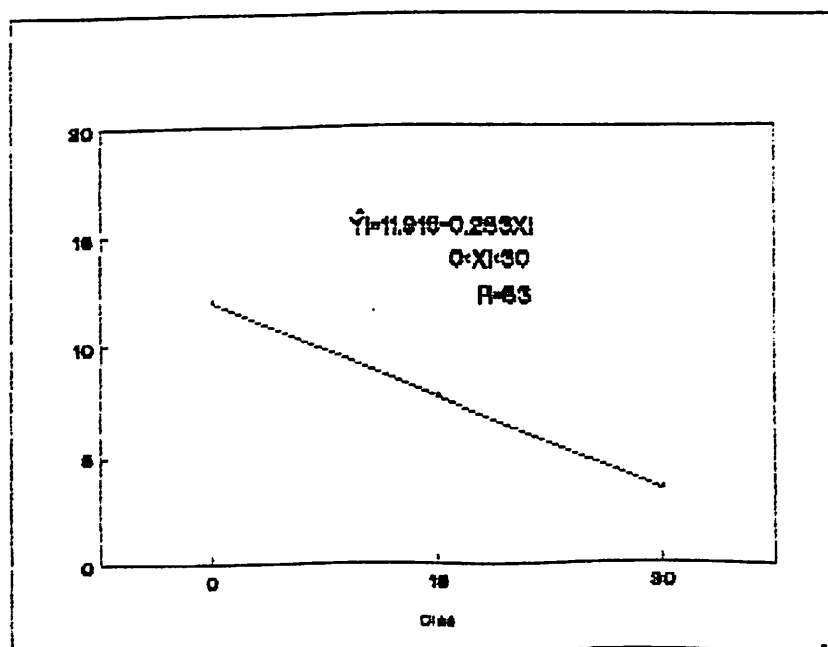


Figura 4.4. Comportamiento de la excursión de la panoja según la fecha de siembra en la línea LRB-106.

En cuanto a la estabilidad de la esterilidad puede observarse en el Cuadro 4.17 que la línea LRB-102 no es afectada por el cambio de las condiciones climáticas. Mientras que la línea LRB-104 es la más sensible a dichos cambios, presentando hasta un 2.5 por ciento de granos por autofecundaciones. En cuanto al tipo de citoplasma el Az presentó un mejor comportamiento a través de las fechas de siembra presentando una mayor estabilidad en la esterilidad masculina. Por otra parte se observa también, que las fechas de siembra influyen en el comportamiento de las líneas después del ocho de marzo afectando su estabilidad, no siendo así en la primer fecha (febrero, 20). En cuanto se refiere a las interacciones, el Cuadro 4.18 muestra que existen diferencias en el comportamiento de las líneas, tanto en el citoplasma A₁ como en el A₂. Excepto la línea LRB-102 que presenta un comportamiento estable. En cuanto a genotipos por fecha de siembra, se observa que la primer fecha no tuvo influencia alguna sobre los cuatro materiales. Mientras que el segundo y tercer período de siembra, afectan la respuesta de tres de las líneas (LRB-104, LRB-110 y LRB-106), por último se observa que los citoplasmas A₁ y A₂ presentan también una respuesta diferencial a los cambios ambientales. Sin embargo el citoplasma A₂ exhibe un mejor comportamiento.

Cuadro 4.17. Estabilidad de la esterilidad de cuatro líneas de sorgo a través de tres fechas de siembra.

Líneas	% de esta- bilidad	Citoplasma	% de esta- bilidad	Fecha de siembra	% de esta- bilidad
LRB-104	98.3c	A ₁	98.5 b	1	100a
LRB-102	100A	A ₂	99.6 a	2	97.5b
LRB-110	99.17b			3	97.5b
LRB-106	99.6b				

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético,
(Duncan .05)

Cuadro 4.18. Estabilidad de la esterilidad de cuatro líneas de sorgo a través de tres fechas de siembra.

Líneas	Citoplasma		Fecha siembra			Cito- plasma	Fecha siembra		
	A ₁	A ₂	1	2	3		1	2	3
LRB-104	97.5a	99.25b	100a	97.5c	97.5c	A ₁	100a	97.5b	98.0b
LRB-102	100a	100a	100a	100a	100a	A ₂	100a	99.6a	99.5a
LRB-110	98.5c	100a	100a	98.75b	98.75b				
LRB-106	99.25b	100a	100a	99.25a	99.6a				

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético,
(Duncan .05)

Calidad de la Semilla

Peso Volumétrico y Peso de Mil Semillas

En el Cuadro 4.19 se observan los cuadrados medios del análisis de varianza de peso volumétrico (PV) y peso de

mil semillas (PMS) los cuales presentan diferencias altamente significativas entre genotipos, la interacción genotipos por citoplasma, época de cosecha, genotipos por época de cosecha, citoplasma por época de cosecha y la triple interacción. Puede observarse también, que los coeficientes de variación son bajos con valores de 1.61 y 1.69 por ciento respectivamente.

Al realizar la comparación de medias para peso volumétrico (FV) y peso de mil semillas (PMS) entre genotipos (Cuadro 4.20) puede observarse que los mejores genotipos para estas variables son el LRB-104xSCO-599-11E con 76.84 kg/hl y el LRB-104xLRB-63 con 29.5 g respectivamente.

Cuadro 4.19. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco genotipos de sorgo para peso volumétrico y de mil semillas.

FV	GL	FV (kg/ha)	PMS (g)
Genotipos	4	37.971**	32.962**
Citoplasma	1	1.053ns	0.324ns
GxC	4	11.648**	3.136**
Epoca de Cosecha	1	64.237**	26.569**
GxEC	4	8.77**	3.221**
CxEC	1	48.598**	6.4**
GxCxEC	4	7.969**	1.021**
Error	20	1.398	0.218
C.V. (%)		1.61	1.69

** Altamente significativo al 0.01% de probabilidad

Cuadro 4.20. Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de cinco genotipos de sorgo.

Genotipo	PV (kg/hl)	PMS (g)
LRB-104	73.35b	27.938c
LRB-104xSCO-599-11E	76.84a	28.575b
LRB-104xLRB-25	72.86c	27.6d
LRB-104xLRB-63	72.0d	29.5a
LRB-102xLRB-63	71.17e	24.162e

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

En cuanto a las interacciones éstas se desglosaron evaluando el comportamiento de cada factor dentro de cada uno del otro, detectando el análisis de varianza que los genotipos presentan respuestas medias estadísticamente diferentes al combinarse con citoplasmas A₁ y A₂, tanto para peso volumétrico (PV) como para peso de mil semillas (PMS); mientras que para el tipo de citoplasma dentro de cada genotipo, el análisis mostró diferencias significativas en sus medias en los genotipos LRB-104 (α .05), LRB-104xLRB-25 (α .01) y LRB-104xLRB-63 (α .01) en peso volumétrico (PV) y el LRB-104 (α .05), LRB-104xSCO-599-11E (α .01) en peso de mil semillas (PMS), por lo que se procedió a realizar contrastes ortogonales y pruebas de rangos múltiples (Duncan). Donde se detectaron que no existen diferencias significativas para peso volumétrico (PV) tanto en el

citoplasma A₁ como en el A₂, entre la media de la línea y la media de los híbridos, mientras que en peso de mil semillas dichas diferencias sólo fueron significativas en el citoplasma A₂. Por otra parte se detectó también que los híbridos difieren significativamente en ambas variables bajo los dos tipos de citoplasma, observándose en la comparación de medias (Cuadro 4.21) que el mejor comportamiento lo exhibe el material LRB-104xSCO-599-11E en las dos situaciones.

Cuadro 4.21. Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo al tipo de citoplasma.

Genotipo	Citoplasma A ₁		Citoplasma A ₂	
	PV (kg/hl)	PMS (g)	PV (kg/hl)	PMS (g)
LRB-104xSCO-599-11E	77.25a	29.75a	76.44a	27.4b
LRB-104xLRB-25	71.57c	27.5b	74.14b	27.7b
LRB-104xLRB-63	73.66b	29.42a	70.34c	29.57a
LRB-102xLRB-63	70.63c	24.06c	71.71c	24.26c

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

En el Cuadro 4.22 puede observarse al comparar las épocas de cosecha (Duncan .05), que la semilla cosechada a madurez fisiológica presenta el mayor peso volumétrico (PV) y peso de mil semillas (PMS) con 74.5 kg/hl y 28.2 g respectivamente.

Cuadro 4.22. Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de acuerdo a la época de cosecha proveniente de cinco genotipos de sorgo en dos versiones (A₁ y A₂).

Epoca de cosecha	PV (kg/hl)	PMS (g)
Madurez fisiológica	74.515a	28.37a
Madurez de cosecha	71.981b	26.74b

(Duncan .05)

Respecto a la interacción genotipo por época de cosecha, el análisis de varianza desglosado muestra que los genotipos difieren en forma significativa en su respuesta de acuerdo con la época de cosecha tanto en peso volumétrico (PV) como en peso de mil semillas (PMS). Mientras que la época de cosecha influyó significativamente en cuatro de los genotipos, a excepción el material LRB-102xLRB-63.

Por otra parte los contrastes ortogonales no detectaron diferencias significativas entre la media de la línea y la media de los híbridos para peso volumétrico (PV) y peso de mil semillas (PMS) en las dos épocas de cosecha, mientras que para peso de mil semillas, sí hubo diferencias estadísticas sólo a madurez fisiológica.

En cuanto a los híbridos, se observaron diferencias altamente significativas en las dos épocas de cosecha en las dos variables evaluadas. Observándose (Cuadro 4.23) que a

madurez fisiológica y madurez de cosecha el material LRB-104xSCO-599-11E presenta el mayor peso volumétrico (PV), y en peso de mil semillas (PMS) sólo en el primer caso fue superior. En la segunda época de cosecha el mayor peso lo exhibe el genotipo LRB-104xLRB-25 en PV y en PMS el LRB-104xLRB-63.

Cuadro 4.23. Medias de peso volumétrico y peso de mil semillas de cuatro genotipos de sorgo a diferente época de cosecha.

Genotipo	Madurez fisiológica		Madurez de cosecha	
	PV (kg/ha)	PMS (g)	PV (kg/hl)	PMS (g)
LRB-104xSCO-599-11E	79.3a	30.2a	74.3a	26.8b
LRB-104xLRB-25	73.9b	28.3b	71.8b	26.8b
LRB-104xLRB-63	73.5b	30.3a	70.4b	28.6a
LRB-102xLRB-63	70.8c	24.1c	71.4b	24.2c

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

En cuanto a la interacción citoplasma por época de cosecha (CxEC) el ANVA muestra que el citoplasma tiene una respuesta estadísticamente diferente cuando se combina con la época de cosecha para ambas variables, mientras que las respuestas medias de la época de cosecha no son estadísticamente significativas en el citoplasma A₁ y en tanto que la variable peso volumétrico (PV) en el citoplasma A₂ por el contrario fue significativa. Para peso de mil

semillas (PMS) dichas respuestas si resultan significativas en los dos tipos de citoplasma, y al comparar las medias (Cuadro 4.24) se observó que a madurez fisiológica, el citoplasma Az presenta los mayores valores de peso volumétrico (PV) y peso de mil semillas (PMS), resultando una situación contraria a madurez de cosecha.

Cuadro 4.24. Medias de peso volumétrico (PV) y peso de mil semillas (PMS) por tipo de citoplasma bajo dos épocas de cosecha proveniente de cinco genotipos de sorgo en dos versiones A₁ y A₂.

Citoplasma	Madurez fisiológica		Madurez de cosecha	
	FV (kg/hl)	PMS (g)	PV (kg/hl)	PMS (g)
A ₁	73.25b	28.06a	72.92a	27.23a
A ₂	75.78a	28.68a	71.04b	26.25b

(Duncan .05)

Vigor (Envejecimiento Acelerado)

El Cuadro 4.25 presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para germinación (GEA) y peso seco de plántula (PSEA) después de envejecimiento acelerado de cinco genotipos de sorgo mostrando diferencias altamente significativas en germinación entre genotipos (G), tipo de citoplasma (C), época de cosecha (EC) así como todas las interacciones. Mientras que en peso seco de plántula (PSEA) los genotipos difieren sólo significativamente ($P > .05$) y con excepción de los tipos de citoplasma todas las demás fuentes

de variación presentan alta diferencia estadística. Los coeficientes de variación; para germinación (GEA) y peso seco de plántula (PSEA) fueron respectivamente 5.15 y 10.19 por ciento.

Cuadro 4.25. Cuadrados medios del análisis de varianza para vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado.

FV	GL	Germinación (EA) (%)	PS/plántula (EA) (mg)
Genotipo	4	221.46**	1.68*
Citoplasma	1	258.97**	1.37ns
GxC	4	188.56**	3.08**
Epoca de cosecha	1	111.62**	19.11**
GxEC	4	48.46**	4.34**
CxEC	1	347.74**	27.2**
GxCxEC	4	60.19**	5.57**
Error	20	10.12	0.515
CV (%)		5.15	10.19

*, ** Significativo y altamente significativo al .05 y .01 % de probabilidad respectivamente.

Por otra parte al comparar las medias de germinación (GEA) y peso seco de plántula (PSEA) entre genotipos, se observa (Cuadro 4.26) que el mejor comportamiento lo exhiben los materiales LRB-104xSCO-599-11E en el primer caso y el LRB-104xLRB-25 en el segundo.

Los dos tipos de citoplasma difirieron en forma significativa, presentando el A₁ un porcentaje de 74.3 por ciento y el A₂ un 81.6.

Cuadro 4.26. Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cinco genotipos de sorgo.

Genotipo	Germinación (EA) (%)	PS/plántula (EA) (mg)
LRB-104	81.9b	6.7c
LRB-104xSCO-599-11E	86.5a	7.0b
LRB-104xLRB-25	79.9c	7.7a
LRB-104xLRB-63	73.2d	7.1b
102xLRB-63	67.0e	6.5d

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

Al desglosar la interacción genotipo por citoplasma (GxC) se observó en el análisis de varianza que la respuesta media de los genotipos difirió significativamente en los dos tipos de citoplasma (A₁ y A₂) para la variable germinación (GEA), mientras que dicha respuesta sólo presentó significancia (α .01) en el citoplasma A₁ cuando se evaluó peso seco de plántula. Mientras que al evaluar germinación los dos tipos de citoplasma presentaron una respuesta significativa (α .01) en los genotipos LRB-104xSCO-599-11E, LRB-104xLRB-25 y LRB-102xLRB-63 al evaluar germinación (GEA) y en peso seco de plántula (PSEA) tal respuesta sólo se dio en el material LRB-102xLRB-63.

Con respecto a la comparación de la media de la línea y la media de los híbridos en germinación esta mostró diferencias estadísticas ($\alpha .05$) sólo dentro del citoplasma A_1 , mientras que en peso seco de plántula (PSEA) tal comparación fue no significativa. Por otra parte si hubo diferencia estadística entre los híbridos en las dos variables evaluadas, presentando el mayor porcentaje de germinación el material LRB-104xSCO-599-11E con 90.7 por ciento (Cuadro 4.27) en el citoplasma A_1 , mientras en el A_2 el LRB-104xLRB-25 es el mayor con 87.8 por ciento. En cuanto al peso seco de plántula (PSEA) dentro de citoplasma A_1 el mayor peso lo exhibe el genotipo LRB-104xLRB-25 con 8.0 mg.

Cuadro 4.27. Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo al tipo de citoplasma.

Genotipo	Citoplasma A_1		Citoplasma A_2	
	Germ. EA (%)	PS/plántula (mg)	Germ. EA (%)	EA (%)
LRB-104xSCO-599-11E	90.7a	6.9b	81.6b	
LRB-104xLRB-25	70.5b	8.0a	87.8a	
LRB-104xLRB-63	73.6b	7.4a	72.8c	
LRB-102xLRB-63	53.0c	5.3c	79.7b	

El Cuadro 4.28 presentan las medias de germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de acuerdo con la época de cosecha, donde se observa que la

semilla cosechada a madurez fisiológica, exhibe los valores más altos de estas variables.

Por otra parte en el ANVA de la interacción genotipo por época de cosecha muestra que los genotipos difieren en su respuesta con la época de cosecha en vigor (GEA) mientras que en peso seco de plántula (PSPEA) éstos responden de manera diferente sólo a madurez fisiológica. Por otro lado los resultados muestran que la época de cosecha afectó sólo a los materiales LRB-104xLRB-25 y LRB-102xLRB-63 en germinación y en el caso de peso seco de plántula la época de cosecha difirió en los genotipos LRB-104, LRB-104xSCO-599-11E, LRB-104xLRB-25 y LRB-104xLRB-63.

Cuadro 4.28. Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha después de envejecimiento acelerado.

Epoca de cosecha	Germinación EA (%)	Peso seco de plántula EA (mg)
Madurez fisiológica	80.4a	7.7a
Madurez de cosecha	75.6b	6.3b

Duncan (0.05%)

Con respecto a la comparación de la media de la línea y la media de los híbridos, éstas difirieron significativamente sólo a madurez de cosecha en cuanto a germinación (GEA). En peso seco de plántula (PSPEA) no

existió tal respuesta. Por último en la comparación de medias (Cuadro 4.29) de los híbridos en cuanto a germinación y peso seco de plántula a madurez fisiológica y madurez de cosecha, se observa que el mejor comportamiento lo exhibe el material LRB-104xSCD-599-11E, seguido por el LRB-104xLRB-25.

En cuanto a la interacción citoplasma por época de cosecha se observa en el ANVA que el citoplasma difiere estadísticamente en su respuesta con la época de cosecha a madurez fisiológica para germinación (GEA), mientras que para peso seco de plántula (PSEA) es marcada la diferencia ($P > .01$) en las dos épocas de cosecha. Por su parte la época de cosecha, difiere significativamente en el citoplasma Az tanto en germinación (GEA) como en peso seco de plántula (PSEA).

Cuadro 4.29. Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado de cuatro genotipos de sorgo a diferente época de cosecha.

Genotipo	Madurez fisiológica		Madurez de cosecha	
	Germ. EA (%)	PS/plántula EA (mg)	Germ. EA (%)	EA
LRB-104xSCD-599-11E	86.7a	8.6ab	86.2a	
LRB-104xLRB-25	85.3a	8.8a	73.8b	
LRB-104xLRB-63	72.6b	7.6b	73.8b	
LRB-102xLRB-63	74.3b	6.1c	59.3c	

Duncan (0.05%)

En la comparación de medias (Cuadro 4.30) puede observarse, que a madurez fisiológica el citoplasma Az presenta la mejor germinación y peso seco de plántula. Mientras que a madurez de cosecha, sólo hay diferencias en peso seco de plántula mostrando el mayor peso el citoplasma A1.

Cuadro 4.30. Medias de vigor mediante germinación y peso seco de plántulas después de envejecimiento acelerado por tipo de citoplasma bajo dos épocas de cosecha.

Citoplasma	Madurez Fisiológica		Madurez de Cosecha	
	Germ.	PS/plántula	Germ.	PS/plántula
	EA (%)	EA (mg)	EA (%)	EA (mg)
A1	73.9b	6.7b	76.2a	6.9a
Az	87.4a	8.7a	76.0a	5.7b

Duncan (0.05 %)

Germinación y Peso Seco de Plántula Durante el Almacenamiento

El Cuadro 4.31 presenta los cuadrados medios del análisis de varianza de germinación (G) y peso seco de plántula (PSF) de cinco genotipos de sorgo después de nueve meses de almacenamiento y se observa que existen diferencias altamente significativas entre genotipos (G), genotipo por citoplasma (GxC), entre épocas de cosecha (EC), genotipo por épocas de cosecha (GxEC), citoplasma por época de cosecha (CxEC), la interacción genotipo-citoplasma-época de cosecha

(GCxEC), entre periodos de almacenamiento (A) y genotipos por tiempo de almacenamiento (GxA). En la cuádruple interacción (GxCxECxA) sólo fue significativa al $P > .05$ en germinación. Mientras que en peso seco de plántula con excepción del tipo de citoplasma y la interacción citoplasma por tiempo de almacenamiento, todas las demás presentaron diferencias altamente significativas.

Cuadro 4.31. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco genotipos de sorgo para germinación y peso seco de plántula a través de nueve meses de almacenamiento.

FV	GL	Germinación (%)	PS/plántula (mg)
Genotipo	4	156.88**	10.05**
Citoplasma	1	13.95ns	0.77ns
GxC	4	268.80**	18.75**
Epoca de cosecha	1	1661.84**	68.44**
GxEC	4	65.36**	9.48**
CxEC	1	1295.32**	30.72**
GxCxEC	4	173.67**	9.50**
Almacenam.	3	322.75**	35.79**
GxA	12	86.54**	3.73**
CxA	3	12.74ns	0.24ns
GxCxA	12	21.90ns	0.75**
ECxA	3	7.54ns	1.63**
GxECxA	12	18.53ns	1.29**
CxECxA	3	11.10ns	1.70**
GxCxECxA	12	24.75*	0.79**
Error	80	11.90	0.29
CV (%)		4.93	6.36

*, **, significativo y altamente significativo al .05 y

.01 % de probabilidad, respectivamente

En la comparación de medias de germinación y peso seco de plántula entre genotipos (Cuadro 4.32) puede observarse que los genotipos LRB-104xSCO-599-11E y LRB-104xLRB-25 presentan los índices más altos de germinación con 90.1 y 91.3 por ciento respectivamente. Mientras que en peso seco de plántula sólo el material LRB-104xLRB-25 supera a los demás genotipos.

Cuadro 4.32. Medias de germinación y peso seco de plántula de cinco genotipos de sorgo a través de nueve meses de almacenamiento.

Genotipo	Germinación (%)	PS/plántula (mg)
LRB-104A	85.1c	8.04c
LRB-104xSCO-599-11E	90.1a	8.76b
LRB-104xLRB-25	91.3a	9.18a
LRB-104xLRB-63	87.3b	8.88b
LRB-102xLRB-63	87.2b	7.88c

La calidad del tratamiento está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativos
(Duncan .05).

Al desglosar la interacción genotipo por tipo de citoplasma, se observó que los genotipos difieren significativamente ($P > .01$) en su respuesta tanto en el citoplasma A₁ como en el A₂ tanto en germinación como en peso seco de plántula. Por su parte el tipo de citoplasma presentó una respuesta estadísticamente diferente, sólo en los genotipos LRB-104A y LRB-104xLRB-63 en cuanto a germinación, con tendencia a incrementar dichos porcentajes para el genotipo LRB-104A cuando se utiliza el citoplasma

Az, mientras que en el material LRB-104xLRB-63 sucede una tendencia inversa.

En lo que respecta a peso seco de plántula, el citoplasma difirió en su respuesta sólo en los genotipos LRB-104A, LRB-104xSCD-599-11E y LRB-104xLRB-63, con tendencia a incrementar el peso seco de plántula en el material LRB-104A cuando se utiliza el citoplasma Az. En lo que se refiere a la comparación de medias de la línea e híbridos, el análisis muestra que existen diferencias significativas tanto en el citoplasma A₁ como en el citoplasma Az, para germinación y peso seco de plántula, presentando la línea (LRB-104A) un comportamiento inferior a los híbridos en el A₁, mientras que en el Az es igual o superior que el mejor de los híbridos.

Por otra parte las diferencias entre los híbridos (Cuadro 4.33) fueron significativas ($P > .01$) tanto en el citoplasma A₁ como en el Az para las dos variables evaluadas, presentando el híbrido LRB-104xLRB-25 el mejor comportamiento en las dos situaciones.

En el Cuadro 4.34 se presentan las medias de germinación y peso seco de plántula por época de cosecha a través de nueve meses de almacenamiento, donde se observa

que los valores más altos los presenta la semilla a madurez de cosecha.

Cuadro 4.33. Medias de germinación y peso seco de plántula de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo con el tipo de citoplasma a través de nueve meses de almacenamiento.

Genotipo	Citoplasma A ₁		Citoplasma A ₂	
	Germ. (%)	PS/plántula (mg)	Germ. (%)	PS/plántula (mg)
LRB-104xSCO-599-11E	91.0a	9.3a	89.2ab	8.1b
LRB-104xLRB-25	93.1a	9.3a	91.3a	9.0a
LRB-104xLRB-63	90.8a	9.6a	83.4c	8.1b
LRB-102xLRB-63	86.4b	7.9b	88.0b	7.8b

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

Cuadro 4.34. Medias de germinación y peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha a través de nueve meses de almacenamiento.

Epoca de cosecha	Germinación (%)	PS/plántula (mg)
Madurez fisiológica	84.4b	7.893b
Madurez de cosecha	91.7a	9.202a

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

En la interacción genotipo por época de cosecha el ANVA muestra que la respuesta media de los genotipos son

diferentes estadísticamente ($P > .01$) en cada época de cosecha tanto en germinación como en peso seco de plántula, mientras que el efecto de la época de cosecha sobre los cinco genotipos fue altamente significativa en germinación. Mientras que en peso seco de plántula el único genotipo sobre el que no hubo efecto fue el de LRB-104xSCO-599-11E.

Por otro lado al comparar la media de la línea y la media de los híbridos, el análisis mostró diferencias estadísticas ($P > .01$) en las dos variables sólo dentro de la época de cosecha a madurez fisiológica. Presentando la línea (LRB-104A) un porcentaje de germinación más bajo que cualquiera de los híbridos y en peso seco de plántula supera el genotipo LRB-102xLRB-63.

En cuanto a los híbridos se detectaron diferencias altamente significativas en las dos variables. Siendo superior el híbrido LRB-104xLRB-25 (Cuadro 4.35) en germinación, bajo las dos épocas de cosecha y en peso seco de plántula a madurez de cosecha.

El análisis de la interacción citoplasma por época de cosecha (CxEC) muestra que los dos tipos de citoplasma difieren significativamente en su comportamiento en las dos épocas de cosecha, tanto en germinación como en peso seco de plántula, mientras que la época de cosecha sólo tuvo efecto

sobre el citoplasma A₁ en germinación, y en peso seco de plántula el efecto fue sobre los dos tipos.

Cuadro 4.35. Medias de germinación y peso seco de plántula de cuatro genotipos de sorgo de acuerdo con la época de cosecha a través de nueve meses de almacenamiento.

Genotipo	Madurez fisiológica		Madurez de cosecha	
	Germ. (%)	PS/plántula (mg)	Germ. (%)	PS/plántula (mg)
LRB-104xSCO-599-11E	88.2A	8.8a	92.0b	8.6c
LRB-104xLRB-25	87.2a	8.2b	94.6a	10.0a
LRB-104xLRB-63	85.2a	8.6ab	89.3c	9.1b
LRB-102xLRB-63	82.9b	6.7c	91 bc	9.0b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético (Duncan .05). Tratamientos con letras iguales no son significativos.

En la comparación de medias de los citoplasmas, el citoplasma A₂ muestra valores mayores de germinación y peso seco de plántula a madurez fisiológica. Mientras que el A₁ fue superior a madurez de cosecha (Cuadro 4.36).

Cuadro 4.36. Medias de germinación y peso seco de plántula por tipo de citoplasma a diferente época de cosecha.

Citoplasma	Madurez fisiológica		Madurez de cosecha	
	Germ. (%)	PS/plántula (mg)	Germ. (%)	PS/plántula (mg)
A ₁	80.3b	7.525b	94.0a	9.710a
A ₂	88.2a	8.262a	89.0b	8.694b

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético (Duncan .05). Tratamientos con letras iguales no son significativos

Por otra parte el Cuadro 4.37 presenta la comparación de medias entre períodos de almacenamiento donde se observa que las semillas alcanzan su máximo porcentaje de germinación y peso seco de plántula a los tres meses de almacenamiento.

Cuadro 4.37. Media de germinación y peso seco de plántula de acuerdo con el tiempo de almacenamiento de cinco genotipos de sorgo en dos versiones A₁ y A₂.

Tiempo de almacenamiento (meses)	Germinación (%)	PS/plántula (mg)
0	88.5b	9.074b
3	92.2a	9.525a
6	87.2b	8.195c
9	84.8c	7.395d

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético (Duncan .05). Tratamientos con letras iguales no son significativos

El análisis de la interacción genotipo por tiempo de almacenamiento presenta diferencias significativas de los genotipos dentro de cada período de almacenamiento, tanto en germinación como en peso seco de plántula. De igual forma se detectaron diferencias estadísticas entre los tiempos de almacenamiento dentro de cada genotipo en las dos variables en estudio.

Por otra parte en germinación, las diferencias fueron significativas entre la línea y los híbridos a los tres y nueve meses de almacenamiento, en donde la línea presenta un porcentaje de germinación más bajo que los híbridos, en el caso de peso seco de plántula la diferencia se da a cero y tres meses, siendo inferior el peso de la línea al de los híbridos.

En el caso de los híbridos las diferencias entre ellos son estadísticamente significativas en los cuatro períodos de almacenamiento para las dos variables en estudio. Presentando el genotipo LRB-104xLRB-25 el mayor porcentaje de germinación y peso seco de plántula (Cuadros 4.38 y 4.39) en los tres primeros períodos de evaluación, en el último es superado por el material LRB-104xSCO-599-11E pasando a segundo lugar el LRB-104xLRB-25.

Cuadro 4.38. Medias de germinación por híbrido de acuerdo al tiempo de almacenamiento.

Híbrido	Meses			
	0	3	6	9
LRB-104xSCO-599-11E	88.3b	91.9bc	86.0b	93.3a
LRB-104xLRB-25	92.1a	96.4a	90.5a	84.0b
LRB-104xLRB-63	89.5ab	91.1c	84.6b	83.4b
LRB-102xLRB-63	83.7c	94.3ab	88.3ab	79.5b

La calidad del tratamiento está en orden alfabético. Tratamientos con letras iguales son no significativos (Duncan .05).

Cuadro 4.39. Medias de peso seco de plántula por híbrido de acuerdo al tiempo de almacenamiento.

Híbrido	Meses			
	0	3	6	9
LRB-104xSCO-599-11E	8.977c	9.770a	7.445c	8.851a
LRB-104xLRB-25	10.122a	10.354a	8.985a	7.237b
LRB-104xLRB-63	9.360b	10.059a	8.231b	7.888b
LRB-102xLRB-63	8.294d	8.967b	8.422b	5.845c

La calidad del tratamiento está en orden alfabético.
Tratamientos con letras iguales son no significativos
(Duncan .05).

En cuanto a las diferencias entre los tiempos de almacenamiento dentro de cada genotipo, se procedió a realizar polinomios ortogonales, con el fin de obtener la ecuación que explique los efectos del tiempo sobre los diferentes genotipos, observándose en las Figuras 4.5 y 4.6, el comportamiento de la germinación y peso seco de plántula de la línea LRB-104A, donde se puede observar que su respuesta es de tipo lineal y que el 81 y 93 por ciento de dicho efecto puede ser explicado por las ecuaciones $\hat{Y}_i = 88.3 - 0.592X_i$ y $\hat{Y}_i = 8.77 - 0.165X_i$ para germinación y peso seco de plántula respectivamente, dentro de los siguientes límites $0 \leq X_i \leq 9$.

Las Figuras 4.7 y 4.8 presentan el comportamiento de la germinación y peso seco de plántula del material LRB-104xSCO-599-11E a través del tiempo y se observa que su respuesta es de tipo cúbico, además las ecuaciones

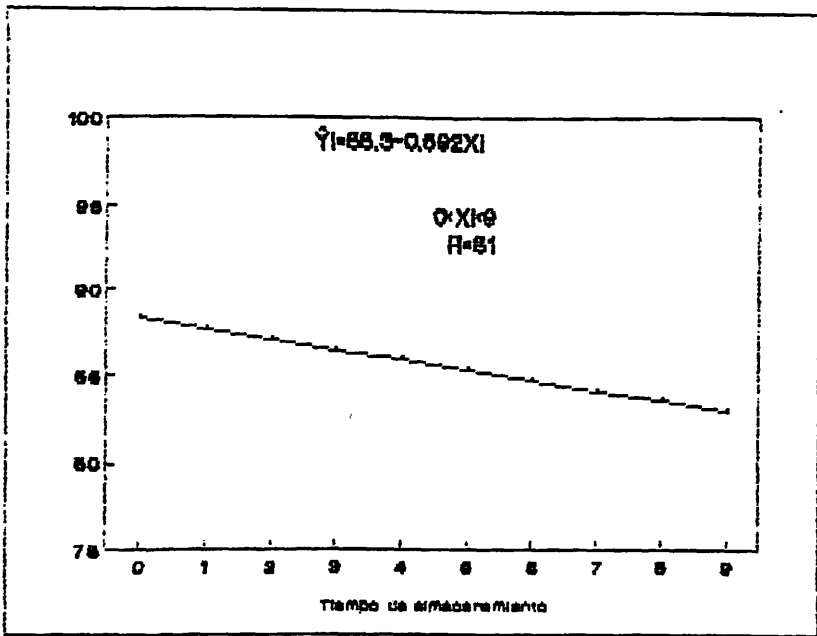


Figura 4.5. Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104.

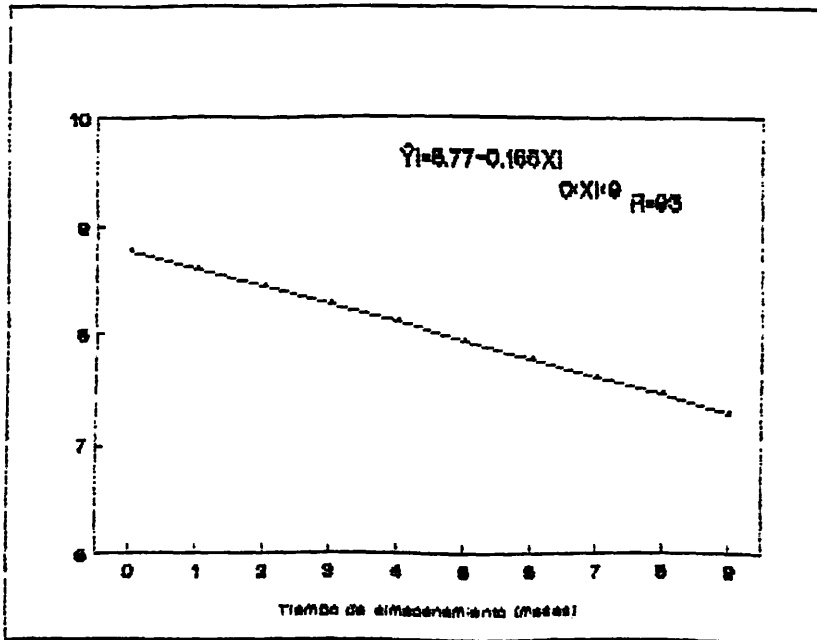


Figura 4.6. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula en el genotipo LRB-104.

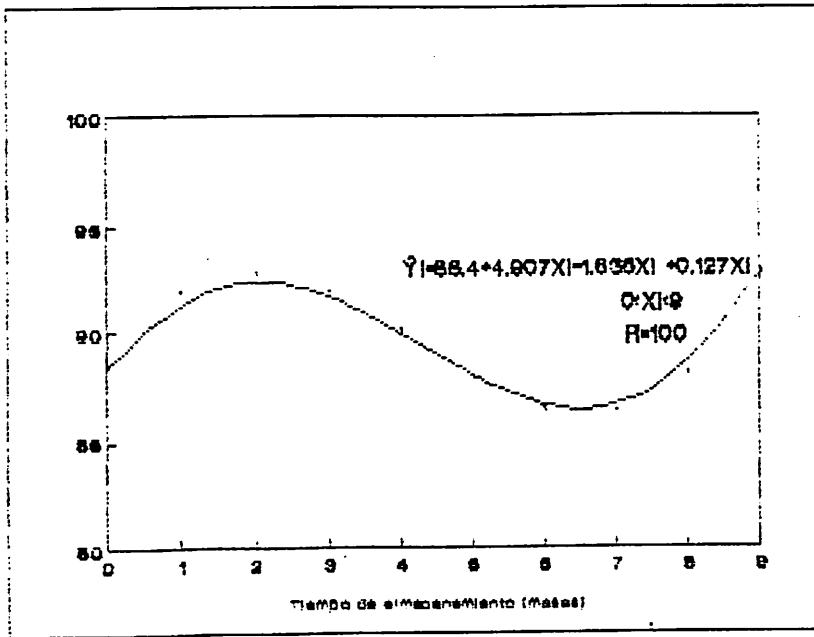


Figura 4.7. Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104xSCO-599-11E.

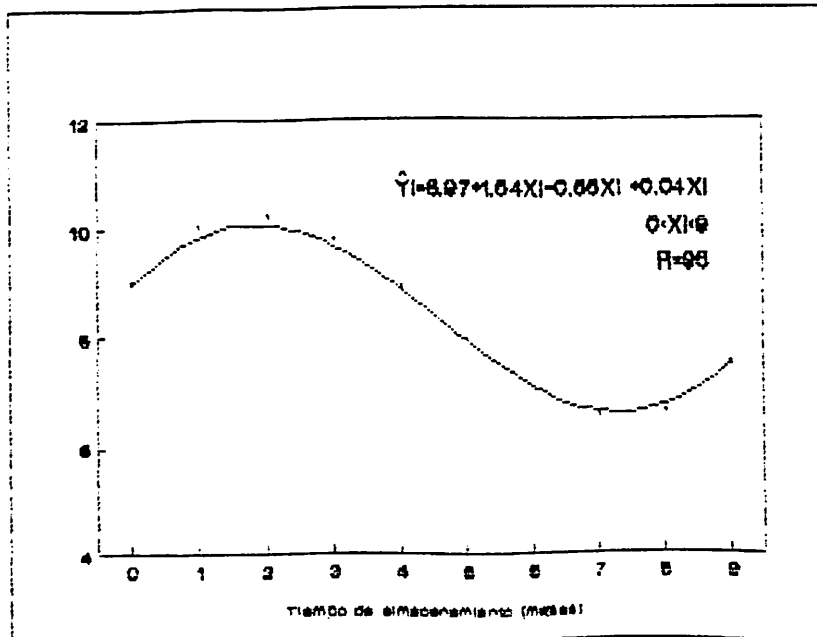


Figura 4.8. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula en el genotipo LRB-104xSCO-599-11E.

$\hat{Y}_i = 88.4 + 4.907X_i - 1.635X_i^2 + 0.127X_i^3$ y $\hat{Y}_i = 8.97 + 1.54 X_i - 0.55X_i^2 + 0.04X_i^3$ para germinación y peso seco de plántula las cuales pueden explicar el 100 y 96 por ciento del efecto del tiempo sobre las semillas, dentro de los límites $0 \leq X_i \leq 9$. Por otra parte la derivación de dichas ecuaciones establece que dicho genotipo alcanza su máxima y mínima germinación a los 1.9 y 6.6 meses respectivamente, mientras que en peso seco de plántula ocurre a los 1.7 y 7.4 meses después de almacenada la semilla.

El comportamiento de germinación y peso seco de plántula del genotipo LRB-104xLRB-25 a través del tiempo se observa en las Figuras 4.9 y 4.10 en donde su respuesta es de tipo cúbico y cuadrático y las ecuaciones $\hat{Y}_i = 91.5 + 5.348X_i - 1.435X_i^2 + 0.0832X_i^3$ y $\hat{Y}_i = 10.18 + 0.161X_i - 0.054X_i^2$ para germinación y peso seco de plantulas explican el 100 y 98 por ciento del efecto del tiempo sobre dicho genotipo, dentro de los límites de $0 \leq X_i \leq 9$. Además establecen que este alcanza su máxima y mínima germinación a los 2.3 y 9 meses respectivamente. Mientras que en peso seco de plántulas su máximo ocurre al mes y medio después de que fue almacenada la semilla.

Por otra parte las Figuras 4.11 y 4.12 presentan el comportamiento de la germinación y peso seco de plántula del genotipo LRB-104xLRB-63 a través del tiempo donde se puede

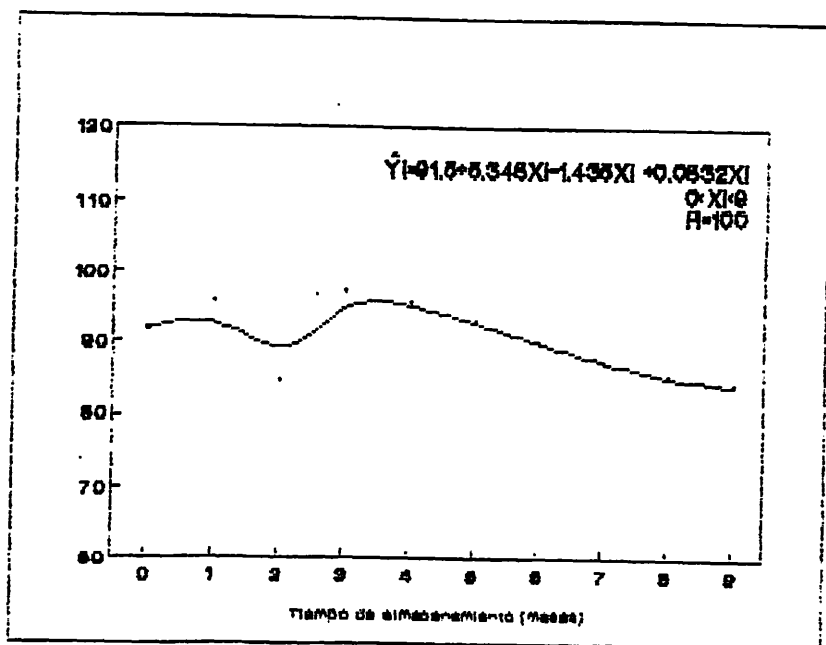


Figura 4.9. Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-104xLRB-25.

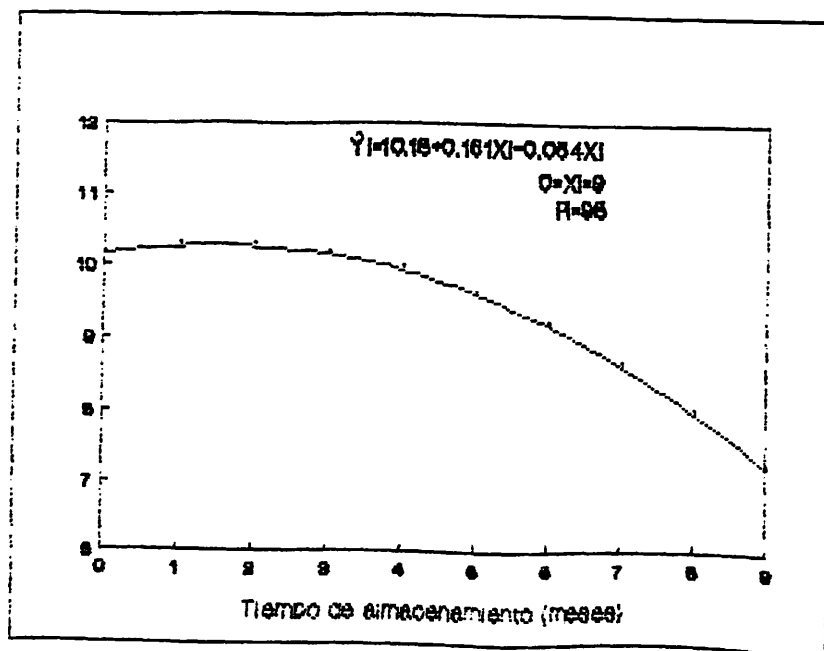


Figura 4.10. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula en el genotipo LRB-104xLRB-25.

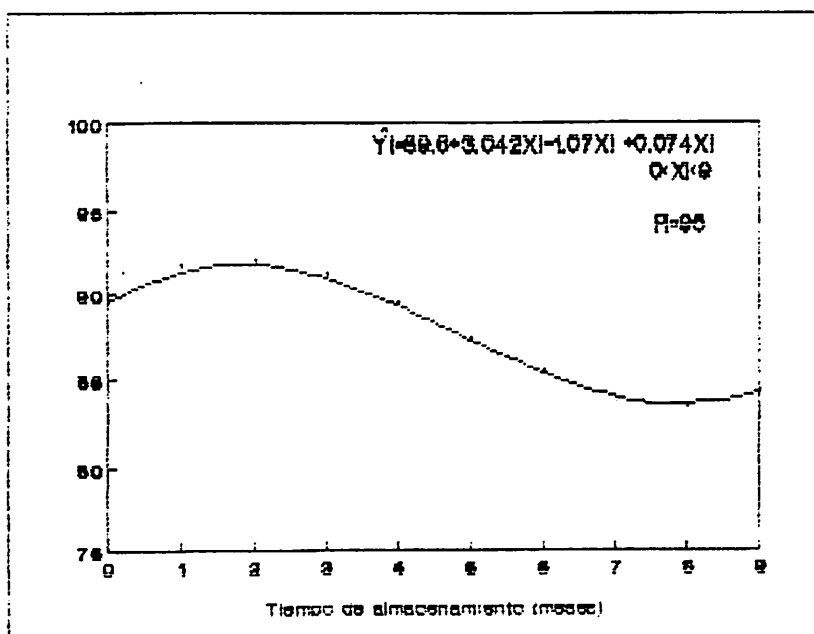


Figura 4.11. Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación del genotipo LRB-104xLRB-63.

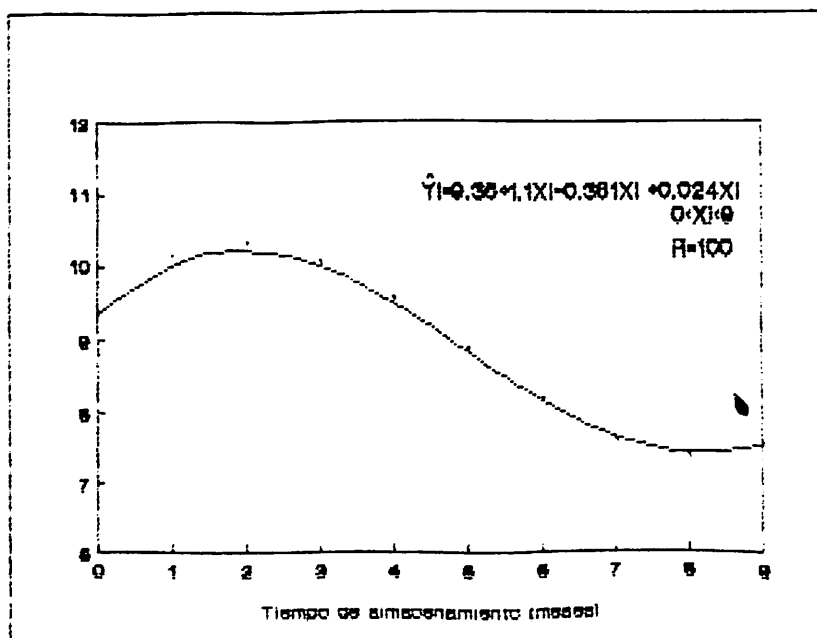


Figura 4.12. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula en el genotipo LRB-104xLRB-63.

observar que su respuesta es de tipo cúbico y las ecuaciones $\hat{Y}_i = 89.6 + 3.042X_i - 1.07X_i^2 + 0.074X_i^3$ y $\hat{Y}_i = 9.35 + 1.1X_i - 0.361X_i^2 + 0.024X_i^3$, explican el 95 y 100 por ciento de dicho efecto dentro de los límites $0 \leq X_i \leq 9$, alcanzando su máxima y mínima germinación a los 1.7 y 7.9 meses, mientras que en peso seco de plántula ocurren a los 1.87 y 8.15 meses después del almacenamiento.

Por otra parte las Figuras 4.13 y 4.14 presentan el comportamiento de la germinación y peso seco de plántula a través del tiempo del genotipo LRB-102xLRB-63 en donde presenta un respuesta de tipo cúbico y cuadrático, cuyas ecuaciones $\hat{Y}_i = 83.7 + 7.943X_i - 1.823X_i^2 + 0.1011X_i^3$ y $\hat{Y}_i = 8.25 + 0.549X_i - 0.09X_i^2$ pueden explicar el 100 y 99 por ciento del efecto del tiempo sobre este genotipo, dentro de los límites $0 \leq X_i \leq 9$. Además establecen que este alcanza su máxima y mínima germinación a los 2.8 y 9 meses después del almacenamiento. Mientras que el máximo peso seco de plántula ocurre a tres meses.

En cuanto a la interacción época de cosecha por tiempo de almacenamiento, el ANVA detectó diferencias altamente significativas entre las épocas de cosecha en los cuatro períodos de almacenamiento para peso seco de plántula. Del mismo modo las diferencias entre los tiempos de almacenamiento dentro de cada época de cosecha, fueron

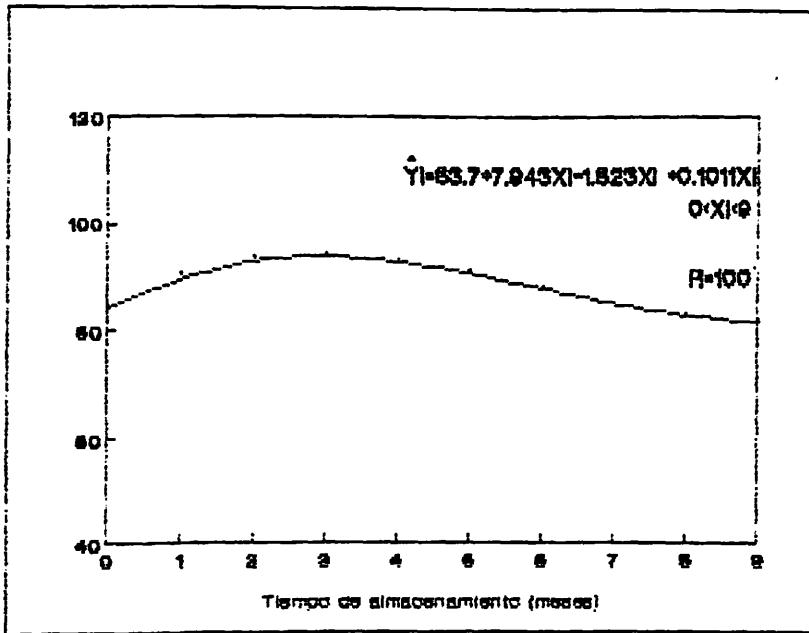


Figura 4.13. Comportamiento a través del período de almacenamiento de la germinación en el genotipo LRB-102xLRB-63.

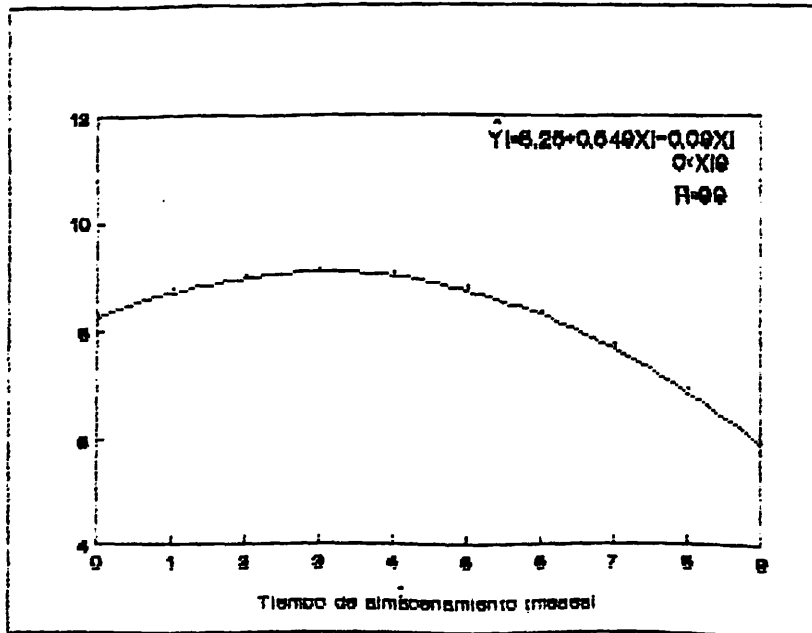


Figura 4.14. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula en el genotipo LRB-102xLRB-63.

estadísticamente significativas. Presentándose en el Cuadro 4.40 las medias de peso seco de plántula por época de cosecha a diferente tiempo de almacenamiento, donde se observa que el mejor comportamiento lo exhiben las semillas cosechadas a madurez de cosecha.

Cuadro 4.40. Medias de peso seco de plántula de acuerdo con la época de cosecha a diferente tiempo de almacenamiento.

Epoca de cosecha	Tiempo de Almacenamiento			
	0	3	6	9
MAD fisiológica	8.623b	8.656b	7.679b	6.613b
MAD de cosecha	9.525a	10.392a	8.711a	8.176a

La calidad de los tratamientos está en orden alfabético (Duncan .05)

Por otra parte el efecto del tiempo sobre las semillas cosechadas a diferente época de cosecha puede observarse en la Figura 4.15 el comportamiento del peso seco de plántula de las semillas cosechadas a madurez fisiológica, donde el 98 por ciento de esta respuesta puede ser explicada con la ecuación $\hat{Y}_i = 8.66 + 0.0415X_i - 0.0304X_i^2$ dentro de los límites $0 \leq X_i \leq 9$; en cuanto a las semillas cosechadas a madurez de cosecha éstas presentan una respuesta de tipo cúbico (Figura 4.16). Además dicho comportamiento puede ser explicado en un 100 por ciento por la ecuación $\hat{Y}_i = 9.52 + 1.125X_i - 0.3469X_i^2 + 0.0226X_i^3$, dentro de los mismos límites.

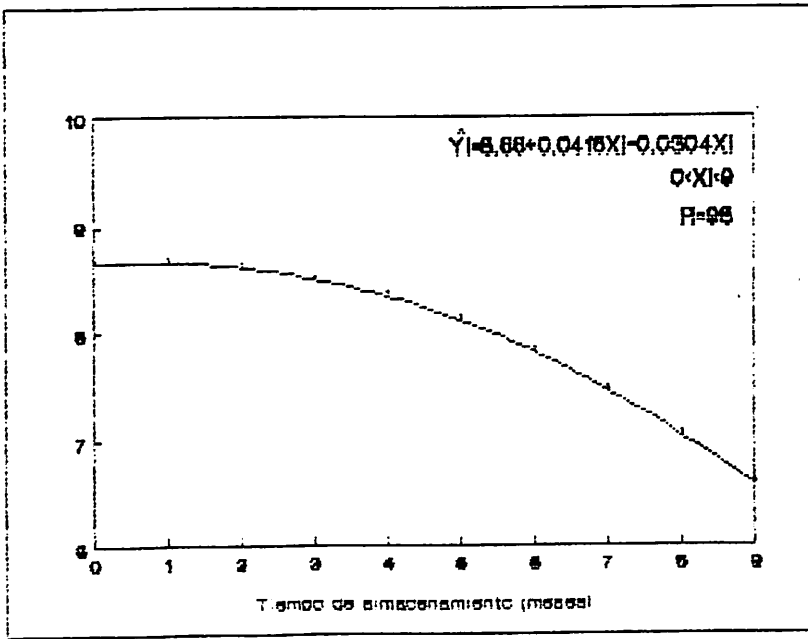


Figura 4.15. Comportamiento a través el período de almacenamiento del peso seco de plántula a madurez fisiológica.

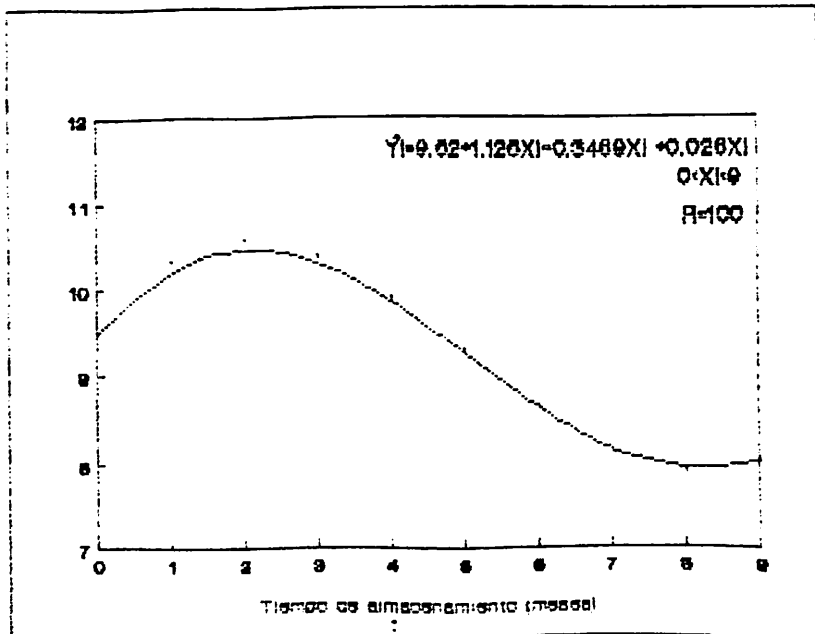


Figura 4.16. Comportamiento a través del período de almacenamiento del peso seco de plántula a madurez fisiológica.

DISCUSION

Evaluación Agronómica

Los análisis de varianza y la comparación de medias (Cuadros 4.1 y 4.2) detectaron diferencias significativas entre el testigo y los demás genotipos (HyL) para las cuatro características evaluadas (días a floración, longitud de panoja, altura de planta y rendimiento). Por lo tanto es posible encontrar híbridos que son superiores en la mayoría de las características al testigo, y en un futuro dependiendo de su comportamiento bien pudieran sustituir este.

En cuanto a la comparación de híbridos vs líneas (Cuadro 4.3) las diferencias altamente significativas entre ambos para días a floración, longitud de panoja, altura de planta y rendimiento, muestran una superioridad de los híbridos sobre las líneas en todas las características, excepto altura de planta, lo cual es normal si se considera que se está explotando el vigor híbrido y las líneas son materiales autofecundados de ahí que se presente tal comportamiento.

comportamiento.

Asimismo las diferencias entre híbridos (Cuadros 4.4 y 4.5) lo cual era de esperarse ya que se están evaluando genotipos diferentes y aún cuando muchos de ellos tienen el mismo restaurador es obvio que existe diferente nivel de heterosis en cada genotipo lo cual coincide con lo reportado por Chisi y Miller (1987) al estudiar híbridos con citoplasma A_1 y A_2 , por lo tanto pueden seleccionarse genotipos que muestren la mayor heterosis de acuerdo con los objetivos que se persigan.

Con respecto al comportamiento medio de las líneas (Cuadro 4.6) se detectaron diferencias significativas entre éstas, lo cual pudo ser causado por las diferencias germoplásmicas. Esta comparación permite detectar cual es la mejor línea en características agronómicas, como lo es la línea LRB-104A, que puede ser buena progenitora de un híbrido sobresaliente.

En cuanto a los dos tipos de citoplasma (A_1 y A_2) el análisis de varianza muestra que sólo existen diferencias en días a floración, sin embargo tal diferencia se reduce únicamente a un día lo cual no es significativo en la práctica y al no encontrar diferencia en las demás

características (Cuadro 4.1) se ratifica lo encontrado por Rodríguez *et al.* (1991) al estudiar estos mismos genotipos.

Por otra parte al analizar la interacción híbrido citoplasma, se observaron (Cuadros 4.7 y 4.8) que algunos de los híbridos presentan diferente respuesta al combinarse con los citoplasmas A_1 y A_2 , para altura de planta y rendimiento, mientras que existen otros que no modifican su comportamiento, lo cual es importante, ya que puede producirse semilla de un mismo híbrido en dos versiones (A_1 y A_2), de tal forma que se podría mezclar la semilla en forma proporcional, disminuyendo así la vulnerabilidad genética del cultivo al aumentar la diversidad en los citoplasmas.

En lo que respecta a las líneas éstas presentaron respuestas diferentes sólo dentro del citoplasma A_1 tanto para longitud de panoja como para altura de planta (Cuadro 4.9), lo cual es lógico puesto que son genotipos diferentes. Por otra parte es conveniente mencionar que al seleccionar una línea se contemple la estabilidad en las características agronómicas tanto en el citoplasma A_1 como en el A_2 . De tal forma que la progenie presente características homogéneas.

En cuanto a la restauración de la fertilidad se observó (Cuadro 4.10), que la línea LRB-63 sólo restaura la fertilidad masculina en forma parcial en las líneas hembra LRB-104A, LRB-102A y LRB-110A bajo los dos citoplasmas (A₁ y A₂), mientras que en la LRB-106A sólo se da esta respuesta en el citoplasma A₁, por otra parte el CS-3541 modifica su comportamiento bajo el citoplasma A₂ y en las líneas LRB-104A, LRB-102A y LRB-110A. Todo lo anterior es indicativo de que existe una interacción citoplasma-genotipo pudiendo haber una restauración total o parcial de la fertilidad dependiendo del genotipo.

En cuanto a los coeficientes de variación el más alto lo presenta la longitud de panoja con 11.35 por ciento. Esto nos indica que el experimento fue conducido adecuadamente y por lo tanto los resultados son confiables.

Estabilidad de las Líneas

Al estudiar la estabilidad de las líneas a través de diferentes ambientes (fechas de siembra) las diferencias en longitud y excursión de panoja, así como en altura de planta mostradas en el Cuadro 4.11 pueden ser debido a las diferencias genéticas de los materiales ya que éstos responden de manera diferente a los cambios en las

condiciones climáticas, por lo que es importante detectar líneas cuya respuesta no varíe con el ambiente, de tal forma que la producción de semilla resulte práctica y sin demasiados problemas, observándose en este estudio que las líneas LRB-102A y LRB-110A (Cuadro 4.13) muestran una buena estabilidad.

Con respecto a la interacción línea-citoplasma el Cuadro 4.14 muestra diferencias entre líneas para longitud de espiga sólo en el citoplasma A_1 y altura de planta en A_1 y A_2 , también se observó que tres de las líneas (LRB-104, LRB-102 y LRB-110) se comportaron de manera estable en cuanto a altura de planta, tanto en el citoplasma A_1 como en el A_2 a través de diferentes ambientes, lo cual es deseable en toda línea periental, de tal forma que no se presenten problemas de polinización en el campo de producción de semilla, debido a que la hembra sea más alta que el progenitor masculino.

En cuanto a las fechas de siembra (Cuadro 4.15) se observó que cambios en las condiciones ambientales (altas temperaturas) afectan en todos los casos la excursión de panoja, característica importante que puede influir en la cosecha, para tener una semilla más limpia y con menos problemas de humedad en las demás características, la

influencia del ambiente parece ser favorable, al tener una panoja más grande y una menor altura de planta.

Por otra parte en el Cuadro 4.16 se presenta el comportamiento medio de las líneas en cuanto a excursión de panoja a través de tres fechas de siembra, observándose diferencias entre líneas sólo a la primera y segunda fecha, que es cuando todas las líneas presentan una excursión todavía aceptable, además se observó que la respuesta de todos los genotipos es lineal (Figuras de la 4.1 a la 4.4) por lo tanto puede calcularse una determinada fecha para cada genotipo y fijar los límites donde cada material puede presentar una excursión de panoja aceptable y que los problemas a la cosecha sean mínimos.

Con respecto a la estabilidad de la esterilidad es deseable que el progenitor femenino no modifique significativamente su condición androestéril con las variaciones ambientales, observándose en el Cuadro 4.17 que la línea más estable es la LRB-102A a través de tres ambientes, mientras que la más afectada fue la línea LRB-104A. En el mismo cuadro se reporta también la respuesta media de los citoplasmas A₁ y A₂ al cambio ambiental, mostrando el A₂ un mejor comportamiento. En cuanto a fechas de siembra la primer fecha (Febrero, 20) no afecta la

respuesta de las líneas conservando su condición macho estéril; mientras que en la segunda y tercer fecha aparecen florecillas con polen funcional y por lo tanto ocurre la formación de semillas provenientes de autofecundaciones lo cual es indeseable, ya que en un momento determinado el porcentaje de semillas de este tipo puede ser tan alto que provoque el rechazo del híbrido por la aparición de demasidas plantas autofecundadas. En cuanto a la causa de este fenómeno puede atribuirse a la presencia de altas temperaturas en la época de floración (2a. y 3a. fecha de siembra). Así lo reportan Schertz y Pring (1981) al estudiar la estabilidad de la esterilidad masculina en línea con citoplasma A₁ y A₂.

En las interacciones (Cuadro 4.18) se confirma nuevamente que las líneas son más estables en la condición macho estéril bajo el citoplasma A₂, en tanto que la línea LRB-102A no se ve afectada con el cambio de citoplasma, característica que es deseable según se mencionó anteriormente. Lo mismo se confirma en las demás interacciones, lo cual muestra que la mejor fecha de siembra es la primera y que dado el comportamiento del citoplasma A₂, las perspectivas para su utilización a nivel comercial son muy alentadoras.

Con respecto a los coeficientes de variación, la variable excersión de panoja presenta el más alto porcentaje con 32.6 por ciento, el cual puede ser el resultado de la influencia que tuvo la variación ambiental sobre los genotipos además de existir diferencias entre dichos materiales, en las demás variables los porcentajes son normales y por lo tanto confiables.

Calidad de Semilla

Las diferencias en peso volumétrico, peso de mil semillas, así como los de germinación y peso seco de plántula, tanto en envejecimiento acelerado como a través de diferente tiempo de almacenamiento (Cuadros 4.20, 4.26 y 4.32) entre genotipos parece ser lo normal, ya que dichos materiales difieren en su composición genética. Además se está evaluando un material autofecundado (línea LRB-104A) y cuatro híbridos, por lo tanto es lógico también que debido a la heterosis algunos de los híbridos presenten valores más altos que la línea en éstas características de calidad evaluadas (Cuadros 4.21, 4.27 y 4.33), además de presentar diferente capacidad de almacenamiento, lo cual viene a coincidir con lo reportado por Delouche y Baskin (1973).

En cuanto al tipo de citoplasma los análisis no detectan diferencias entre el A₁ y A₂ en peso volumétrico, peso de mil semillas y en germinación y peso seco de plántula a través de nueve meses de almacenamiento (Cuadro 4.20, 4.26 y 4.32), sin embargo en cuanto a vigor a través de la prueba de estrés (envejecimiento acelerado), muestra que el citoplasma A₂ presenta un potencial más alto de almacenamiento que el A₁, por lo tanto puede inferirse que las condiciones de almacenamiento durante los nueve meses fueron los adecuados, de tal forma que no existieron factores que pudieran hacer notar dichas diferencias.

Por otra parte no se observó una tendencia definida en la respuesta de los cinco genotipos (Cuadros 4.22, 4.28 y 4.34) al utilizar los citoplasmas A₁ y A₂, por lo que se infiere que dependiendo del material ésta puede ser mayor o menor al variar el citoplasma y diferir con la característica.

Con respecto a la época de cosecha se detectaron grandes diferencias entre éstas en todas las características evaluadas (Cuadros 4.23, 4.24, 4.25 y 4.31) presentando una mayor calidad la semilla cosechada a madurez fisiológica, en las características análisis de peso volumétrico, peso de mil semillas en los de germinación y peso seco de plántula

después de envejecimiento acelerado (Cuadros 4.23 y 4.29). La misma tendencia presentan los cinco genotipos para estas características (Cuadros 4.24 y 4.30) además de diferir entre ellos. Esta respuesta coincide con lo reportado por Delouche (1964), sin embargo después de nueve meses de almacenamiento la respuesta no es igual, por lo que se atribuye a los efectos que pudieron tener los altos contenidos de humedad en la semilla cosechada a madurez fisiológica ya que éstas permanecieron en la panoja hasta su secado (30 días después de cosechadas) por lo tanto las condiciones dentro del almacén durante este período no fueron las adecuadas, aún y cuando la temperatura de éste fue de 10°C. Esto confirma lo reportado por Rajanna y Andrews (1970) y Bewley y Black (1985).

En cuanto al tipo de citoplasma los análisis detectaron una respuesta diferente a la de época de cosecha presentando la semilla con citoplasma A₂, un comportamiento superior a madurez fisiológica en las características de calidad evaluadas (Cuadros 4.25, 4.31 y 4.37) lo cual coincide con lo ya reportado (Delouche, 1964), además supera significativamente al citoplasma A₁, sin embargo a madurez de cosecha sucede una tendencia inversa, siendo superior el A₁, atribuyéndose tales resultados a que posiblemente las condiciones ambientales que prevalecieron en el campo

después de madurez fisiológica afectaron más a las semillas con citoplasma Az, como lo mencionan Bewley y Black (1985).

En lo que se refiere al efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad de semilla se observó que la máxima capacidad germinativa y peso seco de plántula se determinó a los tres meses después del almacenamiento (Cuadro 4.37). Posteriormente existe una disminución gradual de acuerdo con el tiempo de almacenamiento. El mismo comportamiento lo exhiben todos los genotipos en las dos épocas de cosecha. En peso seco de plántula (Cuadros 4.39, 4.40 y 4.41), tal respuesta puede atribuirse a una dormancia de tipo secundario que pudo ser impuesta cuando se sometió la semilla a un período de bajas temperaturas (10°C por 30 días) después de haber estado soportando temperaturas superiores a los 30°C . Además se observó que tanto los genotipos como las dos épocas de cosecha presentan una respuesta de tipo lineal, cuadrática o cúbica según el caso; sin embargo las dos últimas respuestas no coinciden con lo esperado como lo mencionan Azizul *et al.* (1973) por lo que se atribuyen tales resultados a las causas antes mencionadas, incluso el comportamiento de los híbridos se sale de toda lógica en la última evaluación, por lo que se infiere que pudo deberse a un error de muestreo.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo se concluye lo siguiente:

1. No se detectaron diferencias entre los dos tipos de citoplasma (A₁ y A₂) para las características longitud de panoja, altura de planta y rendimiento.
2. En días a floración se observaron diferencias significativas entre los dos tipos de citoplasma (A₁ y A₂), resultando los materiales citoplasma A₂ más tardíos en un día en promedio.
3. En lo referente a la restauración de la fertilidad masculina en los híbridos, se detectó que la línea LRB-63 es afectada por los dos citoplasmas restaurando sólo en forma parcial la fertilidad, mientras que el restaurador CS-3541 es afectado por el citoplasma A₂ en tres de las líneas (LRB-102, LRB-104 y LRB-110).
4. Las líneas androestériles difieren entre sí en cuanto a la estabilidad de la esterilidad bajo los dos citoplasmas

(A₁ y A₂), resultando unas más estables que otras.

5. No se encontraron diferencias entre citoplasmas en las características de calidad de semilla para peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación y peso seco de plántula. En vigor (GEA y PSEA) el citoplasma A₂ exhibió un mejor comportamiento que el A₁.
6. En cuanto a la época de cosecha se detectó que en madurez fisiológica, la semilla con citoplasma A₂ presenta mayor germinación y peso seco de plántula que aquella con citoplasma A₁, mientras que a madurez de cosecha el A₁ es superior al A₂.
7. Los resultados encontrados muestran que la utilización del sistema de androesterilidad génico-citoplásmica A₂ en la formación de híbridos puede ser más ventajosa que el sistema A₁.

RESUMEN

La reducida variabilidad genética del cultivo del sorgo y la utilización de un solo citoplasma androestéril (citoplasma A₁, Milo x Kafir) en la producción de semilla híbrida hacen de esta especie bastante vulnerable a posibles epidemias (plagas o enfermedades), por lo que se ha buscado incrementar el número de fuentes de androesterilidad de tal forma que disminuya parcialmente dicha vulnerabilidad, encontrándose en 1978 una nueva fuente de esterilidad masculina, a la cual se le identificó como citoplasma A₂. Sin embargo, su utilización aún no es posible debido a que está en fase experimental, por lo tanto se planteó el presente estudio, el cual se llevó a cabo en el Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas y en el Laboratorio de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). y cuyos objetivos fueron los siguientes: a) comparar características agronómicas de líneas e híbridos isogénicos de sorgo con: diferente citoplasma; b) comparar la estabilidad de las líneas con diferente citoplasma (A₁ y A₂); c) determinar diferencias en calidad de semilla que pudieran existir debido al tipo de

citoplasma.

El material genético utilizado fue desarrollado por el Programa de Sorgo del Campo Experimental de Río Bravo, Tamaulipas, durante el ciclo primavera-verano de 1989 y otoño-invierno de 1989-90 en sus versiones A₁ y A₂. El estudio fue dividido en tres experimentos; evaluación agronómica, estabilidad de la esterilidad y calidad de semilla. En el primer caso se evaluaron un total de 49 tratamientos que resultan de la combinación de cuatro líneas y 20 híbridos en dos versiones (A₁ y A₂), además de un testigo comercial, el diseño experimental fue un látice simple 7x7 con cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que no existen diferencias entre citoplasmas (A₁ y A₂) en las características: longitud de panoja, altura de planta y rendimiento de grano, mientras que para días a floración el citoplasma A₂ fue en promedio un día más tardío que el citoplasma A₁. En cuanto a la restauración de la fertilidad en los híbridos, la línea LRB-63 restauró en forma parcial la fertilidad en los dos citoplasmas, en tanto que la línea CS-3541 se vio afectada por el citoplasma A₂, de tal forma que sólo restauró la fertilidad parcialmente en las líneas LRB-104A, LRB-102A y LRB-110A en esta versión (A₂).

Por lo que respecta a la estabilidad de la esterilidad se evaluaron un total de 24 tratamientos que

resultan de la combinación de cuatro líneas androestériles en dos versiones (A_1 y A_2) y tres fechas de siembra, el diseño experimental fue un bloques al azar en un arreglo factorial con dos repeticiones. Los resultados mostraron que el citoplasma A_2 es más estable que el A_1 , mientras que las líneas androestériles difirieron entre sí, tanto en el citoplasma A_1 como en el A_2 , resultando unas más estables que otras.

En cuanto a calidad de semilla se evaluaron un total de 80 tratamientos que resultan de la combinación de cinco genotipos en sus dos versiones (A_1 y A_2), en dos épocas de cosecha (madurez fisiológica y madurez de cosecha) y cuatro periodos de almacenamiento (0, 3, 6 y 9 meses), el diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial con dos repeticiones. Los resultados indicaron que no existen diferencias entre citoplasmas en las características de peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación y peso seco de plántula, mientras que en vigor (germinación y peso seco de plántula después de envejecimiento acelerado) el citoplasma A_2 exhibió comportamiento superior al A_1 . Por otra parte en cuanto a la época de cosecha se encontró que semilla con citoplasma A_2 , cosechada a madurez fisiológica es superior en calidad que aquella con citoplasma A_1 , mientras que a madurez de cosecha el A_1 supera al A_2 .

En conclusión puede decirse que la utilización del sistema de androesterilidad génico-citoplásmica A₂ en la formación de híbridos puede resultar más ventajoso que el sistema A₁.

LITERATURA CITADA

- Andrews, H.C. 1971. Seed quality and crop performance. In: Handbook of seed technology. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. State Mississippi. pp. 367-377. USA.
- Atkins, R.E., and J.J. Kern. 1972. Cytoplasmic effects in relation to agronomic performance of grain sorghums, *Sorghum bicolor* (L) Moench. Crop Sci. 12:777-780. USA.
- Azizul, J.J.M., J.C. Delouche and C.C. Baskin. 1973. The pattern of glutamic acid decarboxylase degeneration and its relation with rice seed deterioration. Proc. AOSA. 63:155-160. USA.
- Bewley, J.D., and M. Black. 1985. Seeds. Physiology of development and germination. Plenum Press. New York. USA.
- Bragonier, H.W. 1976. Seed vigor-what is it?, In: Seed vigor and deterioration p. A bicentennial symposium, sponsored by the AOSA in cooperation with society of commercial seed technologist and the ASTA. Pennsylvania. USA.
- Copeland. L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Second edition. Nurgess Publishing Company. Minneapolis. M. USA.
- Chisi, M., and E. R. Miller. 1987. Comparison of F₁ hybrids in A₁ and A₂ cytoplasm across locations. *Sorghum Newsletter*. 30:23-24. USA.
- Delouche, J.C. 1964. Seed maturation. In: Seed Technology Laboratory (Bolletín). Mississippi State University, prepared for International Training Course on Seed

Improvement for Latin America and Caribbean Area.
Campañas Brazil. 15 p.

_____. 1971. Determinantes of seed quality. In: Seed
Technology Laboratory (Bolletín). Mississippi State
University. Mississippi State, Mississippi. USA.

Delouche, J.C., and C.C. Baskin. 1973. Acelerated aging
techniques for predicting the relative storability of
seed lots. Seed Sci and Technol. 1:427-452. USA.

Little, T.M. y F. Jackson A. 1979. Métodos estadísticos para
la investigación en la Agricultura. Ed. Trillas.
México. p. 152.

Quinby, J.R. 1970. Effects of male-sterile inducing cyto-
plasm in sorghum hybrids. Crop Sci. 10:614. USA.

Rajanna, B., and C.H. Andrews. 1970. Trends in seed
maturation of rice (*Oryza sativa* (L.)). Proc. AOSA.
60: 188-196. USA.

Rodríguez H., R., H. Williams A. y H. Torres, M. 1991.
Comparación agronómica de dos tipos de esterilidad
génico-citoplásmica en sorgo. In: Memoria del II
Congreso Nacional de Genética. Saltillo, Coah.,
México.

Ross, W. M., K.D., Kofoid. 1979. Effect of non-milo
cytoplasms on the agronomic performance of sorghum.
Crop Sci. 19:267-270. USA.

Schertz, K.F. 1981. Cytoplasm and potential for reduction of
genetic vulnerability in sorghum. In: Proceeding of
plant breeding methods and approaches in sorghum
workshop for Latin America. Intsormil-INIA-ICRISAT.
pp:114-120.

Schertz, K.F., and Pring. 1981. Cytoplasmic sterility
systems sorghum. In: House, L.R. Mughogho and J.M.
Peacock. (Eds.) Sorghum in the Eighties. ICRISAT.
Patancheru, A.P. India. pp:373-384.

Schertz, K.F., and J.R. Ritcher. 1978. Cytoplasmic genic male sterility systems in sorghum. *Crop Sci.* 18:890-893.

Steel, G.D.R. and J.H. Torrie. 1986. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. Second Edition.

Williams, H.A. 1987. Respuesta de líneas experimentales y comerciales de sorgo al sistema de androesterilidad génico-citoplásmica. *Az. Fitotecnia.* 10:91-98. México.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Cuadrados medios de la interacción genotipo por tipo de citoplasma para germinación y peso seco de plántula.

FV	GL	Germinación (%)	P.S. de plántula (mg)
G/C ₁	4	308.54**	23.08**
LVSH	1	1025.52**	65.25**
H	3	69.54**	10.02**
G/C ₂	4	117.14**	5.72**
LVSH	1	61.20*	9.76**
H	3	135.79**	4.37**
C/G ₁	1	721.90**	44.77**
C/G ₂	1	22.59 _{NS}	11.70**
C/G ₃	1	0.18 _{NS}	0.81 _{NS}
C/G ₄	1	328.89**	18.50
C/G ₅	1	15.59 _{NS}	0.001
Error	80	11.907	0.295

*, **. Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro A.2. Cuadrados medios de la interacción genotipo por época de cosecha para germinación y peso seco de plántula.

FV	GL	Germinación (%)	P.S. de plántula (mg)
G/EC ₁	4	150.00**	15.41**
LVSH	1	431.28**	18.31**
H	3	56.24**	14.45**
G/EC ₂	4	72.24**	4.47**
LVSH	1	11.74 _{NS}	0.08 _{NS}
H	3	92.41**	5.94**
EC/G ₁	1	852.53**	38.67**
EC/G ₂	1	114.57**	0.55 _{NS}
EC/G ₃	1	462.99**	25.49**
EC/G ₄	1	96.29**	2.58**
EC/G ₅	1	396.91**	40.51**
Error.	80	11.907	0.295

*, **. Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro A.3. Cuadrados medios de la interacción citoplasma por época de cosecha para germinación y peso seco de plántula.

FV	GL	Germinación (%)	P.S. de plántula (mg)
C/EC ₁	1	789.08**	10.86**
C/EC ₂	1	520.19**	20.64**
EC/C ₁	1	2945.77**	95.44**
EC/C ₂	1	11.40ns	3.72**
Error	80	11.9	0.295

*, **. Significativo al 0.01 de probabilidad.

Cuadro A.4. Cuadrados medios de la interacción genotipo por tiempo de almacenamiento para germinación y peso seco de plántula.

FV	GL	Germinación (%)	P.S. de plántula (mg)
G/A ₁	4	58.72**	4.0**
LVSH	1	0.61ns	2.06**
H	3	78.09**	4.65**
G/A ₂	4	152.79**	4.89**
LVSH	1	406.4**	11.03**
H	3	68.25**	2.84**
G/A ₃	4	33.64*	2.65**
LVSH	1	11.22ns	0.90ns
H	3	41.11*	3.24**
G/A ₄	4	171.35**	9.69**
LVSH	1	99.25**	0.57ns
H	3	195.38**	12.73**
A/G ₁	3	51.94**	2.65**
A/G ₂	3	77.61**	5.61**
A/G ₃	3	217.70**	12.16**
A/G ₄	3	83.51**	6.05**
A/G ₅	3	238.13**	11.57**

*, **. Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro A.5. Cuadrados medios de la interacción época de cosecha por tiempo de almacenamiento para peso seco de plántula.

FV	GL	P.S. de plántula (mg)
EC/A ₁	1	8.13**
EC/A ₂	1	30.13**
EC/A ₃	1	10.64**
EC/A ₄	1	24.42**
A/EC ₁	3	18.65**
A/EC ₂	3	18.76**
Error	80	0.295

**₂. Altamente significativo al 0.01 de probabilidad

Cuadro A.6. Cuadrados medios de la interacción genotipo por citoplasma para peso volumétrico y peso de mil semillas.

FV	GL	P.Volumétrico (kg/hl)	P.M.S (g)
G/C ₁	4	26.56**	20.47**
LVSH	1	3.01ns	0.12ns
H	3	34.41**	27.26**
G/C ₂	4	23.05**	15.61**
LVSH	1	4.92ns	4.25**
H	3	29.09**	19.40**
C/G ₁	1	8.75*	1.61*
C/G ₂	1	1.28ns	11.04**
C/G ₃	1	13.21**	0.08ns
C/G ₄	1	22.04**	0.04ns
C/G ₅	1	2.34ns	0.07ns
Error	20	1.398	0.218

*, **₂. Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro A.7. Cuadrados medios de la interacción genotipo por época de cosecha para peso volumétrico y peso de mil semillas.

FV	GL	P. Volumétrico (kg/hl)	P.M.S (g)
G/EC	4	38.77**	26.22**
LVSH	1	0.8ns	1.09*
H	3	51.43**	34.6**
G/EC	4	7.96**	9.95**
LVSH	1	0.17ns	0.44ns
H	3	10.56**	13.12**
EC/G ₁	1	19.5**	6.47**
EC/G ₂	1	51.86**	22.78**
EC/G ₃	1	8.32*	4.5**
EC/G ₄	1	18.78**	5.61**
EC/G ₅	1	0.83ns	0.07ns
Error	20	1.398**	0.218**

*, **, Significativo y altamente significativo al 0.05 y
0.01 de probabilidad respectivamente.