

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



RESPUESTA EN EL CRECIMIENTO DEL
CARIOPSIDE DEL SORGO A LA APLICACION
EXOGENA DE ACIDO GIBERELICO

POR:

JESUS JAVIER RODRIGUEZ MONSIVAIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN
PRODUCCION AGRICOLA

FEBRERO 2004

TM
Z5071
FA
2004
.R6



1020149760



**PONDO
TESIS**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**RESPUESTA EN EL CRECIMIENTO DE
CARIOPSIDE DEL SORGO A LA APLICACION
EXOGENA DE ACIDO GIBERELICO J**

POR

JESUS JAVIER RODRIGUEZ MONSIVAÉS

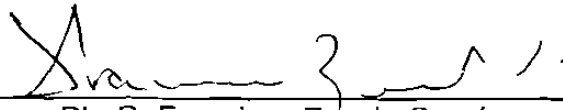
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN
PRODUCCION AGRICOLA**

FEBREO 2004

RESPUESTA EN EL CRECIMIENTO DEL CARIÓPSIDE DEL SORGO A LA
APLICACIÓN EXÓGENA DE ÁCIDO GIBERÉLICO

Aprobación de la tesis

Comité de Tesis



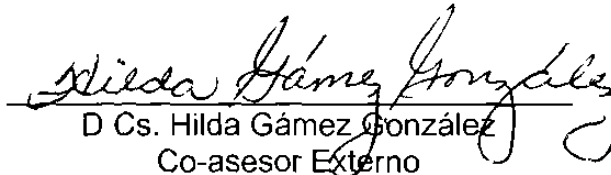
Ph. D. Francisco Zavala García
Asesor principal



Ph. D. Gilberto E. Salinas García
Co-asesor



M Sc. José Elías Treviño Ramírez
Co-asesor



D Cs. Hilda Gámez González
Co-asesor Externo

DEDICATORIA

A Jehová Dios

Creador de los cielos y la tierra. Por permitirme culminar una etapa más en mi vida profesional y sobre todo para valorar todo lo que él me ha dado.

A mi esposa

Dora Alicia Carreón Luna

Con profundo amor y cariño, por su apoyo constante en la lucha de la vida diaria y ser mi ayuda idónea desde que la conocí.

A mis hijos.

Yaresi Sinai Rodríguez Carreón y Samuel Abner Rodríguez Carreón

Por ser parte de mi y por inspirarme a seguir adelante sin claudicar.

A mis padres

Jesús Rodríguez Cuevas y Nemesia Monsivais Pérez (+)

Por su apoyo incondicional para suplir mis necesidades y darme su amor y cariño desde la niñez hasta el fin de la vida misma.

A mis hermanos

Nora Irma, Sergio Raúl, Ana Maria Patricia, José Martín, Juan de Dios y Héctor Bernardino.

Por formar una bonita familia que lucha por la unidad, la armonía y el amor. Siempre juntos a pesar de las distancias físicas e invisibles.

A todos mis familiares y amigos

Son tantos los familiares y amigos que han convivido conmigo a lo largo de mi vida y que de una manera u otra me han apoyado para seguir adelante, que sólo me queda decirles gracias a todos.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica - U.A.N.L. por el apoyo económico brindado para que realizara mi estudios de maestría.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León

En especial a la Subdirección de Estudios de Posgrado y a todo su personal por su dedicación a la formación de personal profesional de alto nivel competitivo.

Al Ph. D. Francisco Zavala García

Por su calidad y claridad en la dirección, asesoría, revisión y corrección de este escrito.

Al Ph. D. Gilberto Salinas García

Por su valiosa participación en la asesoría y corrección de esta investigación.

Al M. Sc. José Elías Treviño Ramírez

Por su aportación en el anteproyecto de tesis y en la revisión y corrección del presente estudio.

A la Dra. Hilda Gámez González

Por su colaboración en los trabajos de laboratorio y revisión del escrito de tesis.

A todos ellos gracias por forjarme una mejor visión de la realidad en el terreno de la ciencia, pero sobre todo gracias por su amistad que prevalece con el tiempo.

Al Ph D. Alberto Betancourt Vallejo

Por la revisión y sugerencias a este escrito.

Al Pastor Julio Montes Martínez

Por las enseñanzas de la palabra de Dios, que cambiaron el destino de mi vida y de mi familia.

Al futuro Dr. Jesús Santillano Cazares

Por su apoyo incondicional en los momentos de flaqueza educativa en algunas materias.

A la Bióloga, Sandra Eloisa Rangel Estrada

Por su disposición para colaborar en los trabajos de laboratorio, aportando ideas y sugerencias que fueron valiosas.

A mis amigos de Maestría y Doctorado

Efraín, Mario, Samuel, Jorge, Emmanuel, Juan Manuel, Azael, Woo, Ismael, Sahidd, Eduardo, Marroquín, Josefina, por la convivencia en el estudio y en el esparcimiento formando equipo.

Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz

Por su apoyo en el área laboral, académica, personal, siempre con una visión positiva.

Al Sr. Don Luis Cañamar

Con profundo respeto y admiración por su visión de superación con rigor en la calidad de lo que uno vaya a emprender.

Al M.C. Francisco Javier Acosta de la Cruz

Por su amistad sincera y ayudarme en el ámbito laboral y académico, siempre propositivo y dispuesto a colaborar desinteresadamente.

A todo el personal docente y administrativo de Agronomía

Gracias a todos.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	Xv
1. INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	4
Objetivos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Importancia del sorgo	5
2.1.1. Origen y diseminación	5
2.1.2. Mercado mundial del sorgo	7
2.1.3. Principales países exportadores e importadores	7
2.1.4. Principales países consumidores	8
2.2. Etapas del crecimiento y desarrollo del sorgo	8
2.2.1. Etapa de crecimiento 1	8
2.2.1.1. Germinación	8
2.2.1.2. Emergencia y establecimiento de la plántula	9
2.2.2. Etapa de crecimiento 2	11
2.2.2.1 Diferenciación floral	11
2.2.2.2 Antesis (floración)	12
2.2.2.3. Polinización	13
2.2.3. Etapa de crecimiento 3	14
2.2.3.1. Fertilización	14
2.2.3.2. Desarrollo y maduración del grano	15
2.3. Componentes del rendimiento	17
2.3.1. Peso de panícula	17

2.3.2. Número de granos por panícula	18
2.3.3. Tamaño de grano	18
2.3.4. Peso de semilla	18
2.3.5. Área foliar	19
2.3.6. Amacollamiento	19
2.4. Importancia de las fitohormonas en el desarrollo de las plantas	19
2.4.1. Metabolismo de las giberelinas	20
2.4.2. Síntesis de las giberelinas	21
2.4.3. Acción de las giberelinas	22
2.4.3.1. Crecimiento del dosel	22
2.4.3.2. Germinación de semillas latentes y crecimiento de yemas latentes	22
2.4.3.3. Movilización de alimentos y elementos minerales en células de almacenamiento	23
2.4.3.4. Floración	23
2.4.4. Posibles mecanismos de acción	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Experimento 1	28
3.2. Experimento 2	32
3.3. Experimento 3	34
4. RESULTADOS	37
4.1. Experimento 1	37
4.2. Experimento 2	48
4.3. Experimento 3	51
5. DISCUSIÓN	54
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
7. BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Tratamientos que fueron evaluados en cada uno de los experimentos.	30
2	Curva estándar de calibración de la α amilasa.	36
3	Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 10 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	37
4	Comparación de medias entre genotipos para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 10 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	38
5	Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 15 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	38
6	Comparación de medias entre genotipos para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 15 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	39
7	Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	39
8	Comparación de medias para la triple interacción de genotipo x dosis x fecha en la variable longitud de grano (mm) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	40
9	Comparación de medias para fecha en la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	40

10	Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	41
11	Comparación de medias para dosis en la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	42
12	Comparación de medias para fecha en la variable peso seco (g) de cariósides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	42
13	Comparación de medias para la interacción dosis x fecha en la variable peso seco (g) de cariósides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	42
14	Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 30 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	43
15	Comparación de medias para dosis en la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo a los 30 días después de la floración, Marín N. L. 2002.	43
16	Cuadrados medios para las variables peso de 100 semillas (P100), floración (Flor) y madurez fisiológica (Mf) de cariósides de sorgo, Marín N. L. 2002.	44
17	Comparación de medias para la interacción genotipo x dosis en la variable peso de 100 semillas (g) de sorgo, Marín N. L.2002.	45
18	Comparación de medias para fecha en la variable peso de 100 semillas (g) de sorgo, Marín N. L. 2002.	45
19	Comparación de medias entre genotipos para la variable madurez fisiológica (días) de cariósides de sorgo, Marín N. L. 2002.	45
20	Cuadrados medios para la variable altura (A) a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso fresco (Pf) de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico,	49

Marín N. L. 2002.

- | | | |
|----|---|----|
| 21 | Comparación de medias entre genotipos para la variable altura (cm) a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso fresco (g) a los 21 días de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002. | 49 |
| 22 | Cuadrados medios para la variable número de hojas a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso seco (Ps) a los 21 días de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002. | 50 |
| 23 | Comparación de medias para la triple interacción genotipo x dosis x fecha en la variable número de hojas en el primer muestreo de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002. | 51 |
| 24 | Comparación de medias entre genotipos para la variable número de hojas en el segundo muestreo de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002. | 51 |
| 25 | Cuadrados medios para la variable diámetro de halo en cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín, N. L. 2002. | 52 |
| 26 | Comparación de medias para la interacción genotipo x dosis en la variable diámetro de halo (mm) de cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín, N. L. 2002. | 52 |
| 27 | Comparación de medias para la interacción dosis x fecha en la variable diámetro de halo (mm) de cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín, N. L. 2002. | 53 |
-

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Comparación de medias entre genotipos para la variable longitud de grano (mm) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.	46
2	Comparación de medias entre genotipos para la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo del híbrido 7aX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.	46
3	Comparación de medias entre genotipos para la variable de peso fresco (g) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.	47
4	Comparación de medias entre genotipos para la variable de peso seco (g) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.	47
5	Embriones de sorgo tratados con ácido giberélico	48
6	Halos de actividad α amilasa en granos de sorgo tratados con ácido giberélico.	53

RESUMEN

Se sembró un híbrido experimental (7A X 90) y sus progenitores (7A y 90) con características contrastantes en el tamaño de la semilla. La siembra se realizó en el campo experimental de la F. A. U. A. N. L. en Marín N. L., México, el 23 de marzo del 2002. El objetivo fue evaluar el efecto del ácido giberélico en el crecimiento y características del cariósido del sorgo.

Cuando las panojas iniciaron la floración (30%) se aplicaron los tratamientos de ácido giberélico a 32, 64 y 96 ppm; nutrientes de Murashige y Skoog (MS) y el testigo con solo agua, se aplicaron 20 mL del producto con un atomizador manual. Se hicieron dos aplicaciones adicionales a los 10 y 20 días después. El ácido giberélico fue comparado con los nutrientes y el testigo para evaluar el efecto sobre el crecimiento del grano.

Los tratamientos fueron establecidos en parcelas de dos surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de ancho. El diseño experimental consistió en un bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas con tres repeticiones.

El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas para dosis en la variable longitud de embrión. Las aplicaciones de ácido giberélico de 96 ppm mostraron mejores

resultados con un 6 % de incremento en el tamaño del embrión. Para la variable peso de 100 semillas hubo diferencia significativa para la interacción genotipo x dosis y para fecha.

Los resultados mostraron que la dosis de 96 ppm en el genotipo fértil en la fecha dos dieron los mejores resultados. Para comprobar el efecto del ácido giberélico en el desarrollo de las plántulas provenientes de semilla tratada se realizó un segundo experimento y en un tercer experimento se evaluó la actividad de la α amilasa de semillas cosechadas. En ambos experimentos se observó que hubo una tendencia del ácido giberélico a 96 ppm en la fecha dos, tanto en el genotipo fértil como en el híbrido, a influir en el crecimiento de la cariósida.

SUMMARY

An experimental hybrid (7A X 90) and its parents (7A and 90), contrasting in seed size, were planted at the experimental station of the F.A.U.A.N.L., in Marín, N. L. , México in March 23 of 2002. The objective was to evaluate the effect of giberellic acid treatments on seed characteristics.

When panicles initiated the flowering (30 %), the giberellic acid treatments were applied at 32, 64 and 96 ppm; they were tested against Murashige and Skoog MS media and the control with pure water. Twenty mL of the product were sprayed manually on the heads. Two additional applications were made 10 and 20 days later.

The treatments were established in plots of two rows of five m long and 0.8 m width. The experimental design was a randomized complete block with an arrangement of split-split plot design with three replication.

The analysis of variance showed differences highly significant in treatments presented highly significant in doses for embryo length variable. Applications of giberellic acid at 96 ppm showed the best results with 6 %, for embryo size higher. For 100 seeds weight variable than the check; there were similar results for grain length and grain dry weight are significant, interaction

genotype x doses and for date. The results showed that the 96 ppm dose in the fertile genotype in the date two have the better records. To prove the effect of the gibberellic acid in the growth of the pantheist of the treated seeds was made a second and third experiment the activity of the α amylase was evaluated in the cropped seeds in both experiments and was seen a tendency gibberellic acid in the date two in the fertile genotype as in the hybrid to influence in the growth of the cariopses.

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo, después del trigo (*Triticum aestivum L.*), el maíz (*Zea mays L.*), el arroz (*Oriza sativa L.*) y la cebada (*Hordeum vulgare L.*), cultivándose alrededor de 45 millones de hectáreas (FAO, 1998).

México es uno de los principales productores de este grano y ocupa el cuarto lugar en la producción mundial con más de 5.6 millones de toneladas (INEGI, 2001). A nivel nacional, el sorgo está situado en el segundo lugar en cuanto a la producción de grano, después del maíz y el tercer lugar en lo que se refiere a la superficie sembrada, con más de dos millones de hectáreas, después del maíz y del frijol (SAGAR, 2000).

El sorgo de grano ha sido considerado por los consumidores pecuarios como un sustituto del maíz, utilizándose en la preparación de alimentos balanceados para la ganadería . Así, el grano de sorgo representa el 90 % de las raciones comúnmente empleadas en cerdos (Brudevold y Southern, 1994) y el 74 % de la materia cruda utilizada en todas las dietas de pollos, bovinos, ovinos y caprinos (National Research Council, 1996).

En los últimos años, la demanda para este grano ha ido en aumento en México debido al crecimiento de la actividad ganadera, factor que ha originado un déficit de más de cinco millones de toneladas para cubrir las necesidades de la industria de alimentos balanceados (www.sagarpa.infoaserca.gob.mx, 2003).

Una de las formas de cubrir esta demanda es a través de la formación de variedades más rendidoras, las cuales se generan a través de un proceso de mejoramiento genético, utilizando como principal criterio de selección el rendimiento del grano. Sin embargo, se ha demostrado que el uso de un criterio de selección controlado por muchos genes, como el propio rendimiento (Maiti, 1986), limita los avances por selección, recomendándose utilizar sustitutos como los componentes del rendimiento, entre ellos el tamaño de semilla. Estos componentes están generalmente controlados por un número más reducido de genes, Por este motivo, su uso como criterio de selección pudiera tener éxito en incrementar el rendimiento de grano.

Las distintas partes de las plantas incluyendo al grano, se desarrollan de una manera coordinada, su crecimiento y diferenciación dependen no solo de factores nutritivos, sino también de sustancias químicas llamadas fitohormonas, que son capaces de intervenir en el metabolismo actuando en pequeñas cantidades para activar o deprimir algún proceso del desarrollo (Rojas, 1993).

El estudio de las hormonas vegetales o fitohormonas se inició a partir de 1920 al efectuarse bioensayos para cuantificar su acción. En ese entonces, se inició la técnica de control hormonal para el enraizamiento de estacas, para aumentar la retención de flores y frutos y para impedir la brotación de yemas en las papas almacenadas (Rojas, 1992).

Grange mencionó que después del asentamiento de las flores, las giberelinas tienen el efecto predominante sobre el crecimiento de la semilla. Las giberelinas actúan sobre el ARN, activando los genes para la α amilasa en la capa de aleurona de las semillas de cereales en germinación. (Rojas, 1993; Talón, 1992).

Nickell (1982) mencionó que la importancia potencial de la fitorregulación puede ser la causa de la obtención de mayores rendimientos que pueden alcanzarse en la agricultura.

La justificación del presente trabajo es la de conocer el efecto de algunos factores que controlan el tamaño de grano específicamente el ácido giberélico, con el propósito de incrementar su expresión y poder contribuir así a favorecer el rendimiento de grano.

Hipótesis

1. El ácido giberélico actúa en el crecimiento del grano, por lo tanto, las aplicaciones exógenas tienen un efecto positivo en la expresión del tamaño del grano.
2. El ácido giberélico actúa en el vigor y la germinación de las semillas, por lo tanto, la aplicación exógena durante el proceso de la formación del grano afecta la germinación y desarrollo de la plántula de sorgo.
3. El ácido giberélico interviene en la síntesis de la α amilasa, por lo tanto, las aplicaciones exógenas durante el proceso de la formación del grano interviene en el proceso de germinación de la semilla.

Objetivos

1. Evaluar el efecto de la aplicación exógena de ácido giberélico sobre el crecimiento del cariósido del sorgo.
2. Evaluar el vigor de plántulas con semillas tratadas con ácido giberélico.
3. Evaluar la actividad de la α amilasa en semillas tratadas con ácido giberélico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DEL SORGO

2.1.1. Origen y diseminación

Se considera que los sorgos son de origen tropical, sin duda alguna son nativos de la zona Ecuatorial de África, pues es ahí donde se encuentra la mayor diversidad de especies del género *Sorghum* (Skerman y Riveros, 1992).

Según Doggget (www.gro.itesm.mx, 2001) el movimiento del sorgo de África a la India, fue probablemente vía naves de vela a lo largo de la ruta oceánica de los Sabeos de Arabia del Sur, aproximadamente en el año 1500 AC. Para el año 700 AC, el sorgo se había movido de la India hasta los países del Mediterráneo.

El cereal llegó a China por la Ruta de la Seda en el Siglo III. La llegada del cereal durante el siglo XVI al Hemisferio Occidental fue a través del comercio de esclavos. Al principio los tipos Guinea criollos, sensibles al fotoperíodo fueron llevados a América Central provenientes de África.

Durante los siglos XVII y XVIII, el maíz de guinea junto con la raza Durra de los trópicos del norte de África y los Kafirs de África del

Sur, llegaron a EUA también con el comercio de esclavos, pero su cultivo no fue muy importante. La variedad de sorgo dulce Ambarinos llegó de China en 1857 para la producción de jarabe y para forraje. Otras introducciones a EUA incluyeron las Durras cafés y blancos de Egipto en 1874, los Kafirs de Sudáfrica en 1876, Milo del Noreste de África en 1880, Shallu de la India en 1890 y Feterita y Hegari de Sudan, alrededor de 1908.

Aunque el sorgo llegó a América Latina a través del comercio de esclavos y traído por navegantes de la ruta de comercio Europa-África-América Latina en el siglo XVI, el cultivo no cobró importancia sino hasta finales del mismo siglo. Algo similar ocurrió con el sorgo en Australia.

En México se introdujo en la década de los 40's por la Oficina de Estudios Especiales de la Fundación Rockefeller (Ángeles y Vega citados por Maiti, 1986). Pero hasta la década de los 50's es que este cultivo comienza a tomar importancia en México, sembrándose para 1960 una superficie de 116,000 ha con una producción de 167,000 ton (Castillo citado por Hernández, 2000).

En los últimos años a cobrado una gran importancia debido a sus incrementos en la superficie sembrada con más de 2 millones de ha y una producción de más de 5.6 millones de toneladas, siendo los

principales estados productores Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Sinaloa (INEGI, 2001).

2.1.2. Mercado mundial del sorgo (www.sagarpa.com.mx., 2003)

De acuerdo a estadísticas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la producción mundial de sorgo 2003/2004 será de aproximadamente 57.95 millones de toneladas. Donde la producción de Estados Unidos se proyectará a un nivel de mas de 14 millones de toneladas, India 8 millones de toneladas al igual que Nigeria, enseguida México con 5.6 millones, Sudan con 4.3, Argentina con 2.7, China con 2.4 y Australia con 1.8 millones de toneladas.

2.1.3. Principales países exportadores e importadores

Estados Unidos es el principal exportador a nivel mundial con un 88.24 %, sigue Argentina con un 7%, Australia con un 2.8 % y otros con un 1.9 %.

México es el principal país importador de granos de sorgo del mundo con el 70 %, Japón el segundo con el 21 % y el 9 % restante otros países.

2.1.4. Principales países consumidores

México también es el principal país consumidor de sorgo en el mundo con un 19.19 %, seguido de la India con un 14 %, Nigeria 13.9 %, Estados Unidos 12.5 %, Sudan 6.5 %, China 4.4 %, Argentina 4 %, Japón 2.6 % y otros el 22.9 %.

2.2. ETAPAS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL SORGO

Los criterios usados para la descripción de las etapas de crecimiento varía entre los cultivos y son dependientes de las características del crecimiento de las plantas. Tales descripciones de las fases del desarrollo son ampliamente utilizadas para programar una extensa gama de prácticas culturales como riego, fertilización, control de plagas, enfermedades, etc. (Ellis *et al.*, 1995).

2.2.1. Etapa de crecimiento 1

2.2.1.1. Germinación

Una buena germinación depende de la viabilidad de la semilla, la cual es influenciada por el genotipo, la edad, el daño por enfermedad e insectos, el daño físico, el manejo post-cosecha, la trilla y las condiciones de cosecha y almacenamiento. La germinación es un proceso metabólico que comienza con la imbibición de agua por la semilla y termina con la emergencia de la radícula. Armstrong y Maiti (citados por Paul, 1990), además de Rodríguez y colaboradores

(2002) observaron la germinación *in vitro* en etapas muy tempranas del desarrollo de las semillas de sorgo con solamente 9 a 10 días de edad (después de la polinización).

La germinación y la emergencia de la semilla dependen del potencial hídrico, el contacto semilla - suelo, la aeración, la temperatura y las características mecánicas del suelo. Sin embargo, las semillas están protegidas contra la germinación prematura, por un mecanismo biológico llamado latencia, hasta que las condiciones ambientales sean favorables para asegurar la germinación y un desarrollo apropiado para la plántula.

La latencia es el resultado de una concentración en exceso de sustancias inhibitoras del crecimiento (ácido abscísico) en comparación con las sustancias promotoras (ácido giberélico) y también debido a la presencia de tegumentos seminales impermeables (Steinbach et al.,1997).

La semilla necesita cantidades adecuadas de oxígeno y agua para satisfacer los requerimientos respiratorios y proveer un medio para la actividad y la síntesis enzimática. La liberación de CO₂ aumenta rápidamente con la imbibición, alcanzando cerca de 10 μ mol (g peso seco)⁻¹ S⁻¹ a 25 °C antes de la ruptura de la testa. La

mejor germinación tiene lugar bajo temperaturas del suelo de entre 21 y 35 grados ° C.

2.2.1.2. Emergencia y establecimiento de la plántula

La etapa de plántula abarca de la emergencia de la radícula, hasta el momento en que la plántula no depende más de la energía almacenada en la semilla. La mayor parte del crecimiento de la plántula es el establecimiento del tejido de la raíz y el tallo para el autotrofismo y esto se logra principalmente mediante la utilización del alimento almacenado en el endospermo y es influenciado primariamente por el ambiente del suelo.

Las temperaturas altas del suelo, una profundidad excesiva de siembra, terreno pedregoso o terrones formados por mala preparación de la tierra, puede restringir severamente la emergencia (Maiti, 1986).

En el cultivo del sorgo, el establecimiento inadecuado de las plántulas es uno de los principales factores que limitan el rendimiento (Peacock *et al.*, citados por Paul, 1990). La profundidad de siembra afecta la emergencia de la plántula por su efecto sobre la elongación del coleoptilo y del mesocotilo. La costra del suelo forma una barrera mecánica directa contra la emergencia de la plántula y puede dañar el coleoptilo y las hojas en desarrollo.

La temperatura del suelo tiene efectos directos tanto en la germinación como en la subsecuente extensión de la plúmula. La temperatura óptima para la germinación es de 25 a 27 °C, la mínima, dependiendo de las variedades, es de 4.6 a 16.5 °C y una temperatura máxima de 40 a 45 °C .

Así mismo, se ha estudiado el efecto del tamaño de la semilla en la viabilidad de esta, el vigor y la emergencia de la plántula, encontrándose que sembrando semillas grandes, estas produjeron plántulas mas grandes, al menos en los primeros 15 a 20 días después de la siembra. (Jurado y Westoby, 1999)

2.2.2. Etapa de crecimiento 2

2.2.2.1. Diferenciación floral

La diferenciación floral se distingue por el alargamiento del meristemo apical y la formación de un estrechamiento en la base del ápice. El meristemo es de aproximadamente 0.5 mm de largo.

Durante esta etapa, las hojas restantes, aparte de aquellas expandidas durante la iniciación de la panoja, se expanden completamente; y las hojas que se expandieron anteriormente en la base del tallo comienzan a envejecer. El alargamiento del tallo ocurre por alargamiento de los entrenudos empezando por la base de este.

La acumulación de materia seca toma lugar en las raíces, hojas y tallo.

Esta etapa en ocasiones es llamada también etapa del alargamiento del tallo. Durante el alargamiento del tallo, la panoja se somete a una serie de cambios morfológicos y de desarrollo, estos incluyen: el desarrollo de las ramas primarias y secundarias, espiguillas, flósculos, glumas, estigmas, anteras y finalmente la emergencia de los estigmas.

2.2.2.2. Antesis (floración)

En la inflorescencia del sorgo empieza la dehiscencia de las anteras y salida del polen cuando el pedúnculo ha terminado su elongación. La primera flor que se abre es la terminal o la segunda de la rama más alta en la panícula. La florescencia continua hacia abajo de una manera bastante regular. Todas las flores en la panícula terminan de abrirse en un lapso de 6 a 15 días (6 a 9 generalmente) dependiendo de la variedad, el tamaño de la panoja, la temperatura, la humedad y otros factores.

Las flores abren generalmente entre las 22.00 y las 08:30 horas durante el período de floración, la mayoría abriendo justamente a la salida del sol. Conforme se desenvuelven las glumas, las tres

anteras y los dos estigmas emergen o las primeras pueden salir antes de que se abran las glumas. Una sola florecilla de la panícula puede producir 15, 000 granos de polen y una panícula hasta 6×10^7 granos de polen (Ortiz, 2001).

2.2.2.3. Polinización

La polinización puede proceder de polen de la misma flor, de otras flores en la misma inflorescencia o de otras inflorescencias. Maiti (1986) expresó que posterior a la antesis viene la polinización, la cual ocurre con la apertura de una flor como resultado de la hinchazón de los lodículos.

Tan pronto cuando el estigma llega a ser visible, los filamentos de las anteras se alargan hasta estar pendants sobre el estigma y la dehiscencia del polen ocurre. Toma alrededor de 10 minutos para completar el proceso total de la apertura de las espiguillas. Las flores permanecen abiertas por un periodo de 30 a 90 minutos. La dehiscencia de las anteras para que el polen se difunda tiene lugar a través del poro apical.

La polinización se lleva a cabo con la difusión del polen hacia el estigma. El polen comienza a germinar sobre el estigma (el cual permanece receptivo por un período de 10 días aproximadamente) y permanece viable por un período máximo de 5 horas.

El sorgo es primordialmente autofecundado; pero el cruzamiento es usualmente de 2 a 10% ó más.

2.2.3. Etapa de crecimiento 3

2.2.3.1. Fertilización

Como se indicó anteriormente, el grano de polen germina produciendo el tubo polínico sobre el estigma. El tubo polínico que contiene los dos gametos masculinos, crece a través del estilo, hasta alcanzar el óvulo o rudimento seminal. En la mayor parte de las plantas, el tubo polínico penetra en el rudimento a través del micrópilo.

Una vez introducido en el rudimento, se dirige hasta el saco embrionario y lo penetra por entre las sinérgidas. Posteriormente, el extremo del tubo se rompe y libera al citoplasma del saco embrionario (gametofito femenino) los dos núcleos gaméticos masculinos que ocasionalmente aún contienen parte de su célula vegetativa.

Uno de los gametos masculinos se funde con la ovocélula (núcleo generador del óvulo) y el otro con los núcleos secundarios (haploides) o del saco embrionario o polar (diploide). Este proceso se denomina doble fecundación. Como resultado de la fusión del

gameto masculino con la ovocélula, se origina el cigoto o célula huevo, que más adelante se desarrollará en embrión; por otra parte, la fusión del otro gameto masculino con el núcleo secundario originará el endosperma, tejido de reserva que nutre al embrión y a la planta joven (Torres, 1995).

2.2.3.2. Desarrollo y maduración del grano

El cigoto o huevo fertilizado que producirá el embrión, no se divide inmediatamente después de la fertilización, sino que entra en un período de latencia de 6 a 22 horas. El endospermo primario; sin embargo, no tiene un período de latencia y los procesos generales de crecimiento continua en el saco embrionario y en otras partes del óvulo.

El ovario empieza a alargarse por la división y expansión de las células, incrementando su tamaño hasta 50 % durante la primeras 24 hr. Después de ocho días, el endosperma ha reemplazado casi todo el tejido nucelar y el cariósido alcanza su máximo volumen alrededor de 12 a 20 días después de la polinización. Posteriormente, el desarrollo principal en el cariósido es un incremento en el tamaño del embrión y la deposición de almidón en el endosperma.

La tasa de acumulación de materia seca en los granos es aproximadamente lineal durante todo el período de crecimiento, excepto por un período de retraso al principio que puede durar hasta 14 días (Eastin, 1972). Durante este período, los granos permanecen en un estado semilíquido conocido como la "fase lechosa".

Alrededor de 70 días después de la germinación, el grano entra en la etapa de masa suave, pero solo cerca de 10 % de su materia seca se ha acumulado porque el crecimiento, hasta este momento ha sido principalmente en volumen.

Entre 80 y 85 días después de la germinación, el grano entra en la etapa de masa dura con el grano pesando un 75 % del peso final. A alrededor de los 90 días la planta alcanza la madurez fisiológica y el grano tiene aproximadamente un 30 % de humedad.

La madurez se manifiesta por la aparición de una capa negra (acumulación de pectina en las células del floema) en la región hilar, que tapa los haces vasculares y termina el movimiento de productos asimilados hacia el grano.

2.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento es un carácter complejo que está determinado por un número relativo de características heredables que interactúan en estrecha relación con los factores del ambiente.

Los componentes del rendimiento de grano en la planta de sorgo, según Maiti (1986) son: el tamaño de la panoja, número de ramas primarias y secundarias, peso del grano y número de granos por panoja por unidad de área.

En cambio, Saeed *et al.* (1986) mencionaron que en el sorgo, los rendimientos se elevan a través de dos componentes principales, el número de semillas y el tamaño de la semilla. Grafius (citado por Dofing y Knigth, 1994) mencionó que el rendimiento de grano en cebada está determinado por el producto de tres componentes: número de espigas por metro cuadrado, número de semillas por espiga y peso de la semilla.

2.3.1. Peso de panícula

Aunque este carácter se le ha considerado como un componente primario, el peso de la panícula es el mismo rendimiento, con la salvedad de que se le esta adicionando el peso del raquis, de tal modo que es lógico encontrar alta correlación entre estos dos caracteres. Gómez (1974) sugirió que en caso de no poder

realizar el desgrane, la estimación del rendimiento de grano se puede hacer con bastante precisión registrando el peso de la panícula.

2.3.2. Número de granos por panícula

Quinby y Blum (citados por Gómez, 1992) afirmaron que el número de granos por panícula es el componente que más se incrementa por el vigor híbrido en sorgo. Por otro lado, Eastin (1972) afirmó que la diferencia en rendimiento entre los sorgos mejorados y los no mejorados, esta determinada por el número de granos por panícula.

2.3.3. Tamaño de grano

Fanous (citado por Gómez, 1992) mencionó que después del número de granos, el tamaño del grano es el segundo carácter en importancia para la determinación del rendimiento y que éste está determinado por acción génica aditiva. Por otra parte, Quinby (1963) mencionó que la contribución de este carácter en contraposición con el número de granos es incierto.

2.3.4. Peso de semilla

Por efecto de competencia entre los granos de una misma panícula, un incremento en el número de semillas, puede estar acompañado por un decremento en el peso individual del grano, y viceversa; Sin embargo, el peso de semilla individual es raramente

influenciado por cambios en la densidad de población, o sea que es carácter estable para cada genotipo (Gupta, 1975).

2.3.5. Área foliar

Quinby (1963) encontró correlación del rendimiento de sorgo con el ancho de las hojas y Liang *et al.* (1969) observaron correlación del rendimiento con el número de hojas en maíz.

2.3.6. Amacollamiento

El amacollamiento es un carácter que en ocasiones se comporta como importante en la determinación del rendimiento, pero no siempre es así, ya que esta fuertemente influenciado por el ambiente (Downes, 1972).

2.4. IMPORTANCIA DE LAS FITOHORMONAS EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Los grupos hormonales más importantes son las auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico y el etileno, para efecto del estudio del desarrollo de la semilla de sorgo nos enfocaremos a analizar el grupo de las giberelinas, donde pertenece el GA₃ que fue utilizado en este trabajo de investigación.

2.4.1. Metabolismo de las giberelinas

Las giberelinas están formadas por compuestos isoprenoides. Específicamente son diterpenos que se sintetizan a partir de unidades de acetato del acetil coenzima A en la ruta del ácido mevalónico. El pirofosfato de geranylgeraniol, un compuesto de 20 carbonos, sirve como donador de todos los átomos de carbono de las giberelinas. Se convierte en pirofosfato de copalil, con dos sistemas de anillos y luego en kaureno. A través de una serie de reacciones no claramente entendidas, el kaureno se convierte a las diferentes giberelinas (Hedden y Proebsting, 1999; Graebe, 1988 y Talón, 2000).

Las giberelinas son designadas típicamente con un número (GA₃, GA₅, GA₁₈, etc.) basadas en el orden cronológico de su aislamiento e identificación. Individualmente las giberelinas se diferencian entre ellas en el estado de oxidación de la estructura de anillo y los carbonos y grupos hidroxilo presentes.

Las giberelinas también se encuentran como glucósidos (típicamente de glucosa) u otras formas inactivas unidas en plantas y secciones de ellas; varias de estas pueden ser fácilmente convertidas a las formas libres por hidrólisis. Parece existir alguna interconversión entre las giberelinas específicas dentro de las

plantas, por ejemplo, GA_1 puede convertirse en GA_3 y subsecuentemente en GA_8 .

Los conjugados pueden representar una forma importante de modular las concentraciones internas de giberelinas en las plantas. Cuando las giberelinas son aplicadas a tejidos vegetales frecuentemente ocurre una rápida conversión a la forma glucosídica inactiva; además, aunque las giberelinas son más estables que las auxinas, pueden ser degradadas a compuestos inactivos (Salisbury y Rose, 1994).

2.4.2. Síntesis de las giberelinas

Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. La hormona no muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como las auxinas. Además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido aisladas de exudados de xilema, lo que sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta (Salisbury y Rose, 1994).

2.4.3 Acción de las giberelinas

2.4.3.1 Crecimiento del dosel

Las giberelinas poseen la capacidad única, entre las hormonas vegetales reconocidas, de estimular el crecimiento generalizado de plantas intactas de muchas especies, en especial pigmeas o bianuales en la fase de roseta. La mayoría de las dicotiledóneas y algunas de las monocotiledóneas, responden creciendo más rápido cuando se tratan con giberelinas (Arteca, 1996).

2.4.3.2 Germinación de semillas latentes y crecimiento de yemas latentes

La latencia de yemas y semillas con frecuencia se rompe por períodos largos de frío en invierno, permitiendo el crecimiento en primavera, cuando las condiciones son favorables. Para algunas especies, la latencia de yemas también puede ser superada por el aumento en la duración del día que se presenta hacia finales del invierno y en el caso de muchas semillas, la latencia se rompe por breves períodos de luz roja cuando están húmedas.

Las giberelinas superan ambos tipos de latencia de semillas y brotes en muchas especies, actuando como sustituto de bajas temperaturas, días largos o luz roja en las semillas (Hess, 1980).

2.4.3.3. Movilización de alimentos y elementos minerales en células de almacenamiento

En la iniciación de la germinación, las giberelinas juegan un papel de gran importancia. Después de la inbibición en la semilla de cebada, las giberelinas aparecen en el embrión, de allí son trasladadas a la capa de aleurona que a su vez es estimulada a producir una serie de enzimas hidrolíticas, incluyendo la α amilasa para la digestión del almidón, la proteasa para la digestión de proteínas y la nucleasa para la digestión de ácidos nucleicos. (Weaver,1990).

Skadsen (1993) responsabilizó a las giberelinas de la actividad del α amilasa en semillas de cebada; así mismo, Pagano et al. (1997) encontraron que en la regulación de la actividad α amilasa en semillas de sorgo hay una posible participación directa del ABA en la biosíntesis de giberelinas.

2.4.3.4. Floración

Para que una planta forme flores depende de varios factores, incluyendo su edad y ciertas propiedades del ambiente. Las giberelinas pueden sustituir el requerimiento del día largo en algunas

especies, con lo que una vez más se demuestra la existencia de una interacción con la luz.

Las giberelinas también suplen la necesidad que tienen algunas especies de un período inductivo de frío si están a punto de florecer o para hacerlo más pronto (vernalización). Cada vez hay más evidencia que indica que algunas giberelinas son mucho más eficaces que otras para estimular la floración (Hess, 1980).

Rodríguez y colaboradores (2002) realizaron aplicaciones de ácido giberélico a la panoja de sorgo en concentraciones de 8, 16 y 32 ppm encontrando una tendencia a incrementar el tamaño del embrión y el tamaño de la plántula.

Awan y Alizai (1989) estudiando el efecto del ácido giberélico a 100 ppm y ácido indolacético a 100 ppm en la emergencia de la panícula de arroz de la variedad IR6, observaron un incremento en la altura de la planta (12% y 1.5 %), número de granos por panícula (9.6 % y 12 %), peso de 1000 granos (4.5 % y 4.7 %) y rendimiento de grano (39% y 2 %). En cambio, Wlodkowski (1990) evaluando la aplicación de ácido giberélico (GA_3) después de la floración a una concentración de 1.2×10^{-4} M sobre el rendimiento de tres variedades de trigo de verano (Ostka popularna, Kalyansoma y Ramzes), encontró que en todas las variedades disminuyó el

rendimiento (18 - 45 %) a consecuencia de una disminución considerable en el número y tamaño de las semillas.

Silva y colaboradores (2001), trataron plantas de girasol a los 20 y 35 días después de la siembra con cuatro fitoreguladores del crecimiento; Biogib (ácido giberélico) 5mM, Biozyme 500 cc ha⁻¹ Cycocel (cloromequat) 3,000 ppm y Cultar (paclobutrazol) 31 ppm., encontrando que con la aplicación de ácido giberélico se obtuvieron plantas mas altas, pero con un decremento en el rendimiento en comparación con el testigo.

Nair y colaboradores (citados por Cárdenas,1981) trataron plantas de tomate de cinco cultivares con ácido giberélico a 5, 10, 15 ppm y otros reguladores obteniendo incrementos en el rendimiento. También, Mehta *et al.* (citados por Cárdenas, 1981) trataron plantas de tomate de la variedad Pusa Ruby con ácido giberélico a 10 y 25 ppm y aumentaron el rendimiento.

Ríos y Rodríguez (1997), asperjando urea y ácido giberélico en la floración de la variedad Autumn blissí de frambuesa roja, encontraron que con 50 ppm de ácido giberélico se aumentó el rendimiento 23% en plantas con 14 nudos; pero con dos aplicaciones de ácido giberélico a 50 ppm, redujo el rendimiento 43 % y con 50

ppm de ácido giberélico + 10 g L⁻¹ de urea redujeron el rendimiento 53 % en plantas con 16 nudos y 56 % en plantas con 18 nudos.

Betancourt y colaboradores (2003) en la etapa de embuche en sorgo realizó aplicaciones de fertilizantes foliares, 24gr de ácido giberélico y 500g de ácido bórico por ha, aumentando el rendimiento en más de un 80 % en comparación con el testigo.

2.4.4. Posibles mecanismos de acción

Los muchos efectos de las giberelinas sugieren que tiene más de un sitio de acción primario. En primer lugar, la división celular es estimulada en el ápice del tallo, en especial en las células meristemáticas, más basales, a partir de las cuales se desarrollan las largas filas de células corticales y de la médula.

Un trabajo cuidadoso efectuado por Liu y Loy (citados por Salisbury y Rose,1994) demostró que las giberelinas promueven la división celular porque estimulan células que se encuentran en la fase G1 a entrar en la fase S y debido a que también acortan la fase S. El incremento en el número de células, da lugar a un crecimiento más rápido del tallo, debido a que cada una de las células puede crecer.

En segundo lugar, en ocasiones las giberelinas promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructanos y sacarosa, con lo que se originan moléculas de fructuosa y glucosa. Estas hexosas proporcionan energía vía respiración, contribuyen a la formación de pared celular y también hacen momentáneamente más negativo el potencial hídrico, por lo que el agua penetra entonces con mayor rapidez, provocando expansión celular y diluyendo los azúcares.

En tercer lugar, con frecuencia las giberelinas incrementan la plasticidad de la pared celular (Salisbury y Rose, 1994).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Experimento 1.

Para cumplir con el primer objetivo de la investigación, se realizó este experimento titulado “Efecto de la aplicación de ácido giberélico a la panoja en el desarrollo de la cariósida de sorgo”

El desarrollo de la presente investigación se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, Nuevo León México, situado en el Km. 17.5 de la carretera Zuazua–Marín, ubicado geográficamente a 25° 53' latitud Norte y 100° 02' longitud Oeste, con una altura de 400 msnm (INEGI, 1996).

Materiales: Se utilizaron tres genotipos, genotipo hembra de semilla chica denominado 7A; el genotipo macho con semilla grande denominado 90 y el genotipo híbrido producto del cruzamiento de ambos progenitores.

Se utilizó también un atomizador de un litro, ácido giberélico (GA₃, Biogib), agua destilada, balanza analítica, vernier, microscopio estereoscópico, estufa, bolsas de papel, marcadores de tinta permanentes y una cámara digital.

Métodos: En el ciclo agrícola Otoño-Invierno del 2002 (23 de marzo) se sembró el híbrido (7A X 90) y sus progenitores (7A y 90) con características contrastantes en el tamaño de semilla, bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas con tres repeticiones. La parcela grande estuvo constituida por los genotipos, la parcela mediana por las dosis y la parcela chica por las fechas de aplicación, las cuales se establecieron en parcelas de dos surcos con 0.80 m de ancho y 5.0 m de longitud.

Cuando las panojas presentaron un 30 % de floración, se procedió a seleccionar cinco panojas homogéneas por unidad experimental, aplicándoles posteriormente los tratamientos con un atomizador a dosis de 32, 64, 96 ppm de ácido giberélico y una dosis de nutrientes Murashige y Skoog (1962), así como también un testigo donde se aplicó solo agua. La aplicación de los productos se realizó en forma homogénea en una cantidad de 20 ml a la panoja y hoja bandera. Se realizaron dos aplicaciones adicionales a los 10 y 20 días después a cada uno de los tratamientos de acuerdo al Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos que fueron evaluados en cada uno de los experimentos.

Tratamiento	Genotipo	Dosis GA ₃	Fecha	Tratamiento	Genotipo	Dosis GA ₃	Fecha
1	7A	32 ppm	30% floración	24	7AX90	96 ppm	20 días después
2	7A	32 ppm	10 días después	25	7AX90	Medio MS	30% floración
3	7A	32 ppm	20 días después	26	7AX90	Medio MS	10 días después
4	7A	64 ppm	30% floración	27	7AX90	Medio MS	20 días después
5	7A	64 ppm	10 días después	28	7AX90	Testigo	30% floración
6	7A	64 ppm	20 días después	29	7AX90	Testigo	10 días después
7	7A	96 ppm	30% floración	30	7AX90	Testigo	20 días después
8	7A	96 ppm	10 días después	31	90	32 ppm	30% floración
9	7A	96 ppm	20 días después	32	90	32 ppm	10 días después
10	7A	Medio MS	30% floración	33	90	32 ppm	20 días después
11	7A	Medio MS	10 días después	34	90	64 ppm	30% floración
12	7A	Medio MS	20 días después	35	90	64 ppm	10 días después
13	7A	Testigo	30% floración	36	90	64 ppm	20 días después
14	7A	Testigo	10 días después	37	90	96 ppm	30% floración
15	7A	Testigo	20 días después	38	90	96 ppm	10 días después
16	7AX90	32 ppm	30% floración	39	90	96 ppm	20 días después
17	7AX90	32 ppm	10 días después	40	90	Medio MS	30% floración
18	7AX90	32 ppm	20 días después	41	90	Medio MS	10 días después
19	7AX90	64 ppm	30% floración	42	90	Medio MS	20 días después
20	7AX90	64 ppm	10 días después	43	90	Testigo	30% floración
21	7AX90	64 ppm	20 días después	44	90	Testigo	10 días después
22	7AX90	96 ppm	30% floración	45	90	Testigo	20 días después
23	7AX90	96 ppm	10 días después				

A los diez días después de la primera aplicación, se realizaron muestreos de la parte superior de las panojas seleccionadas por unidad experimental a intervalos de cinco días hasta la madurez fisiológica, para medir las siguientes variables: peso fresco (se separaron cinco granos en desarrollo de cada una de las panojas seleccionadas y de los 25 granos, se tomó una muestra al azar de cinco, para ser pesados en una balanza analítica y conocer el peso fresco), peso seco (después de pesados los granos en la balanza, se colocaron en una estufa a 60 °C por 72 horas para el registro del peso seco.),

Longitud del grano (de los 20 granos que quedaron a cinco tomados al azar se les midió la longitud del grano con un vernier) y longitud de embrión;(después de esta lectura, se le extrajo el embrión y se midió la longitud en un microscopio estereoscópico con una regla instalada en el ocular).

Así mismo se registró el peso de 100 semillas (al final del ciclo se tomaron 100 semillas al azar de las cinco panojas seleccionadas y se pesaron en una balanza analítica). Además se midieron las siguientes variables: días a floración (cuando las panojas mostraron un 30 % de floración), período de llenado de grano (desde la floración hasta la madurez fisiológica).

3.2. Experimento 2.

Para cumplir con el segundo objetivo de la investigación se realizó este experimento titulado "Comportamiento de la germinación y establecimiento de plántula de semilla proveniente de panojas tratadas con AG₃ durante la etapa inicial del desarrollo del grano."

Materiales: Se utilizó semilla proveniente de tres genotipos: genotipo hembra 7A (semilla pequeña), genotipo macho 90 (semilla grande), genotipo híbrido 7A x 90 provenientes de panojas tratadas con ácido giberélico durante la etapa inicial del desarrollo del grano, botes de poliestireno de un litro, tierra preparada, regla, estufa, balanza analítica.

Métodos: Este experimento se estableció a un lado del invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en el área del vivero Marín. Se sembraron las semillas de sorgo el 30 de septiembre del 2002 en botes de poliestireno con una mezcla de tierra, arena y estiércol en partes iguales, a una profundidad de 2 cm aproximadamente, bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas con tres repeticiones. las parcelas grandes fueron los genotipos, las parcelas medianas, las dosis de aplicación y

las parcelas chicas las fechas de aplicación (Cuadro 1), siendo la unidad experimental una planta.

Cabe mencionar que las semillas que se usaron para este experimento, tenían 15 días de haber sido cosechadas de las panojas que fueron tratadas con el ácido giberélico, solución MS y agua, provenientes del Experimento 1 descrito anteriormente.

A los 7, 14 y 21 días después de la siembra se registraron los datos de altura de plántula, midiendo con una regla desde la base del tallo hasta donde se comenzaban a doblar la hoja apical; así mismo, se registró el número de hojas incluyendo las embrionarias.

Para evaluar el peso fresco, a los 21 días después de la siembra, las plántulas se cortaron de la base del tallo y se colocaron en bolsas de papel y se pesaron en una balanza analítica. Posteriormente se pusieron en una estufa a 60 °C durante 72 hr para medir el peso seco.

Los datos fueron analizados con la técnica del ANVA y la comparación de medias se realizó utilizando la técnica de Duncan al 1 y 5 % de probabilidad.

3.3. Experimento 3.

Para cumplir con el tercer objetivo de la investigación se realizó este experimento titulado "Actividad de la α amilasa en cariósides cosechadas de panojas de sorgo tratadas con ácido giberélico".

Materiales: granos de sorgo de tres genotipos (7A, 7AX90 y 90), cajas petri, algodón, reactivos: Solución amortiguadora-Tris, HCL- NaCL, Almidón, Agarosa, α amilasa, agua destilada, yodo lugol), centrífuga, hielo seco, morteros, mazos, tubos eppendorf de 200 μ L, micropipeta, refrigerador, microscopio estereoscópico.

Métodos: Este experimento se llevó a cabo el 2 de junio del 2003 en el laboratorio de Fisiología de la Facultad de Biología de la U.A.N.L. En donde se pusieron a germinar granos de sorgo a temperatura ambiente (cosechados de panojas tratadas con ácido giberélico en el momento de la floración y postfloración, provenientes de Experimento 1 descrito anteriormente) en cajas petri con algodón como sustrato.

Para medir la actividad de la α amilasa, se realizó el siguiente procedimiento: después de 72 horas de germinación, se pesaron 5 semillas germinadas y se homogenizaron con la solución

amortiguadora Tris - HCL- NaCL 1:10 y luego se maceraron en un mortero, tomando enseguida la parte líquida del macerado para colocarla en tubos eppendorf de 200 μ L, y estos a su vez colocarlos en hielo seco para su congelación. Una vez congeladas se pasaron a un refrigerador para que se mantuvieran a una temperatura de 4 o 5 °C y posteriormente se centrifugaron a 6, 500 r.p.m. durante 15 minutos.

Después de terminada la centrifugación se tomaron alícuotas del sobrenadante proteínico de 200 μ L en tubos eppendorf para su congelación en hielo seco y posteriormente fueron sometidas a la técnica de difusión radial, para lo cual se ocuparon los siguientes reactivos: 0.9 g de Almidón, 3 g de Agarosa, y 30 mL de Buffer tris - HCL- NaCL

Se tomaron 300 mL de Buffer tris y se le agregaron 3 g de agarosa y 0.9 g de almidón, para posteriormente calentarse la solución hasta quedar incolora (punto de ebullición).

Con la solución preparada se vertieron con una micropipeta 20 mL en cada una de las nueve cajas petri, esperándose hasta que el gel solidificó. Una vez gelificado se hicieron 15 perforaciones en cada caja y a su vez a cada perforación se le colocaron 10 microlitros del

extracto proteínico. Incubándose posteriormente en una estufa durante dos horas a 40 °C.

Al terminar el periodo de incubación se tiñó con 5 mL de yodo - lugol al 5 % sobre toda la superficie del gel, enseguida se dieron tres enjuagues con agua y por último se procedió a medir el halo que se formó por el efecto de la actividad del α amilasa en el almidón,. La medición se realizó utilizando un microscopio estereoscópico con una regla instalada en el ocular.

Calibración de la curva estándar:

Para comprobar que los resultados obtenidos de la actividad del α amilasa de los granos de sorgo estuvieran dentro de un rango conocido, se realizó una curva de calibración de la siguiente manera:

En 10 mL de Buffer se disolvieron 10 mL de α amilasa y a partir de esta se hicieron diluciones como lo muestra el cuadro 2.

Cuadro 2. Curva estándar de calibración de la α amilasa

Concentración	μ L α amilasa	μ L de Buffer	ϕ de halo (mm)
0	0	100	39
1	10	90	80
2	20	80	85
3	30	70	90
4	40	60	92
5	50	50	97
6	60	40	100
7	70	30	102
8	80	20	104
9	90	10	105
10	100	0	105

4. RESULTADOS

Experimento 1.

En el Cuadro 3 se puede observar que a los 10 días después de la floración hubo diferencias altamente significativas para longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) únicamente entre genotipos (parcela grande). Cabe aclarar que en este muestreo se realizaron los análisis de varianza solo con una fecha de aplicación de los tratamientos, por eso aparece la tabla incompleta para un análisis de parcelas subdivididas.

Cuadro 3. Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 10 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

F. V.	Lg	Le	Pf	Ps
Gen	0.1824**	0.5968**	0.0144**	0.0009**
Dosis	0.0165	0.0309	0.0003	0.0000
GxD	0.0098	0.0516	0.0002	0.0000
C.V.	3.4345	20.8533	11.5194	22.5381

** altamente significativo

Las comparaciones de medias se presentan en el Cuadro 4, en donde observamos que para la variable longitud de grano y longitud de embrión, el híbrido es el que presentó los mas altos valores y para las variables de peso fresco y peso seco, el progenitor masculino fue el mejor.

Cuadro 4. Comparación de medias entre genotipos para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 10 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Lg		Le		Pf		Ps	
Gen	Media	Gen	Media	Gen	Media	Gen	Media
7AX90	4.3553	7AX90	1.6315 A	90	0.1742 A	90	0.0532 A
7A	4.1971 B	90	1.3256 B	7AX90	0.1577 B	7AX90	0.0506 A
90	4.1238 B	7A	1.2250 C	7A	0.1109 C	7A	0.0382 B

En el Cuadro 5 se puede observar a los 15 días después de la floración que hubo diferencia altamente significativa para longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf), peso seco (Ps) y fue solo significativa para longitud de grano (Lg) entre genotipos (parcela grande).

Cuadro 5. Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 15 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

F. V.	Lg	Le	Pf	Ps
Gen	0.2872*	0.6607**	0.0969**	0.0165**
Dosis	0.0335	0.0097	0.0005	0.0002
GxD	0.0569	0.0205	0.0005	0.0001
Fechas	0.0201	0.0259	0.0000	0.0000
GxF	0.0000	0.0208	0.0002	0.0000
DxF	0.0038	0.0405	0.0002	0.0000
GxDxF	0.0050	0.0248	0.0001	0.0000
C.V.	1.6539	8.7853	6.8160	8.3614

** altamente significativo *significativo

Al realizar las comparaciones de medias entre genotipos, se encontró que el híbrido presentó los mejores valores para las variables longitud de grano (Lg) y longitud de embrión (Le); en cambio, el progenitor masculino, fue el mejor para las variables de peso fresco (Pf) y peso seco (Ps), tal como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Comparación de medias entre genotipos para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 15 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Lg		Le		Pf		P	
Gen	Media	Gen	Media	Gen	Media	Gen	Media
7AX90	4.7346 A	7AX90	2.4180 A	90	0.2536 A	90	0.1125 A
7A	4.7335 A	90	2.3510 B	7AX90	0.2091 B	7AX90	0.0948 B
90	4.5640 B	7A	2.1285 B	7A	0.1407 C	7A	0.0659 C

En el Cuadro 7 se aprecia que a los 20 días después de la floración hubo significancia para la triple interacción de genotipo x dosis x fecha para la variable de longitud de grano (Lg). También se puede observar que la variable longitud de embrión (Le) resultó altamente significativa para genotipos (parcela grande) y para fechas (parcela chica). Sin embargo, para las variables peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) hubo alta significancia solo para genotipos.

Cuadro 7. Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

F. V.	Lg	Le	Pf	Ps
Gen	0.3313**	1.0576**	0.2748**	0.0673**
Dosis	0.0661*	0.0205	0.0015	0.0001
GxD	0.0248	0.0141	0.0014	0.0001
Fechas	0.0000	0.0791**	0.0010	0.0000
GxF	0.0077	0.0218	0.0001	0.0000
DxF	0.0033	0.0042	0.0008	0.0000
GxDxF	0.0088*	0.0106	0.0008	0.0000
C.V.	1.2379	4.3615	10.9823	8.8726

** altamente significativo *significativo

En el Cuadro 8 se aprecian las comparaciones de medias de longitud de grano (Lg) a los 20 días después de la floración, donde

hubo la triple interacción para genotipo x dosis x fecha, donde resultaron mejores el híbrido y el macho en la fecha dos con la dosis de 96 ppm de ácido giberélico.

Cuadro 8. Comparación de medias para la triple interacción de genotipo x dosis x fecha en la variable longitud de grano (mm) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Fecha1/4 8539A									
Gen/32ppm	Media	Gen/64 ppm	Media	Gen/96 ppm	Media	Gen/MS	Media	Gen/Testigo	Media
90/	4.9800 A	90/	4.9400 A	7AX90/	5.0333 A	90/	4.9933 A	7AX90/	4.9000 A
7AX90/	4.9333 A	7AX90/	4.8933 A	90/	4.9400 A	7AX90/	4.8000 B	90/	4.8200 A
7A/	4.8267 B	7A/	4.8600 A	7A/	4.7867 B	7A/	4.6067 C	7A/	4.5000 B
Fecha2/4.8659A									
7AX90/	4.9267 A	90/	4.9533 A	90/	5.0067 A	90/	4.9533 A	7AX90/	4.8433 A
90/	4.9267 A	7Ax90/	4.8200 B	7AX90/	5.0067 A	7AX90/	4.8600 B	90/	4.8300 A
7A/	4.8400 B	7A/	4.8067 B	7A/	4.8267 B	7A/	4.6400 C	7A/	4.7067 B
D1=4.9055 AB		D2 =4.8789 AB		D3=4.9333 A		D4=4.8088 B		D5=4.7667 C	

En el muestreo tres (20 días después de la floración) se realizó la comparación de medias para fecha (parcela chica) en la variable longitud de embrión (Le) como se muestra en el Cuadro 9, encontrando que la fecha 1 fue la mejor.

Cuadro 9. Comparación de medias para fecha en la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo a los 20 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Fecha	Media	Observaciones	Duncan
1	2.5589	42	A
2	2.5044	42	B

En el Cuadro 10 se muestran los valores altamente significativos para la variable longitud de grano (Lg) entre genotipos, para la variable longitud de embrión (Le) hubo diferencia altamente significativa entre genotipos y para dosis; para la variable peso fresco (Pf) solo entre genotipos hubo diferencia altamente significativa y para la variable peso seco resulto diferencia altamente significativa entre genotipos, significativa para fechas y altamente significativa para la interacción dosis x fecha.

Cuadro 10. Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de carióspsides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

F. V.	Lg	Le	Pf	Ps
Gen	0.5736**	1.8697**	0.4853**	0.1706**
Dosis	0.0244	0.1141**	0.0010	0.0003
GxD	0.0109	0.0120	0.0005	0.0002
Fechas	0.0010	0.0007	0.0002	0.0002*
GxF	0.0017	0.0009	0.0000	0.0000
DxF	0.0018	0.0104	0.0008	0.0002**
GxDxF	0.0032	0.0084	0.0003	0.0000
C.V.	1.0886	3.8525	7.3749	5.2973

** altamente significativo

*significativo

En el cuadro 11 se presentan las comparaciones de media para dosis (parcela mediana) donde se puede apreciar que la dosis de 96 ppm de ácido giberélico mantiene una tendencia a ser la mejor.

Cuadro 11. Comparación de medias para dosis en la variable longitud de embrión (mm) de carióspsides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Dosis (ppm)	Media	Observaciones	Duncan
96	2.6622	23	A
32	2.6365	27	A
MS	2.6350	23	A
64	2.6023	24	A
Testigo	2.4633	23	B

En los cuadros 12 y 13 se presentan las comparaciones de media para fecha (parcela chica) y para la interacción dosis x fecha respectivamente, donde podemos observar que la fecha 2 fue la mejor y la dosis de 96 ppm de ácido giberélico tiene una tendencia a ser la mejor en las cualquier fecha.

Cuadro 12. Comparación de medias para fecha en la variable peso seco (g) de carióspsides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Fecha	Media	Observaciones	DUNCAN
2	0.1548	39	A
3	0.1503	43	B
1	0.1437	38	C

Cuadro 13. Comparación de medias para la interacción dosis x fecha en la variable peso seco (g) de carióspsides de sorgo a los 25 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Dosis/ F1	Media	Duncan	Dosis/ F2	Media	Duncan	Dosis/ F3	Media	Duncan
96 ppm	0.1592	AA	96 ppm	0.1711	AA	MS	0.1588	AA
MS	0.1519	AB	64 ppm	0.1559	AB	32 ppm	0.1552	AB
32 ppm	0.1444	AB	MS	0.1538	AB	96 ppm	0.1492	AB
64 ppm	0.1360	BC	32 ppm	0.1500	BB	64 ppm	0.1473	AB
Testigo	0.1224	CC	Testigo	0.1476	BB	Testigo	0.1413	BB

Para el quinto muestreo (30 días después de la floración) se presenta el Cuadro 14 donde se observa que para las variables de longitud de grano (Lg), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps) solo hubo diferencia altamente significativa para genotipos, en cambio para la variable longitud de embrión se encontró diferencia altamente significativa para genotipos y para dosis.

Cuadro 14. Cuadrados medios para las variables longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Le), peso fresco (Pf) y Peso seco (Ps) de cariósides de sorgo a los 30 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

F. V.	Lg	Le	Pf	Ps
Gen	0.7976**	3.5024**	0.2915**	0.1950**
Dosis	0.0352	0.1125**	0.0018	0.0004
GxD	0.0076	0.0274	0.0006	0.0000
Fechas	0.0061	0.0118	0.0006	0.0000
GxF	0.0076	0.0203	0.0000	0.0000
DxF	0.0130	0.0081	0.0006	0.0001
GxDxF	0.0077	0.0131	0.0003	0.0000
C.V.	2.2074	3.9046	10.6477	6.4598

** altamente significativo

*significativo

Al realizar la comparación de medias para dosis (parcela mediana) de la variable longitud de embrión, se mantuvo la tendencia de la dosis de 96 ppm de ácido giberélico de ser la mejor, como lo muestra el Cuadro 15.

Cuadro 15. Comparación de medias para dosis en la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo a los 30 días después de la floración, Marín N. L. 2002.

Dosis	Media	Observaciones	Duncan
96ppm	2.7481	27	A
32ppm	2.7463	27	A
MS	2.7080	20	A
64ppm	2.7057	27	A
Testigo	2.5660	25	B

En el Cuadro 16 se aprecia que la variable peso de 100 semillas tuvo diferencia altamente significativa entre genotipos y para dosis y significativa para la interacción genotipo x dosis y también para fechas. La variable floración no presentó diferencias y se encontró para la variable madurez fisiológica diferencias altamente significativas para genotipo.

Cuadro 16. Cuadrados medios para las variables peso de 100 semillas (P 100), floración (Flor) y madurez fisiológica (Mf) de cariósides de sorgo, Marín N. L. 2002.

F. V.	P100	Flor	Mf
Gen	63.9762**	76.9018	1112.1790**
Dosis	0.2102**	88.4416	
GxD	0.0788*	27.1609	
Fechas	0.1394*	8.1672	
GxF	0.0318	8.5339	
DxF	0.0202	12.791	
GxDxF	0.0170	4.3511	
C.V.	5.7676	3.5062	

** altamente significativo *significativo

En los Cuadros 17 y 18 se presentan las comparaciones de medias para la interacción genotipo x dosis de la variable peso de 100 semillas donde se vuelve a presentar la tendencia de la dosis de 96 ppm de ácido giberélico a ser la mejor junto con el genotipo macho y en lo que respecta a fecha (parcela chica) la fecha 2 y 3 fueron las mejores.

Cuadro17. Comparación de medias para la interacción genotipo x dosis en la variable peso de 100 semillas (g) de sorgo, Marín N. L. 2002.

Gen/32ppm	Media	Gen/64ppm	Media	Gen/96ppm	Media	Gen/MS ...	Media	Gen/Test.	Media
90/	4.4422 A	90/	4.5555 A	90/	4.7187 A	90/	4.4978 A	90/	4 1837 A
7AX90/	3.1800 B	7AX90/	3.0100 B	7AX90/	3.1625 B	7AX90/	3.0780 B	7AX90/	3 0237 B
7A/	2.0900 C	7A/	2.0933 C	7A/	2 1555 C	7A/	2 1033 C	7A/ ..	. 2 0430 C

Cuadro 18. Comparación de medias para fecha en la variable peso de 100 semillas (g) de sorgo, Marín N. L. 2002.

Fecha	Media	Observaciones	Duncan
3	3.2920	43	A
2	3.2221	42	AB
1	3.1538	42	BB

Al realizar las comparaciones de medias entre genotipos de la variable madurez fisiológica en el Cuadro 19 resultó que el genotipo hembra fue el más precoz, seguida del híbrido, siendo el más tardío el progenitor masculino.

Cuadro 19. Comparación de medias entre genotipos para la variable madurez fisiológica (días) de cariósides de sorgo, Marín N. L. 2002.

Genotipo	Media	Observaciones	Duncan
90	30.00	44	A
7AX90	25.00	38	B
7A	20.00	45	C

En las siguientes figuras se aprecian las comparaciones de medias entre genotipos para las variables de longitud de grano (Lg), longitud de embrión (Lg), peso fresco (Pf) y peso seco (Ps), en cada uno de los muestreos.

Comparación de medias para genotipo de la variable longitud de grano

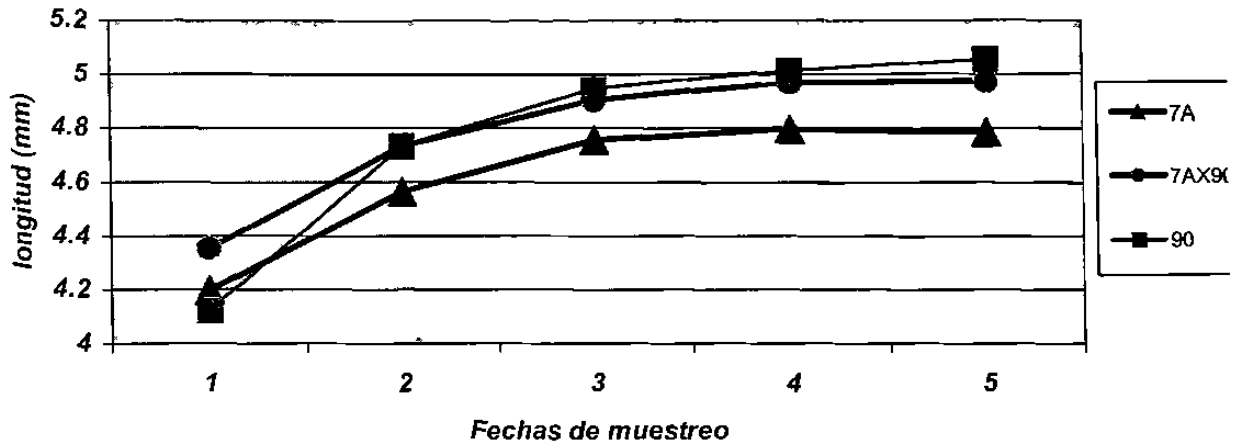


Figura 1. Comparación de medias entre genotipos para la variable longitud de grano (mm) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.

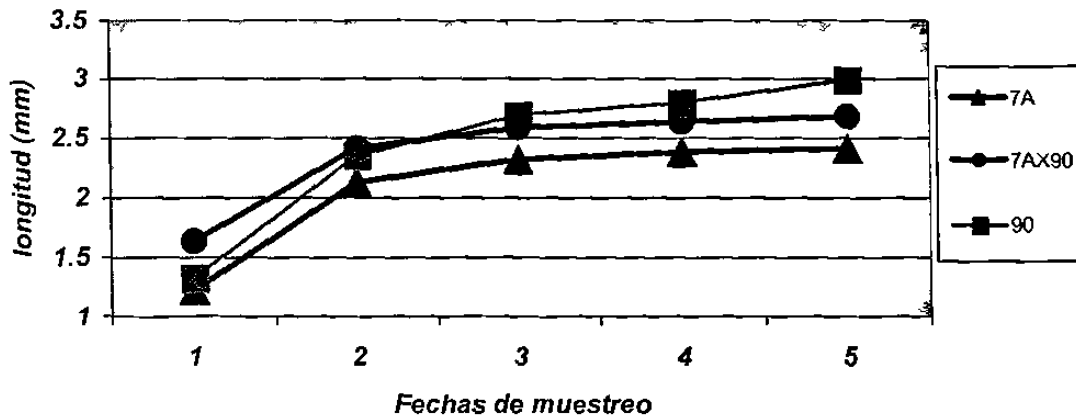


Figura 2. Comparación de medias entre genotipos para la variable longitud de embrión (mm) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo

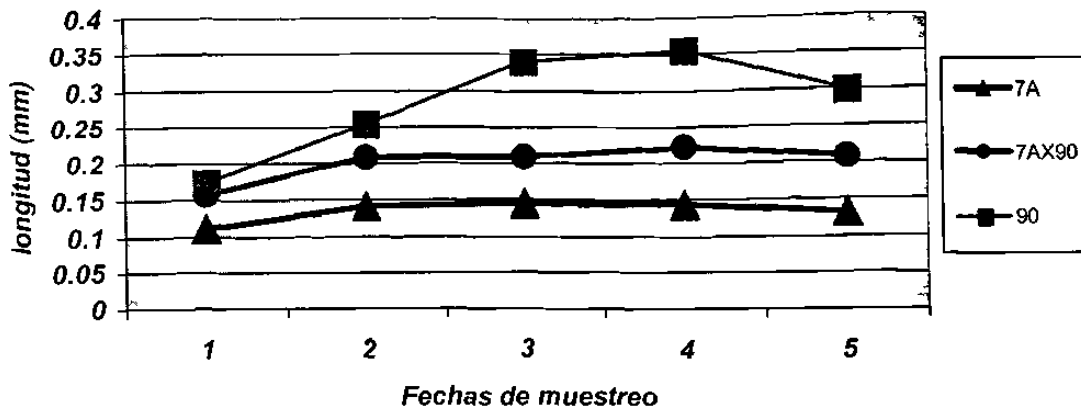


Figura 3. Comparación de medias entre genotipos para la variable de peso fresco (g) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.

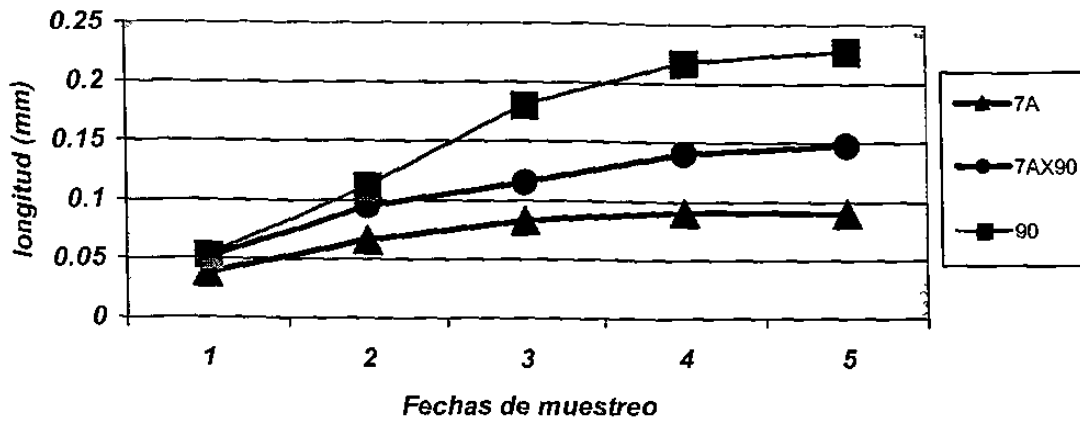


Figura 4. Comparación de medias entre genotipos para la variable de peso seco (g) de cariósides de sorgo del híbrido 7AX90 y sus progenitores 7A y 90 en las cinco fechas de muestreo.

En la siguiente fotografía se pueden apreciar embriones en diferentes etapas del desarrollo, que fueron disectados de cariósides de sorgo tratados con ácido giberélico.

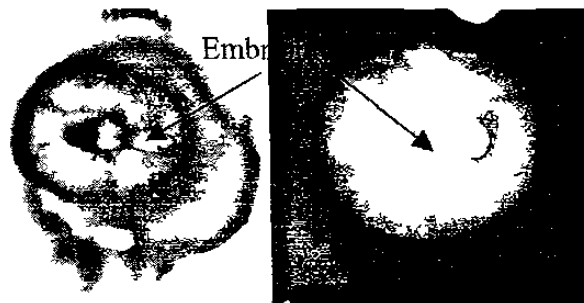


Figura 5. Embriones de sorgo tratados con ácido giberélico.

Experimento 2.

En el Cuadro 20 se muestran los resultados altamente significativos para la variable altura en cada uno de los muestreos realizados y solo significativos para la variable peso fresco, ambas variables solo para genotipos (parcela grande).

Cuadro 20. Cuadrados medios para la variable altura (A) a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso fresco (Pf) de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marin N. L. 2002.

F. V.	A (7 días)	A (14 días)	A (21 días)	(Pf)
Gen	274.9857**	1419.9567**	1747.0864**	30.15*
Dosis	11.6555	24.3139	19.0348	84.3911
GxD	6.3793	36.0413	37.2910	435.6719
Fechas	2.5943	2.5013	1.3297	131.3423
GxF	5.9501	14.2128	18.6484	289.3830
DxF	2.1177	6.8741	8.3556	150.3197
GxDxF	3.6562	8.9275	13.3411	383.3197
C.V.	15.5802	18.0244	13.0705	37.0802

** altamente significativo *significativo

En el Cuadro 21 observamos las comparaciones de medias entre genotipos para las variables altura de planta y peso fresco, donde se aprecia que a los 7 días después de la germinación, los tres genotipos eran estadísticamente iguales. En el segundo muestreo el genotipo macho y el híbrido presentaba los valores mas altos y en el tercer muestreo el genotipo macho resultó con la mayor altura. En lo que respecta a la variable peso fresco, el genotipo macho y el híbrido fueron superiores.

Cuadro 21. Comparación de medias entre genotipo para la variable altura (cm) a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso fresco (g) a los 21 días de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marin N. L. 2002.

Altura (cm)		Altura (cm)		Altura (cm)		(Pf) (g)	
<u>Gen</u>	<u>Media</u>	<u>Gen</u>	<u>Media</u>	<u>Gen</u>	<u>Media</u>	<u>Gen</u>	<u>Media</u>
7AX90	15.8929 A	90	24.1974 A	90	30.7825 A	90	58.9180 A
90	15.5921 A	7AX90	23.6405 A	7AX90	28.9881 B	7AX90	56.8570 A
7A	11.3523 A	7A	13.8977 B	7A	18.8182 C	7A	31.5990 B

En el Cuadro 22 se observó alta significancia para la variable número de hojas (# de hojas) en la primera y segunda fecha de muestreo. Así mismo, en el primer muestreo la interacción GXDXF fue significativa. Mientras que en el tercer muestreo no hubo significancia, tampoco hubo significancia para ningún factor o interacción en el caso de la variable peso seco.

Cuadro 22. Cuadrados medios para la variable número de hojas a los 7, 14 y 21 días y para la variable peso seco (Ps) a los 21 días de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L., 2002.

F. V.	# hojas	# hojas	# hojas	(Ps)
	7 días	14 días	21 días	21 días
Gen	1.8037*	2.2124**	0.9923	0.1148
Dosis	0.2350	0.0935	0.2589	0.0013
GxD	0.4184	0.4903	0.8220	0.0132
Fechas	0.0252	0.2290	0.1752	0.0033
GxF	0.2682	0.3212	0.4100	0.0074
DxF	0.0970	0.0640	0.1685	0.0065
GxDxF	0.3049**	0.02097	0.3156	0.0086
C.V.	13.7440	10.8884	8.7177	39.1693

** altamente significativo

* significativo

Al realizar la comparación de medias para la variable número de hojas se observó la triple interacción genotipo x dosis x fecha en la primera fecha de muestreo (7 días) como lo muestra el Cuadro 23, donde se aprecia que la fecha 1 es la mejor con la dosis de 96 ppm de ácido giberélico y con cualquier genotipo.

Cuadro 23. Comparación de medias para la triple interacción genotipo x dosis x fecha en la variable número de hojas en el primer muestreo de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002.

Fecha 1=2.7222 A									
Gen/32ppm	Media	Gen/64ppm	Media	Gen/96ppm	Media	Gen/MS	Media	Gen/Testigo	Media
90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A	7A	3.0000 A	90	3.0000 A	90	3.0000 A
7AX90	3.0000 A	7A	2.6667 A	90	3.0000 A	7A	2.6667 A	7A	2.6667 A
7A	2.0000 B	90	2.3333 A	7AX90	2.6667 A	7AX90	2.5000 A	7AX90	2.3333 A
Fecha 2=2.6667 A									
7AX90	3.0000 A	90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A	90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A
90	3.0000 A	7A	2.6667 A	90	3.0000 A	7A	2.6667 A	90	2.5000 A
7A	2.3333 A	7AX90	2.3333 A	7A	2.0000 B	7AX90	2.5000 A	7A	2.0000 A
Fecha 3=2.6222 A									
90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A	90	3.0000 A	7AX90	3.0000 A
7AX90	2.6667 A	7A	2.6667 A	90	3.0000 A	7AX90	2.0000 B	90	2.6667 A
7A	2.3333 A	90	2.3333 A	7A	2.6667 A	7A	2.0000 B	7A	2.0000 B
D1=2.7037 A		D2=2.6667 A		D3=2.8148 A		D4=2.5926 A		D5=2.5740 A	

El la comparación de medias que se muestra en el Cuadro 24 para la variable número de hojas, en la segunda fecha de muestreo se aprecia que el híbrido es mejor que sus progenitores.

Cuadro 24. Comparación de medias entre genotipos para la variable número de hojas en el segundo muestreo de plántulas de sorgo provenientes de semillas cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002.

Genotipo	Media	Observaciones	Duncan
7ax90	4.6429	42	A
90	4.3421	38	B
7A	4.2045	44	B

Experimento 3.

En el Cuadro 25 se muestran los resultados de significancia entre genotipos (parcela grande), alta significancia para dosis (parcela mediana), alta significancia para la interacción genotipo x

dosis y también alta significancia para la interacción dosis x fechas para la variable diámetro de halo (actividad de la α amilasa)

Cuadro 25. Cuadrados medios para la variable diámetro de halo en cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002.

FV	CM diámetro halo
Gen	6.2347*
Dosis	11.4366**
GXD	1.4955**
Fechas	0.5372
GXF	0.2111
DXF	0.8179**
GXDxF	0.4606
CV	8.6034

** altamente significativo *significativo

En la comparación de medias para la variable diámetro de halo (actividad de la α amilasa), se observa una tendencia de la dosis de 96 ppm de ácido giberélico a ser superior en cada uno de los genotipos como lo demuestra el Cuadro 26.

Cuadro 26. Comparación de medias para la interacción genotipo x dosis en la variable diámetro de halo (mm) de cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marín N. L. 2002.

Dosis/7A	Media	Duncan	Dosis/7AX90	Media	Duncan	Dosis/90	Media	Duncan
96 ppm	7.6889	A	96 ppm	7.1889	A	96 ppm	7.2667	A
32 ppm	6.6667	AB	64 ppm	6.7000	AB	64 ppm	6.5222	AB
Testigo	6.4889	AB	MS	6.3111	AB	32 ppm	5.3778	BB
MS	6.3222	AB	Testigo	5.9111	BB	MS	5.2889	BB
64 ppm	6.2778	BB	32 ppm	5.4778	BB	Testigo	5.2667	BB

En la Fotografía 2 se observan los halos de actividad de la α amilasa en cariósides de sorgo cosechados de panojas tratadas con

ácido giberélico, donde se observó que la dosis de 96 ppm fue la que mostró mayor actividad.

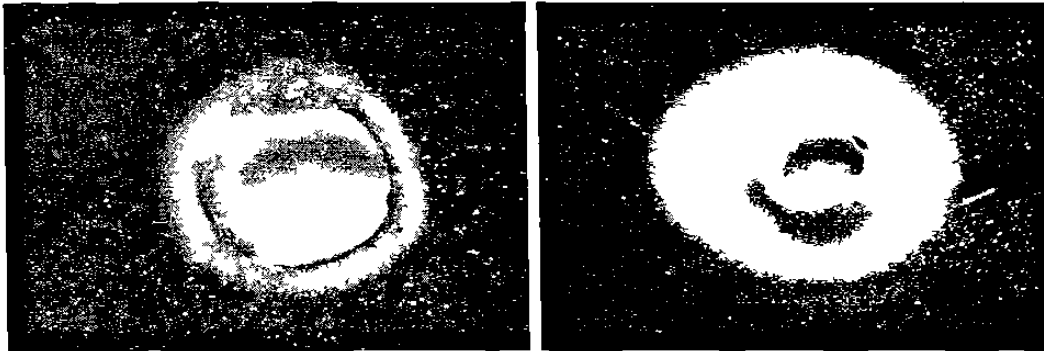


Figura 6. Halos de actividad de la α amilasa en granos de sorgo tratados con ácido giberélico

En el Cuadro 27 se observan las comparaciones de medias para la interacción de dosis x fecha de la variable diámetro de halo donde se aprecia una tendencia de la dosis de 96 ppm de ácido giberélico a ser la mejor en la fecha 2, sin embargo, en cada una de las fechas, se observa esa tendencia a ser la mejor.

Cuadro 27. Comparación de medias para la interacción dosis x fecha en la variable diámetro de halo (mm) de cariósides de sorgo cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico, Marin N. L. 2002.

Dosis/ F1	Media	Duncan	Dosis/ F2	Media	Duncan	Dosis/ F3	Media	Duncan
96 ppm	7.2222	A	96 ppm	7.5333	A	96 ppm	7.3889	A
MS	6.3778	AB	64 ppm	6.8000	A	64 ppm	6.5444	AB
64 ppm	6.1555	AB	32 ppm	6.0555	BC	Testigo	6.2667	AB
32 ppm	5.6222	BB	Testigo	5.8222	BC	32 ppm	5.8444	BB
Testigo	5.5778	BB	MS	5.2667	CC	MS	5.8222	BB

5. DISCUSIÓN

La dosis de 96 ppm de ácido giberélico mantuvo una tendencia a presentar efectos positivos en el tamaño del grano, tamaño del embrión, así como en el peso de 100 semillas a los 20, 25 y 30 días respectivamente, estos efectos fueron superiores en el progenitor masculino y en el híbrido. Así mismo, se mantuvo la tendencia de que la fecha dos fuera la mejor en cualquier genotipo y dosis.

Los resultados encontrados para el tamaño del grano concuerdan con Maiti (1986), ya que el mencionó que a los 20 a 21 días después de la floración el cariósido de sorgo alcanza su mayor crecimiento, también concuerdan con los resultados de Silva y colaboradores (2002), que encontraron que el cariósido alcanzó su máximo crecimiento a los 21 días después de la floración en la etapa masosa dura del grano.

En cuanto a los resultados encontrados para el tamaño del embrión, estos difieren con los de Paul (1990), ya que el mencionó que primero el grano alcanza su mayor tamaño y luego viene un crecimiento en el embrión, mientras que nosotros observamos un crecimiento sostenido del embrión desde los 10 días después de la floración (segundo muestreo) hasta la madurez fisiológica.

Ahora en cuanto al efecto del ácido giberélico podemos mencionar que como el embrión es el que lo sintetiza como lo citan Grange (1990) y Salisbury (1994), y que con la aplicación exógena que recibió el grano, este haya llegado hasta el embrión y propiciara un mayor crecimiento del mismo. Esto también concuerda con Rodríguez y colaboradores (2002) que encontraron que con la aplicación de ácido giberélico a 32 ppm a la panoja, había un incremento en el crecimiento del embrión de sorgo en comparación con el testigo.

En la variable de peso de 100 semillas se observó también un efecto del ácido giberélico, pudiendo deberse esto al mayor tamaño del embrión que presentaban los cariósides tratados y esto a su vez repercutió en el incremento en el peso del grano ya que el embrión representa entre un 15 y 20 % del peso seco total como lo mencionaron Silva y colaboradores (2002).

En cuanto a las fechas podemos mencionar que como se mantuvo también una tendencia a que la fecha dos presentara los mayores valores, esto se debió quizá a que las aplicaciones del ácido giberélico de la tercera fecha no lograran pasar la barrera de las capas del pericarpio que para este tiempo ya estaban impermeables a las aplicaciones de los tratamientos.

Para la variable altura de planta en cada uno de los muestreos y comparaciones de media se observa que el genotipo macho siempre tiene la ventaja, esto por que es el que presentaba desde el principio un mayor tamaño de embrión y de grano, además de que en el campo el macho presentaba alturas promedio de 2.20 m, el híbrido de 1.70 m y la hebra de apenas 90 cm, estos resultados son parecidos a los encontrados por Peacock y Soman citados por (Paul, 1990) donde ellos confirmaron que se puede mejorar la germinación en el campo y el subsecuente establecimiento de la plántula, sembrando semillas grandes.

En la variable de número de hojas se observó la triple interacción entre genotipos x dosis x fecha, donde resulto mejor la dosis de 96 ppm, en la fecha uno para cualquier genotipo, esto pudiera deberse a la influencia del ácido giberélico para sintetizar alfa amilasa y esta a su vez acelere el desdoblamiento de reservas en el endospermo y permita una rápida germinación y desarrollo temprano de hojas como lo mencionó Talón (1993).

Al estudiar la variable de actividad de la α amilasa nos dimos cuenta que la dosis tres seguía como la mejor en cualquier genotipo, también se comprobaba que la fecha dos era la mejor, esto corroboraba los resultados conseguidos en los experimentos uno y

dos donde se sigue una tendencia de que la aplicación de ácido giberélico a 96 ppm y en la fecha dos son las que dan mejores resultados en el crecimiento y desarrollo de la cariósida de sorgo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Hubo un efecto de las aplicaciones exógenas del ácido giberélico a la panoja del sorgo, que afectó el crecimiento del embrión y el peso del grano.
2. Las semillas sembradas que fueron cosechadas de panojas tratadas con ácido giberélico afectaron el número de hojas después de los primeros días de la germinación.
3. Se comprobó que el ácido giberélico promueve de manera intensa la actividad de la α amilasa en las semillas de sorgo.

Con base a los resultados y conclusiones obtenidos del experimento, se recomienda que se siga trabajando con dosis mas altas de ácido giberélico aplicados a la panoja del sorgo, así mismo, que solamente se comparen dos fechas de aplicación, una al momento de la floración y otra 10 días después de la floración, sabiendo de antemano que la contribución del presente trabajo fue corroborar que el ácido giberélico promueve el crecimiento del embrión.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arteca, N. R. 1996. Plant growth substances: principles and applications. Ed. Chapman-Hall. New York. pp. 47-95.
- Awan, I. and H. K. Alizai. 1989. Effect of plant growth regulators on ripening, grain development and rice quality. *IRRN*. 14: 30-31.
- Brudevold, A. B. and L. L. Southern. 1994. Low-protein, crystalline amino acid-supplement, sorghum-soybean meal diets for the 10-to-20-kilogram pig. *J. Anim. Sci.* 72:6-38.
- Cárdenas, S. J. G. 1981. Efecto de dos sustancias reguladoras del crecimiento en la producción de tomate. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Tesis de licenciatura. pp. 3-16.
- Dieter, H. 1980. Fisiología vegetal. Editorial Omega. Barcelona, España. pp.235-255.
- Dofing, S. M. and C. W. Knight. 1994. Yield component compensation in unicum barley lines. *Agronomy Journal* 86: 272-276.
- Downes, R. W. 1972. Effect of temperature on the phenology and grain yield of Sorghum bicolor. *Aust. J. Agric. Res.* 23: 585-584.
- Eastin, J. D. 1972. Photosynthesis and translocation to plant development. In: Sorghum in 70th. Ed. N. G. Rao, and L. R. House. Oxford and IBH Pub. Co., Dheli. pp. 214-246.
- Ellis, R. H., A. R. Watkinson, R. J. Summerfield and R. J. lawn. 1995. From evaluation descriptors of times to flowering to the genetic characterization of flowering responses to fotoperiod and temperature. *Plant Genetic Resources Newsletter* 103: 36-38.
- FAO. 1998. Data base (<http://apps.fao.org>).
- Jurado, E. y M. Westoby 1999. Crecimiento de plántulas en relación al tamaño de las semillas en la parte árida de Australia. Reporte Científico N° 19. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, N. L. México. 35 p.
- Gómez, M. N. 1974. El peso de la panoja seca como estimador del rendimiento de grano de sorgo en la región del Bajío. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. pp. 10-35.

- Gómez, R. I. 1992. Comportamiento de genotipos contrastantes de sorgo, bajo dos métodos de siembra y cuatro densidades de población, y viabilidad económica de la siembra al voleo. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Tesis de Maestría. pp. 5-35.
- Graebe, J. E. 1988. Gibberellin biosynthesis and control. *Plant Physiology* 38: 419-465.
- Grange, I. R. 1993. Crecimiento del fruto. In: J. Ascon-Bieto y M. Talon (eds.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Ed. Interamericana-McGraw Hill, Madrid, España. pp. 449-462.
- Gupta, U. S. 1975. Number of grains per ear y weight of the individual grain. *Physiological aspects of dryland farming*. Haryana Agricultural University Hissar, India. pp 48-57.
- Hedden, P. and W. Proebising. 1999. Genetics analysis of gibberellin biosynthesis. *Plant Physiology*. 119: 365-370.
- Hernández, G. A. 2000. Estimación de Heredabilidad para el carácter "taninos en la testa del grano de sorgo". Facultad de Agronomía de la UANL. Tesis Licenciatura. pp.3-29.
- <http://www.gro.itesm.mx/agonomia2extensivos/CsorgoIndice>, 2001.
- <http://www.sagarpa.infoaserca.gob.mx>, 2003.
- INEGI. 1996. Anuario estadístico del estado de Nuevo León. Ed. Gobierno del Estado. p.5.
- INEGI. 2001. El sector alimentario en México. p.328.
- Liang, G. H.L., C. B. Overly, and A. J. Casady. 1969. Interrelations among agronomic characters in grain sorghum. *Crop Science* 9: 299-302.
- Maiti, R. K.1986. Morfología , crecimiento y desarrollo del sorgo; Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey Nuevo León. pp.3-51.
- Murashige T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid grow and bio assaiys with tobacco tissue culture. *Physiology Plantarum* 15: 473-497.
- National Research Council. 1996. Lost crops of Africa. Volume 1: Grains National Academy Press, Washington, D. C. pp. 127-182

- Nikell, L. G. 1982. Plant growth substances. Encyclopedia of Chemical Technology. Ed. Wiley, New York. 18: 1-23
- Ortiz, P. E. 2001. Caracteres del sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench asociados a la resistencia a ergot (*Claviceps africana*). Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Tesis de Maestría. pp 22-28.
- Pagano, A. E., R. L. Benech., M. Wawrzkievicz and H. S. Steinbach 1997. Alfa amylase activity in developing sorghum caryopses from sprouting resistant and susceptible varieties. The role of ABA and Gas on its regulation. Annals of Botany 79: 13-17.
- Paul, C. L. 1990. Agronomía del sorgo. ICRISAT. Impreso en el Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), El Salvador, C. A. pp. 17-32.
- Quinby, J. R. 1963. Manifestation of hybrid vigor in sorghum. Crop Science. 3: 288-291.
- Ríos, S. R. y A. J. Rodríguez 1997. Aspersiones foliares de urea y ácido giberélico en la floración y rendimiento de frambuesa roja de otoño Antumn blissí. Agrociencia 31: 421-426.
- Rodríguez, M. J., F Zavala. G., M Silva. G., N. García. T., G. Salinas G., H. Gámez G y E. Treviño R. 2002. Efecto del ácido giberélico sobre el crecimiento del embrión en el grano del sorgo y su habilidad de germinación. Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética, 1-5 de Septiembre, Saltillo, Coahuila, México. p 305.
- Rojas, G. M. 1992. Problemas en el control del desarrollo de las plantas. Ciencia. 43:437-444.
- Rojas, G. M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. ED. Interamericana-Mc. Graw Hill. México, D. F. pp.181-229.
- Saeed, M., C.A. Francis and M.D. Clegg . 1986. Yield component analysis in grain sorghum. Crop Science. 26: 346-351.
- SAGAR 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de sorgo en México. Secretaria de Agricultura y Ganadería y Desarrollo Rural. 40 p.
- Salisbury, F B. y C. W. Rose 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberamérica. México D.F. pp.412-421.

- Silva, G. M. H. Gámez G., F. Zavala G., B. Cuevas H., y M. Rojas G. 2001 Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *Ciencia UANL*. (4) (1). pp 69 -75.
- Silva, G. M., F. Zavala G., G. Salinas G., E. Cárdenas C. H. Gámez G. y G. Eastin. 2002. Memorias del XVII ciclo de seminarios otoño 2002. FAUANL. Marín N. L. pp 73 -80.
- Skadsen, R. W. 1993. Aleurones from barley with low alfa amilaza activity become highly responsive to gibberellin when detached from the starchy endosperm. *Plant Physiology*. 102: 195-203.
- Skerman, P. J y F. Riveros. 1992. Gramíneas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Colección FAO: Producción y Protección Vegetal). Roma. pp. 707-717.
- Steinbach, H. S., L. Benech, R. and A. Sanchez R. 1997. Hormonal regulation of dormancy in developing sorghum seeds. *Plant Physiology*. 113: 149-154.
- Talón, M. 1992. Giberelinas. En: J. Ascon J.- Bieto y M. Talón (eds). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Ed. McGraw Hill Interamericana. Madrid, España. pp. 301-318.
- Talón, M. 2000. Giberelinas. In: J. Ascon J.- Bieto y M. Talón (eds). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Ed. McGraw Hill Interamericana. Madrid, España. pp.325-341.
- Torres, L. M. 1995. *Fitomejoramiento*. Editorial Trillas. México D. F. pp.13-52.
- Weaver, R. J. 1990. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. ED. Trillas. México, D. F. pp 113-141.
- Wlodkowski, M. 1990. Estimation of the GA3, GA4 and GA7 effect on yielding of three summer wheat varieties. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, Agricult.* 22: 15-20.

