

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Líneas Experimentales de Sorgo
en la Región Sureste del Estado de Coahuila

Por:

LEVI HERRERA HERRADA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Líneas Experimentales de Sorgo
en la Región Sureste del Estado de Coahuila

Por:

LEVI HERRERA HERRADA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda

Asesor Principal



M.P. Víctor Villanueva Coronado

Coasesor



M.P. Adriana Antonio Bautista

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar mi formación profesional y por darme la oportunidad de compartirlo con las personas que amo.

A MI ALMA TERRA MATER por brindarme la oportunidad de cursar cuatro años de mi vida en sus instalaciones además de conocer personas maravillosas, por hacer de mí un profesionalista con cualidades excelentes y al salir llevar como objetivo poner en alto el nombre de mi universidad.

A todas las autoridades y personal que hacen la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

A mi asesor principal Dr. Antonio Flores Nevada por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, de los conocimientos brindados de su parte, su compromiso con el trabajo y esos momentos que me sirvieron de alegría y aprendizaje.

A Unión Algodonera Moctezuma que fungió como entidad receptora de mis prácticas profesionales, donde encontré un excelente equipo de trabajo, que me permitió desarrollar mejor mis habilidades en el ámbito laboral. Gracias al Ing. Roberto MacGregor, Ing. Gilberto Quintana, Lic. Diego Torres C.P Emilio Rascón, Ing. Jesús, Ing. Alberto, C.P Mario, Lic. Iván, CP. Carlos, Ing. Alonso, Ing. Orlando por ser una familia más en UNAMSA siempre estaré agradecido.

A mis amigos Jesús Izaguirre, Merlín Trujillo, Edgar Benítez, etc. Quien fueron una familia más dentro y fuera de la universidad, les deseo lo mejor siempre y éxito en sus vidas.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al **Lic. Felicito Díaz**, que fue un colaborador durante todo este proceso, quien mostro un gran gesto de compañerismo compartiendo su conocimiento y amista

DEDICATORIA

A Dios quiero expresar la gratitud de mi corazón por haber sido mi fuerte y mi refugio en los momentos más adversos de mi vida, que me trabo de su mano para guiarme por mi transitar de día y de noche, a él remito mi agradecimiento.

A mis padres Javier Herrera Rivas y Evangelina Herrada Torres que aceptaron con dolor que partiera de mi casa mi más profundo agradecimiento y admiración, los amo. Mi meta desde que comencé mi trayecto de formación profesional fue dar mi mayor esfuerzo, que hasta este momento puedo decir que lo sigo haciendo, gracias por inspirarme a seguir mis metas y ser mejor persona cada día. Son los padres más humildes y valientes que conozco, Dios les bendiga siempre todo lo que incondicionalmente me dieron jamás se la podre pagar.

A mis hermanos Isaac, Melissa, Jocabeth gracias a cada uno de ustedes por su paciencia y apoyo incondicional para mí es un orgullo tenerlos a mi lado en cada logro, a pesar de las dificultades que se presentan logramos mantenernos unidos es de ustedes entonces también cada uno de mis logros.

A mis tíos Víctor Herrera Rivas, Luz Elva Herrada Torres agradezco siempre que se me mantuvieron dándome sus consejos y apoyo que de una u otra manera intentaron apoyarme en mi etapa profesional mil gracias.

En memoria de mi abuelo **Heraclio Herrera Esqueda** quien me inspiro y me dio un gran ejemplo de vida siendo un hombre respetable, de noble espíritu, recto, quien hasta el día de su deceso mantuvo con convicción.

En memoria de mi hermano **Javier Manases Herrera Herrada** quien siempre estuvo presente en mi corazón y mente recordando tus días con nuestra familia, te faltaron muchos días hermanito para verme realizar este logro, espero verte un día en el cielo ya todos reunidos en familia una vez más.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de cuadros	VIII
Índice de figuras	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen del cultivo de sorgo.....	3
2.2. Importancia económica del sorgo	4
2.3. Producción de sorgo a nivel mundial.....	4
2.4. Producción de sorgo en México	8
2.5. Taxonomía y morfología.....	9
2.5.1. Taxonomía	9
2.6. Morfología de la planta de sorgo	11
2.6.1. Raíz	11
2.6.2. Tallo	11
2.6.3. Hoja	12
2.6.4. Flor.....	12
2.6.5. Semilla	12
2.7. Etapas fenológicas del sorgo	12
2.8. Plagas y enfermedades.....	13

2.8.1. Principales plagas.....	14
2.8.2. Principales enfermedades.....	16
2.9. Importancia del cultivo de sorgo.....	18
2.10. Mejoramiento genético de sorgo.....	18
2.11. Diseño de nuevos genotipos de sorgo.....	20
2.12. Mantenimiento de líneas de sorgo.....	22
2.13. Normatividad en la producción de semilla de sorgo.....	22
2.13.1. Aceptación de variedades.....	23
2.13.2. Categorías y equivalencias de semillas.....	23
2.14. Regla para la calificación de semilla de sorgo.....	24
2.14.1. Aislamiento.....	24
2.14.2. Número de inspecciones.....	25
2.14.3. Tolerancias de campo.....	26
2.14.4. Criterios y especificaciones de laboratorio.....	26
2.15. Producción e incremento de semilla de sorgo.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Localización del sitio experimental.....	29
3.2. Germoplasma utilizado.....	29
3.2.1. Tratamientos.....	29
3.3. Manejo agronómico.....	30
3.3.1. Preparación del terreno.....	30
3.3.2. Siembra y densidad.....	30
3.3.3. Fertilización.....	31
3.3.4. Control de malezas.....	31
3.3.5. Control de plagas y enfermedades.....	31

3.3.6. Cosecha.....	32
3.3.7. Trillado	32
3.4. Diseño experimental.....	32
3.5. Variables evaluadas	33
3.5.1. Días a floración (DF)	33
3.5.2. Altura de planta (AP).....	33
3.5.3. Longitud de panícula (LP)	34
3.5.4. Longitud de excursión (LE)	34
3.5.5. Ancho de hoja (AH).....	34
3.5.6. Longitud de hoja (LH)	34
3.5.7. Diámetro de tallo (DT).....	34
3.5.8. Incidencia de daño por aves (IDA).....	35
3.5.9. Enfermedades foliares (EF)	35
3.5.10. Grados brix (GB)	35
3.5.11. Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP)	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Días a floración (DF)	39
4.2. Altura de planta (AP)	41
4.3. Longitud de panícula (LP)	43
4.4. Longitud de excursión (LE)	44
4.5. Ancho de hoja (AH)	45
4.6. Longitud de hoja (LH).....	47
4.6.1. Diámetro de tallo (DT).....	48
4.6.2. Incidencia de daño por aves (IDA).....	49
4.6.3. Enfermedades foliares (EF)	50

4.6.4. Grados brix (GB).....	52
4.6.5. Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP).....	53
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES	56
VII. LITERATURA CITADA	57
I. ANEXOS	65
1.1. Anexo 1. Croquis de campo del experimento.....	65
1.2. Anexo 2. Producción de sorgo grano en México, 2009- 2018.....	66
(Millones de Toneladas)	66
1.3. Anexo 3. Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el sitio experimental Bajío, UAAAN a los 30, 60 y 90 días después de la siembra. ..	67

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.	10
Cuadro 2. Equivalencias de categorías de semilla calificada, de acuerdo a los esquemas de certificación de México, OCDE y la AOSCA.	24
Cuadro 3. Distancia mínima de aislamiento del lote de producción de semilla respecto a especies en variedades para grano, forrajeras y escobera.	24
Cuadro 4. Tolerancias en las categorías de semillas.	26
Cuadro 5. Estándares para las categorías en la producción de variedades.	27
Cuadro 6. Genotipos de sorgo	30
Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2018 en el Campo Experimental Bajío UAAAN.....	37
Cuadro 8. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en campo.	38
Cuadro 9. Croquis de campo del ensayo de líneas experimentales de sorgo, ciclo primavera - verano 2018. Campo experimental bajío UAAAN. Diseño de bloques completos al azar. Fecha de siembra: 19 de mayo, 2018.	65

Índice de figuras

Figura 1. Producción mundial de sorgo, 2008/09 - 2018/19-----	5
Figura 2. Superficie cosechada mundial de sorgo (Millones de hectáreas)-----	6
Figura 3. Rendimiento promedio mundial de sorgo. (Toneladas por hectárea) -----	7
Figura 4. Principales países productores de sorgo 2016/2017-2018/2019 (Millones de toneladas). Fuente: USDA, 2019. -----	8
Figura 5. Producción de sorgo grano en México, 2009 – 2018. -----	9
Figura 6. Comparación de medias, para la variable de días a floración en (días) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	40
Figura 7. Comparación de medias, para la variable altura de planta (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	42
Figura 8. Comparación de medias, para la variable Longitud de Panícula (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	43
Figura 9. Comparación de medias, para la variable Longitud de excersión (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	45
Figura 10. Comparación de medias, para la variable Ancho de hoja (AH) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	46
Figura 11. Comparación de medias, para la variable Longitud de hoja (LH) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	47

Figura 12. Comparación de medias, para la variable Diámetro de tallo (DT) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	48
Figura 13. Comparación de medias, para la variable Incidencia de daño por aves (IDA) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	50
Figura 14. Comparación de medias, para la variable Enfermedades foliares (EF) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	51
Figura 15. Comparación de medias, para la variable Grados Brix (GB) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	53
Figura 16. Comparación de medias, para la variable Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2019 en el bajío, UAAAN. -----	54
Figura 17 . Producción de sorgo grano en México, 2009- 2018 (Millones de Toneladas) -----	66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se estableció en el Campo Experimental Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizado en Saltillo, Coahuila, México, ubicado a 25°21'5" latitud N y 101°1'47" longitud O, con el objetivo de evaluar variables agronómicas para la selección de líneas experimentales de sorgo y un híbrido comercial como testigo con alto potencial de rendimiento. La siembra experimental se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano, 2018.

La semilla de las líneas de sorgo fue proporcionada por el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A nivel de campo se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un total de 30 unidades experimentales. Durante las diversas etapas fenológicas del cultivo, se realizó un manejo agronómico, mediante aplicaciones de macronutrientes y micronutrientes vía foliar y radicular, escardas, control de malezas, control de plagas y enfermedades, liberación de insectos benéficos para control de pulgón amarillo del sorgo y suministro de riegos para un desarrollo adecuado del cultivo. El registro de los datos de campo se realizó en la etapa de madurez fisiológica final y en etapa de postcosecha a nivel de laboratorio.

Se evaluaron las siguientes variables: Días a Floración (DF), Altura de la planta (AP), Longitud de panícula (LP), Longitud de Excursión (LE), Ancho de hoja (AH), Longitud de hoja (LH), Diámetro de tallo (DT), Incidencia de daño por aves (IDA), Enfermedades foliares (EF), Grados Brix (GB), Rendimiento de grano por planta (RGP). Los datos se procesaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1 y la comparación de medias mediante una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados muestran en la comparación de medias que el testigo comercial y la línea 278, presentaron mayores días a floración (DF) con 87 y 85 días respectivamente, mientras, las líneas 283 y 223, fueron las más precoces con 69 respectivamente. Para la variable (AP), las líneas 278 con 130.33 cm, presentó mayor altura de planta que el testigo comercial el cual presentó una media de 120 cm.

Para la variable longitud de panícula, únicamente el testigo comercial fue diferente en comparación con las líneas experimentales de sorgo evaluadas, las cuales fueron estadísticamente iguales. En rendimiento de grano en gramos por planta, el testigo comercial, no mostro resultados favorables, debido a la incidencia de aves en campo que provoco una pérdida total del grano y, en consecuencia, todas las líneas experimentales mostraron mejor comportamiento que este, siendo las líneas LES 232 y LES 280 las de mayor rendimiento con 88.39 y 86.27 gramos respectivamente.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, Líneas Experimentales, Sorgo, Rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo tuvo su origen en África, aunque se ha cultivado desde tiempos milenarios en diferentes culturas antiguas como Asia, India, Asiria y China (ASERCA, 2019). Este grano es considerado como el quinto cereal que más se produce en el mundo después del trigo, arroz, maíz y cebada. Es uno de los cultivos de gran importancia, debido a su alta resistencia al calor y sequía, principalmente en regiones donde las precipitaciones pluviales son muy escasas (INATEC, 2017).

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es el quinto cereal más importante del mundo (FAO, 2017). Según el informe estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la superficie sembrada en México en el año agrícola 2019, fue de 836,688 hectáreas en la modalidad de riego más temporal el cual 815,312 hectáreas son cosechadas y el resto es siniestrada, con un total de 2, 314,037 toneladas y un rendimiento promedio de 2.8 toneladas por hectárea (SIAP, 2019).

El sorgo es una planta C4 con mayor eficiencia fotosintética y mayor tolerancia al estrés abiótico. La tolerancia a la sequía de la planta de sorgo, permite cultivarlo en regiones áridas y semiáridas del mundo, como el noreste de África (su centro de diversidad genética), India y las llanuras meridionales de los Estados Unidos de América. El sorgo es uno de los cultivos resistentes a condiciones adversas como puede ser altas temperaturas y condiciones de estrés hídrico, por lo tanto, presenta capacidad para adaptarse a condiciones de estrés abiótico.

Actualmente, existe un gran interés en la utilización del grano de sorgo como fuente de energía en la elaboración de alimentos destinados para consumo humano, sustituyendo al trigo en la panificación y al maíz amarillo en la elaboración de alimentos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar variables agronómicas para selección de líneas experimentales de sorgo con alto potencial de rendimiento.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el comportamiento agronómico de nueve líneas experimentales de sorgo y un híbrido comercial en la región sureste de Coahuila.

Caracterizar variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo para determinar su potencial productivo.

1.2. HIPÓTESIS

H1. Al menos una de las líneas experimentales de sorgo será superior o igual al híbrido testigo en potencial de rendimiento y con adecuada adaptación al ambiente de evaluación.

Ho. Ninguna de las líneas experimentales de sorgo será superior o igual al testigo en cuanto al potencial de rendimiento y con adecuada adaptación al ambiente evaluado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo de sorgo

Según Doggett (1998), los sorgos cultivados hoy en día se originaron del silvestre *Sorghum bicolor* subsp del *Sorghum arundinaceum*; y la mayor variación en el género *Sorghum* se encuentra en el noreste del África en la región de Etiopía y Sudán, donde el género ancestral tiene un número básico de cinco cromosomas, originándose probablemente hace 5,000 o 6,000 años.

Existe evidencia que el sorgo llegó de Etiopía a África Oriental en el año 200. Después de Cristo (DC), usando el grano para elaborar cerveza (Purseglove, 1972). El sorgo (tipo Guinea y Durra), pasó de África a la India en el año 1,500 Antes de Cristo (AC); y de la India el cereal llegó a China en el siglo III y dio lugar a características distintas del grupo kaoliang cultivado en china. Para el año 700 AC se trasladó de la India, hasta Italia (Compton, 1990).

La llegada del cereal a varias partes del hemisferio occidental, fue a través del comercio de esclavos; al principio los tipos guinea criolla, sensible al fotoperiodo (maicillos criollos), fueron llevados a América Central proveniente de África como alimento para los esclavos durante el siglo XVI. Los tipos guinea fueron buenos como provisión para la marina ya que los granos duros toleraban el almacenamiento (Compton, 1990).

El sorgo parece haber llegado a América como maíz de Guinea, desde África occidental alrededor del siglo XIX. Aunque este cereal llegó a América Latina a través del comercio de los esclavos y por obra de navegantes que hacían la ruta comercial Europa-África-América Latina en el siglo XVI, su cultivo no llegó a adquirir importancia hasta el presente siglo.

2.2. Importancia económica del sorgo

El sorgo tiene un hábito y una fisiología vegetal (metabolismo de las "C-4") similar al maíz; el sorgo, no solo se utiliza en la alimentación de animales sino también para fines industriales, en este aspecto tiene los mismos usos que el maíz. Se destaca en la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas; en la elaboración de cervezas, bebidas locales y materias colorantes, cosméticos, papel, productos farmacéuticos, 7 confituras, mezcla en café y cárnicos, entre otras (Saucedo, 2008). Además, las panículas se emplean para la confección de escobas o se queman para obtener cenizas ricas en potasio (Pérez *et al.*, 2010).

De los tallos de esta planta se pueden obtener otros productos como jarabes y azúcares. La producción de etanol constituye una fuente alternativa para la obtención de energía a partir de este cultivo. La harina de sorgo es libre de gluten, es más blanca y nutritiva que la del mijo (*Panicum miliaceum*), con ella se fabrican galletas que sirven de base en la alimentación humana, ya sea sola o asociada al maíz o al mijo, por ello en la India, China y algunas regiones de África, el sorgo constituye un elemento muy importante para consumo humano (CENTA, 2007).

Asimismo, en la industria de panificación la harina de sorgo está tomando auge, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la harina de trigo, en las mezclas para la elaboración de pan, sin afectar la calidad de éste (CENTA, 2007).

2.3. Producción de sorgo a nivel mundial

En años recientes, la producción de los productos agropecuarios ha crecido de manera importante, alcanzando niveles sin precedentes en la mayoría de los cereales, carnes, lácteos y pescados. En cereales, la oferta ha excedido la demanda durante varios años, lo que ha generado la acumulación de inventarios, que alcanzaron niveles máximos históricos, lo que ha mantenido los precios bajos.

Con base en información del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en el ciclo comercial 2018/2019 la producción mundial de sorgo se ubicó en 57.7 y 57.1 millones de toneladas, respectivamente.

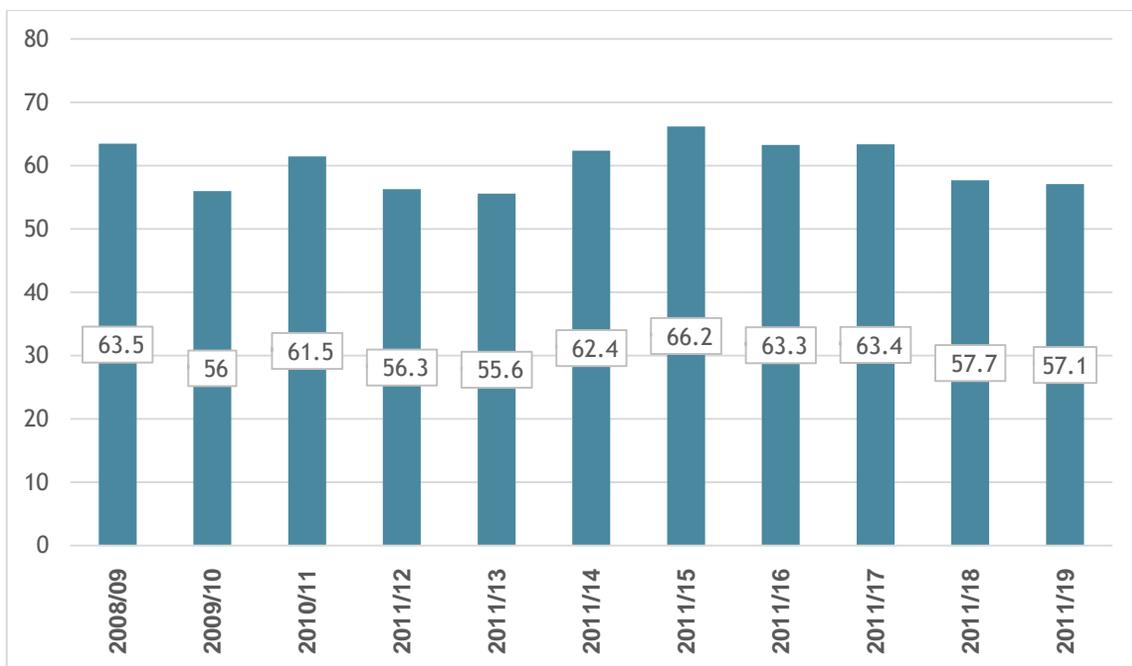


Figura 1. Producción mundial de sorgo, 2008/09 - 2018/19
(Millones de toneladas)

Fuente: USDA, 2019.

El decremento de la producción durante el ciclo comercial 2017/2018, se derivó de una disminución de 9.4 por ciento, a tasa anual, en la superficie cosechada, a pesar del incremento de 0.7 por ciento anual en los rendimientos promedio.

Se prevé que para el ciclo comercial 2018/2019, la producción mantenga su tendencia a la baja, con un decrecimiento anual de 1.0 por ciento, para ubicarse en 57.1 millones de toneladas. Lo anterior, como resultado de condiciones climáticas poco favorables en algunas de las principales regiones productoras, lo cual ocasionaría una disminución de 3.5 por ciento anual en los rendimientos, aun cuando se espera que la superficie cosechada se incremente 2.7 por ciento.

En el ciclo 2017/2018, los cinco principales países productores de sorgo, concentraron 50.3 % de la producción mundial: Estados Unidos 15.9 %, Nigeria 10.9 %, India 8.6 %, México 7.9 % y Etiopía 7.0 %.

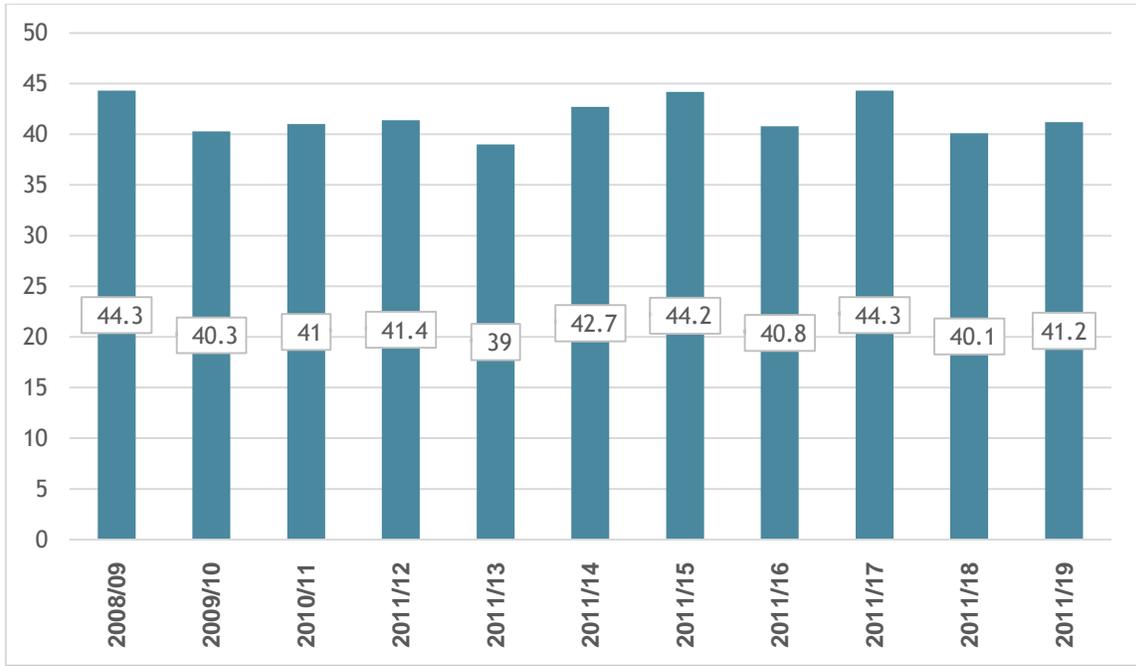


Figura 2. Superficie cosechada mundial de sorgo (Millones de hectáreas)

Fuente: USDA, 2019.

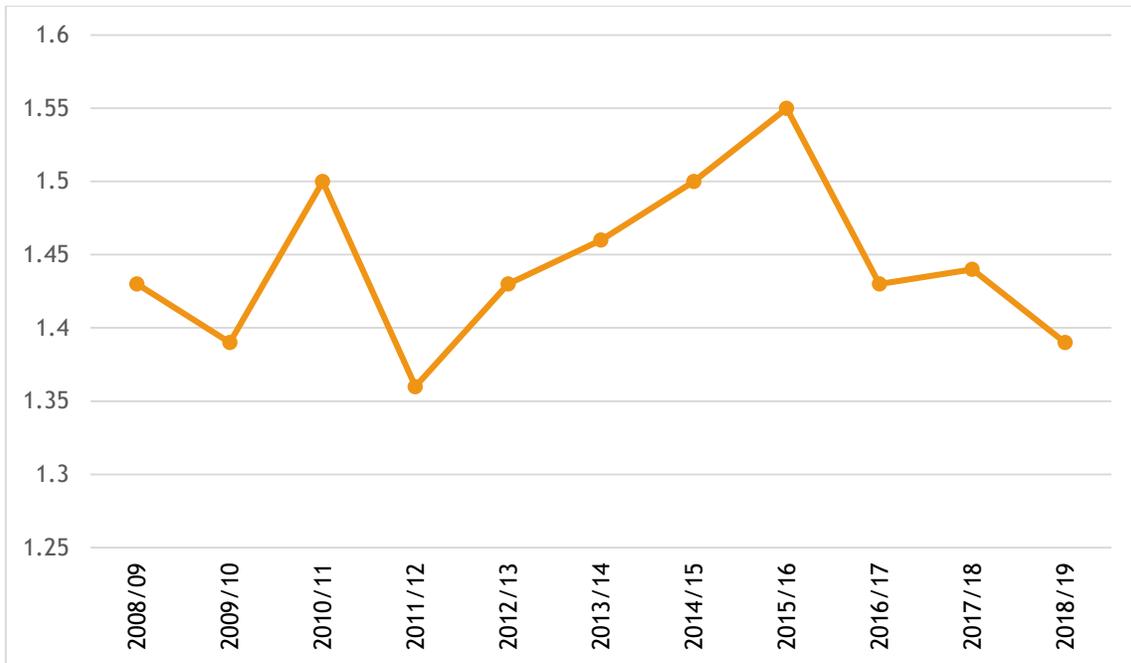


Figura 3. Rendimiento promedio mundial de sorgo.
(Toneladas por hectárea)

Fuente: USDA, 2019.

Durante los años 2017 y 2018, los países productores de sorgo con los mayores rendimientos fueron: Unión Europea (5.4 t/ha), Egipto (5.4 t/ha), China (4.7 t/ha), Estados Unidos (4.5 t/ha) y Argentina (4.3 t/ha). México registró un promedio de 3.4 toneladas en promedio por hectárea.

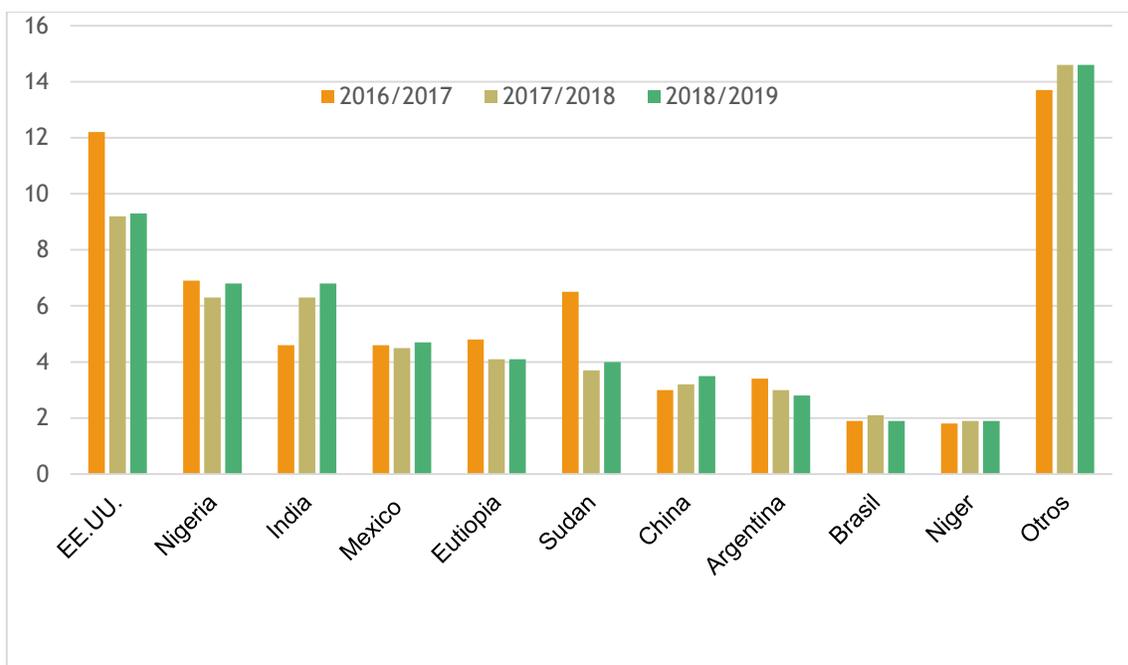


Figura 4. Principales países productores de sorgo 2016/2017-2018/2019 (Millones de toneladas). Fuente: USDA, 2019.

2.4. Producción de sorgo en México

Según el informe estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la superficie sembrada en México en el año agrícola 2019, fue de 836,688 hectáreas en la modalidad de riego más temporal el cual 815,312 hectáreas son cosechadas y el resto es siniestrada, con un total de 2,314,037 toneladas y un rendimiento promedio de 2.8 toneladas por hectárea (SIAP, 2019).

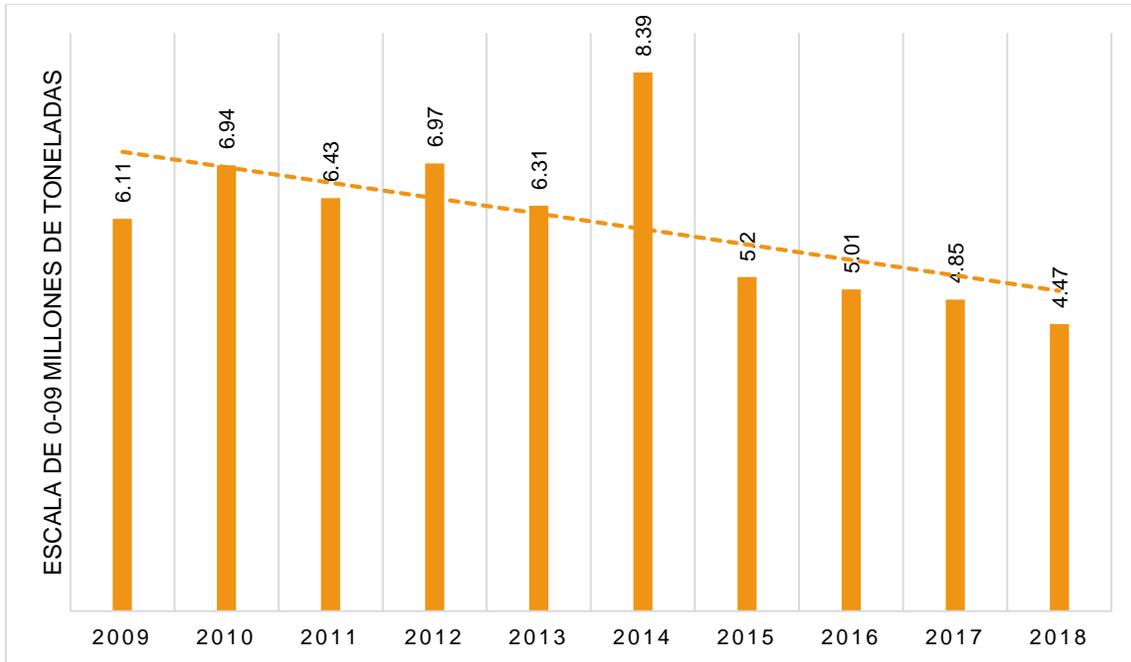


Figura 5. Producción de sorgo grano en México, 2009-2018 Fuente: USDA, 2019.
(Millones de toneladas)

2.5. Taxonomía y morfología

2.5.1. Taxonomía

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. Las especies son *Sorghum vulgare* y el andropogum, *Sorghum sudanense*. Según Kimber, (2000), la clasificación taxonómica es la siguiente:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.

Familia	Poaceae
Tribu	<i>Andropogoneae</i>
Subtribu	<i>Sorghinae</i>
Género	<i>Sorghum Moench</i>
Subgénero	<i>Sorghum</i>
	<i>Chaetosorghum</i>
	<i>Heterosorghum</i>
	<i>Parasorghum</i>
	<i>Stiposorghum</i>
Especie del subgénero	<i>sorghum Sorghumpropinquim</i>
	<i>Sorghum halepense</i>
	<i>Sorghum bicolor</i>
Subespecies de sp. s. bicolor	<i>Sorghum bicolor</i>
	<i>Sorghum bicolor drummondii</i>
	<i>Sorghum bicolor verticilliflorum</i>
Razas de subsp. s. bicolor	<i>Bicolor</i>
	<i>Guinea</i>
	<i>Durra</i>
	<i>Kafir</i>
	<i>Caudatum</i>

2.6. Morfología de la planta de sorgo

El sorgo es una planta hermafrodita, ya que presenta los órganos masculinos y femeninos en la misma flor y es considerada como una planta predominantemente autógena. Las florecillas se encuentran en racimos que a su vez constituyen ramas secundarias procedentes de un eje central o raquis, formándose así una panícula generalmente de forma piramidal. Las inflorescencias de la planta de sorgo varían de una panícula compacta a una panícula abierta (Poehlman, 2005).

2.6.1. Raíz

El sistema radical adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de enraizado es generalmente de 1 a 1.3 metros, con 80% de las raíces en los primeros 30 centímetros. El número de pelos absorbentes puede ser el doble que la planta de maíz, las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (CENTA, 2007).

2.6.2. Tallo

El sorgo es una planta de un solo tallo, pero puede desarrollar otros dependiendo de la variedad y el ambiente; este tallo está formado de una serie de nudos y entrenudos, poseen de 7 a 24 nudos, su longitud varía de 45 cm a más de 4 metros y depende del número de nudos, siendo igual al número de hojas producidas hasta la madurez de la planta. La altura también depende de la longitud del entrenudo, el diámetro varía de 5 a 30 mm cerca de la base (CENTA, 2007).

2.6.3. Hoja

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y el período de crecimiento, son erectas hasta casi horizontales. La longitud de una hoja madura oscila entre 30 a 135 cm y su ancho entre 1.5 a 15 cm; son alternas y lanceoladas o linear-lanceoladas, con una superficie lisa y cerosa. La última hoja producida es la hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo (CENTA, 2007).

2.6.4. Flor

Según Compton (1990), menciona que la inflorescencia es una panícula de racimo o panoja con un raquis central completamente escondido por la densidad de sus ramas o totalmente expuesto, cuando está inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta (buche), después que la última hoja (bandera) se expande distendiéndola a su paso. La panícula o panoja es corta o larga, suelta y abierta, y compacta o semicompacta. Puede tener de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 8,000 granos, según el tipo de panoja (Villeda, 2014).

2.6.5. Semilla

El fruto es una cariósida de forma oval, presenta diferentes colores: negro, rojo, rojo oscuro, anaranjado, café rojizo, púrpura y blanco, blanco amarillento, presentan aproximadamente una longitud de 3 mm, la mayoría de semillas.

2.7. Etapas fenológicas del sorgo

El crecimiento del sorgo se divide en siete etapas fenológicas desde su emergencia hasta su madurez fisiológica, de las cuales las primeras cuatro abarcan el periodo de crecimiento vegetativo y a partir de la quinta etapa la planta inicia el proceso reproductivo. La emergencia (etapa 0) ocurre cuando la plántula emerge a la superficie del suelo, para que este proceso suceda es necesario que diversas condiciones

(profundidad de siembra, vigor de la semilla temperatura y humedad del suelo, entre otras) sean favorables.

Durante los próximos 10 a 20 días la planta continúa con la etapa 1: tres hojas verdaderas, donde el punto de crecimiento se encuentra debajo de la superficie del suelo.

La primera fertilización nitrogenada se da en la etapa 2: cinco hojas verdaderas, observando un crecimiento acelerado y una acumulación de nutrientes. El primer control de plagas se da en la etapa 3: diferenciación del punto de crecimiento (30 a 40 días), en esta etapa el punto de crecimiento se encuentra sobre la superficie del suelo.

El indicador a floración se observa en la etapa 4, apreciando la hoja bandera a los 40 y 60 días, aplicándose una fertilización compuesta (N, K, P), completando el crecimiento del área foliar de la planta. La fase de reproducción se da en la etapa 5 (60 a 70 días), iniciando la floración a antesis media. En la etapa 6 se logra el llenado de grano hasta el punto del grano masoso-lechoso (70 a 90). El secado y madurez fisiológica del grano ocurre de los 90 a 120 días (etapa 7), en esta fase el grano logra llegar al porcentaje de humedad ideal para su cosecha (INATEC, 2017).

2.8. Plagas y enfermedades

Saavedra y Gutiérrez (2008), mencionan que el sorgo es de gran importancia económica para los países de centroamericana, sin embargo, es atacado por una serie de plagas y enfermedades, siendo las causantes de daños directos y deben de manejarse oportunamente para un control efectivo.

Tradicionalmente, el manejo de plagas se ha realizado de manera convencional, utilizando productos químicos para disminuir las pérdidas ocasionadas por éstas, no tomando en cuenta que excesivas aplicaciones de productos químicos hacen que la plaga adquiera resistencia, lo que ocasiona que en el siguiente ciclo se aumente el número de aplicaciones y como consecuencias

se elevan los costos de producción, desequilibrio ecológico, contaminación ambiental y afectaciones a la salud humana al estar expuesto a productos químicos.

2.8.1. Principales plagas

El cultivo de sorgo es atacado por diversas plagas principales, dependiendo de cada ambiente en el que se cultive, estas plagas suelen ser persistentes y graves, y en base al tipo de gravedad y los daños ocasionados por dicha plaga, se determinaran las prácticas para su adecuado control. Por lo tanto, se deben de tomar las medidas pertinentes al respecto. Si, la población de las plagas excede el daño al que el cultivo puede soportar, se pueden ocasionar pérdidas económicas en su totalidad, lo que ocasionaría una nula rentabilidad. Para Saucedo, (2008) el cultivo de sorgo es atacado durante su etapa de crecimiento y desarrollo por insectos y por otras plagas secundarias y ocasionales.

Por la gravedad de los daños que causan, entre las principales plagas, se encuentran; el gusano cogollero, la mosquita de la panícula, los pulgones y el barrenador del tallo (Iannone, 2003).

1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Es una de las plagas de mayor importancia económica del cultivo de sorgo, pues ha aumentado su incidencia considerablemente en los últimos cinco años convirtiéndose en un problema para los productores tanto de riego como de temporal. Su ciclo de vida es de aproximadamente 30 días durante el verano, 60 días en primavera y otoño y de 80 a 90 días en invierno debido a las condiciones de temperatura. Así pues, su ciclo consta de cuatro estadios: huevecillo, larva, pupa y adulto, siendo la larva la que ocasiona el daño al cultivo.

2. Mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*)

Los adultos son pequeños, de color anaranjado. La larva se alimenta durante 1 a 2 semanas del grano e impide su formación, por lo que las espiguillas atacadas están vacías, lo que a veces se atribuyen erróneamente a problemas de fertilidad,

fertilización del ovario, condiciones climáticas desfavorables, o al ataque de otras plagas. El ciclo de vida de la mosquita es de aproximadamente 19 días en promedio, y cada mosquita coloca entre 50 y 100 huevos. Las primeras mosquitas surgen de larvas que se encuentran en diapausa desde hasta 3 ciclos atrás.

3. **Barrenador del tallo** (*Diatraea saccharalis*)

Las larvas perforan los tallos introduciéndose en su interior. Allí forman galerías que debilitan las plantas; éstas se quiebran en su parte superior provocando la caída de la panoja antes o durante la cosecha.

4. **Trips** (*Frankliniella spp.*)

El ciclo biológico de estos insectos presenta seis estados de desarrollo, entre los más notorios son los siguientes:

- Huevo: encastrados en las hojas.
- Larva: dos estadios larvales, se alimentan y causan daños.
- Pre-pupa y pupa: no se alimentan, transcurren en el rastrojo o en el suelo.
- Adulto: pequeños (1 mm), de colores variables, alas estrechas con flecos en los bordes.

Los Trips se alimentan a través de una mandíbula y dos maxilas que forman un estilete: con la primera efectúan un agujero en la epidermis, donde introducen las maxilas y succionan savia.

5. **Pulgón amarillo del sorgo** (*Melanaphis sacchari*)

La plaga *Melanaphis sacchari* es un áfido cosmopolita originario del continente africano que se ha convertido en una plaga invasiva, atacando al sorgo en el continente americano (Bowling, 2016). En 2013, se registraron campos de sorgo afectados severamente por este insecto en Texas y Oklahoma en los Estados Unidos, así como en algunos sitios del Norte de Tamaulipas en México (Zapata *et al.*, 2010; Maya-Hernández y Rodríguez-del Bosque, 2014; Villanueva *et al.*, 2014). Durante el año 2014, produjo pérdidas severas en el estado de Tamaulipas y en municipios de Nuevo León (SENASICA, 2014). Para el año 2015, se consignaron daños severos en

Tamaulipas, Nuevo León, Durango, Coahuila, San Luis Potosí, Sinaloa, Guanajuato, Jalisco Nayarit, y Morelos (SENASICA, 2015; SAGARPA, 2015).

Los adultos del pulgón amarillo, miden de 1.5 a 2mm de largo, son de cuerpo blando y periforme, su color puede ser de amarillo pálido a marrón. Tienen cauda de color café claro, más largo que los sifunculos y con cuatro setas a los lados. El último segmento de sus patas es de color oscuro y presenta manchas oscuras distribuidas aleatoriamente sobre el abdomen. Los adultos pueden ser ápteros o alados según el ambiente y disponibilidad de alimento. Las larvas son de color amarillo pálido a verde grisáceo.

El rango óptimo de temperatura para su desarrollo oscila entre 20-25 °C. Este insecto pasa por 4 estadios ninfales, presentando hábitos agregarios en su forma áptera. Con sequía y escasez de alimentos las hembras dan origen a generaciones aladas, que migran a zonas libres o de baja infestación. Pueden reproducirse de forma sexual en su forma alada y asexual en su forma áptera (partenogénesis).

El pulgón amarillo puede atacar al cultivo tan pronto como emerge la plántula, pero el daño económico ocurre durante la etapa reproductiva de la planta de sorgo. La dispersión de adultos alados ocasiona que las plantas de sorgo puedan ser infestadas en etapas tempranas. La invasión, inicia en el envés de hojas inferiores y puede continuar hasta colonizar plantas completas. Al llegar el invierno las formas aladas migran a residuos de cosecha y hospedantes silvestres alternos.

2.8.2. Principales enfermedades

Las enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo del sorgo son: pudrición de la semilla, tallo y plántula (*Fusarium moniliforme*), mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*), antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), tizón de la hoja (*Elminthosporium sp*), pudrición del tallo (*Fusarium sp*), enfermedad de la panoja conocida como ergot (*Claviceps africana*), (Pineda, 1999).

Entre los problemas que afectan la producción de sorgo se encuentran factores además de las plagas y enfermedades que limitan dicha producción. Entre las enfermedades más comunes se encuentran las siguientes:

1. Ergot (*Claviceps africana*)

Es la principal enfermedad que ataca al cultivo de sorgo afectando a la panoja, por lo cual los tipos de sorgo perjudicados son los graníferos y doble propósito. Esta enfermedad producida por la forma asexual del hongo *Sphacelia sorghi*, hizo su aparición en forma epidémica en nuestro país entre los años 1995-1996. Su forma sexual es *Claviceps africana* (productora de esclerocios). Su sintomatología se presenta cuando las flores se abren y los estigmas se hacen receptivos, pudiendo ser polinizados y fecundados sus ovarios en pocas horas o infectados por las conidias o esporas del hongo que dura de dos a tres días para colonizar todo el ovario. El hongo, ataca solamente los ovarios de flores que no han sido polinizados y fertilizados. El primer síntoma visible, son las glumas separadas por las hifas y la exudación azucarada cargadas de conidias.

2. Estría Bacteriana (*Pseudomonas andropogonis*)

Se caracteriza por lesiones en forma lineal de color púrpura a rojo. Las lesiones iniciales son de aprox. 1cm de largo. Bajo condiciones favorables estas lesiones crecen, pudiendo superar los 20 cm y llegan a unirse. Normalmente se observan exudados sobre las porciones de hoja infectadas. Requiere temperaturas elevadas y alta humedad relativa. Se disemina por el viento y las lluvias. Para el manejo se recomienda principalmente la rotación de cultivos y sembrar materiales de mejor comportamiento.

3. Mildiu vellosa (*Perosclerospora sorghi*)

Esta enfermedad es causada por el hongo *Perosclerospora sorghi* el cual necesita para su adecuado desarrollo de alta humedad y temperaturas que oscilan entre los 11 y 32°C. Es transmisible por semillas y puede permanecer durante largos periodos de tiempo en el suelo, germinando y atacando las raíces de las plantas que

llegan a ser infectadas de manera sistémica. La característica de la enfermedad es la clorosis extensa que se alargan de manera paralela a las venas y dan un aspecto rayado de color blanco. Se considera que la enfermedad es mucho peor cuando se transmite por medio de la semilla, ya que toda la planta muestra síntomas. En una infección grave, las anteras son estériles y cuando se llega a producir grano, este presenta malformaciones.

2.9. Importancia del cultivo de sorgo

A nivel mundial el sorgo es un cereal de grano pequeño que se utiliza para diversos fines, ya sea como alimento para consumo humano, animal, entre otros. En México, este grano es uno de los productos más utilizados para consumo animal. Además, es considerado como un buen sustituto de otros granos, como puede ser el maíz amarillo. El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. El excelente potencial que ha demostrado el sorgo en diversas regiones del país y la importancia del cultivo para el desarrollo de un sistema sustentable, ha permitido un incremento en la superficie sembrada.

2.10. Mejoramiento genético de sorgo

Debido al rápido crecimiento de la población, se desarrolló en los años 50's y 60's programas de mejoramiento genético de los cultivos que producían alimentos, entre ellos el sorgo (Smith *et al.*, 1984). A fines del siglo XIX y principios del XX se seleccionaron variedades de sorgo considerando sus características de precocidad, insensibilidad al fotoperiodo, porte bajo y resistencia a enfermedades (Hawkins, 1984). El descubrimiento de la androestérilidad genética citoplasmática en 1956 facilitó el desarrollo de los híbridos (Quinby y Schertz, 1975). El sorgo para grano incremento su producción después de la aparición de variedades mejoradas (Martin, 1975).

A fines del siglo XIX, H. Leiding, A. B. Conner, C. R. Ball y B. E. Rothgeb reunieron y seleccionaron variedades locales e introducidas y las probaron en diversas localidades; obtuvieron entre las mejores, el Milo amarillo enano, mutante del Milo amarillo común. Por su parte, Ball y Leidigh, seleccionaron los Kafires, Sunrise y Dawn, todas por resistencia a sequía y precocidad. En 1912, se realizaron las primeras cruzas, cruzaron feteríta con blackhull kafir. En 1925 los productores utilizaron las variedades Premo y Chiltex, que presentaban los mejores rendimientos. Al mismo tiempo, R. E. Dickson de la Estación Experimental de Texas, desarrollaron dos nuevas variedades: las Feteritas supry y Dwarf. Durante ese período se destacaron algunos productores que contribuyeron al mejoramiento del sorgo en los E.U.A.; H. W. Smith en Kansas, seleccionó cruzas naturales de Milo y Kafir, para obtener líneas uniformes y plantas de porte bajo que facilitaron la cosecha mecánica.

En 1952, Stephen y Holland, descubrieron la androestérilidad genética citoplasmática, que facilitó la obtención de híbridos. La Asociación agrícola Dekalb, fue la primera empresa productora de semillas, contrató a Kukendall en 1949 y a Holland en 1954 (Stephens y Holland citados por Martin, 1975).

Los híbridos desarrollados en Estados Unidos se adaptaron a diferentes sitios y fueron aceptados en áreas semiáridas y subhúmedas de México y Argentina, la mayoría del sorgo latinoamericano son híbridos que tienen parentesco con los obtenidos en Estados Unidos de América (Guiragossian, 1984).

En México, los primeros trabajos de mejoramiento genético se iniciaron por medio de la hibridación cuando se introdujeron los primeros cinco híbridos en 1951. En 1960 se obtuvieron sorgos mejorados resultado de las cruzas con sorgo de Etiopía. A su vez, con la creación del INIA en 1961 se continuó con los trabajos iniciados por la Oficina de Asuntos Especiales (De Walt y Barrkin, 1984).

De 1962 a 1969, la Universidad de Chapingo realizó investigaciones sobre materiales de África, identificando 1300 líneas prometedoras (Mendoza, 1984).

Anteriormente, en 1949 se introdujeron 15 variedades de sorgo de las cuales solo 11 formaron grano. En 1966, el CIMMYT y el ICRISAT, desarrollan las primeras líneas A, B y R, evaluando los primeros seis híbridos que fueron entregados a PRONASE, para su reproducción y utilización en la región del Bajío, entre ellos se destacan el Purépecha y Chichimeca (tardíos), los cuales se adaptaron a regiones de temporal de 750 mm anuales; Olmeca y Otomí (intermedio) y Tepehua y Nathual (precoces), se adaptaron a regiones de 600 mm anuales de precipitación. Con excepción de Purépecha, estas variedades desaparecieron por su susceptibilidad a enfermedades (Tijerina, 1984).

En la región Noreste de Tamaulipas, México en el Campo Experimental del INIFAP en Río Bravo, Tamaulipas, inició en 1973 el programa de mejoramiento del sorgo con materiales de Celaya, Guanajuato y E.U.A, obteniendo los híbridos RB-3030 y RB 3006 para condiciones de temporal y el RB-4000 para riego (Willimas *et al.*, 1989). En 1979, el mejoramiento de sorgo bajo condiciones de temporal, realizó cruza con líneas proporcionadas por las universidades de Texas A&M, Nebraska y Oklahoma de E.U.A.; de la India y del estado de Morelos, México (Montes, 1989).

En 1977 la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, inició sus actividades de mejoramiento genético de sorgo. Sin embargo, en 1993 extiende el Programa de Mejoramiento de Sorgo en coordinación con la Universidad de Nebraska, con germoplasma exótico de tipo tropical y fotosensible con alto contenido de forraje, buscando mejorar la calidad del grano, con menor contenido de taninos. Las primeras cruza de este proyecto se realizaron en coordinación con la Universidad de Nebraska en la región de Ébano, S.L.P. (1993-1994), evaluando los materiales obtenidos en las localidades de Marín, N.L.; San Fernando, Tamaulipas. México y Lincoln, Nebraska, E.U.A. (Zavala *et al.*, 2000).

2.11. Diseño de nuevos genotipos de sorgo

El diseño de una nueva variedad consiste en incorporar genes que determinan las características agronómicas deseables, las cuales permitirán tener un genotipo en donde el crecimiento y desarrollo se ajustará a la variación de las condiciones propias

de un ambiente de producción en particular, identificándose como una nueva variedad apta para la producción en la región para la cual se diseñó. Las especies vegetales mejoradas que se siembran pueden ser de cuatro tipos (Márquez, 1973; Valdés *et al.*, 1997). 1) variedades de polinización libre. 2) variedades tipo línea pura. 3) variedades híbridas y 4) variedades clónales. Estas variedades se forman a través de cuatro etapas básicas:

1. Adquisición de la variabilidad genética exigida para el diseño de la variedad. Se definen las características a conjuntar en el genotipo, deberá estar presente la variabilidad genética elegida y el tipo de herencia de los genes.

2. Elección y desarrollo del método o los métodos de mejoramiento. En esta etapa se desarrolla la planeación del programa de mejoramiento genético a corto, mediano o largo plazo considerando los recursos económicos y humanos disponibles, eligiendo el o los métodos de mejora más apropiados para conjuntar los genes de interés en la nueva variedad a generar o líneas experimentales, según sea el caso: polinización libre, líneas puras, híbridos y clones.

3. Evaluación del germoplasma experimental. Se evalúa preliminarmente el germoplasma experimental, generado bajo diseño experimental en la misma localidad de formación, así como en diversas localidades y ciclos, para de esta manera poder seleccionar los más sobresalientes, evaluando su rendimiento y calidad, para proceder a la liberación de los más sobresalientes como nuevas variedades, simultáneamente en lotes aislados, se incrementa la semilla de estos genotipos para ahorrar tiempo al llevarlos a la producción comercial.

4. Liberación de nuevas variedades. El trabajo de evaluación del germoplasma elite preseleccionado y seleccionado en diversas localidades, es la base para la liberación de nuevas variedades, así cuando se tiene un grupo de variedades experimentales que se han identificado con alto potencial de rendimiento, se procede a evaluarlas en localidades de la región potencial de cultivo, incluyendo testigos como tratamientos adicionales, utilizando diseños experimentales de bloques completos al

azar, bloques incompletos como látices, experimentos en serie, para después someter los datos a un análisis de varianza (Steel y Torrie, 1980; Ostle, 1983). Esto permitirá determinar el efecto de la interacción genotipo por ambiente y en base a un análisis específico, definir aquellos genotipos que por su aceptable comportamiento agronómico en los ensayos pueden recomendarse para liberarse como nuevas variedades.

En la etapa de liberación final de híbridos experimentales de sorgo (Valdés, 1993). Menciona seis etapas: 1) observación preliminar de los híbridos experimentales respecto a sus progenitores y testigos comerciales, para identificar aquellos visualmente superiores. 2) evaluación bajo diseño experimental y alguna prueba estadística de comparación de medias, para identificar aquellos, tanto de manera visual como estadística por su buen comportamiento agronómico. 3) evaluación experimental en localidades para conocer su consistencia en rendimiento a través de diversos ambientes durante dos o tres años de prueba. 4) validación y demostración en parcelas semi-comerciales con productores agrícolas. 5) multiplicación e incrementos de semilla y 6) venta, producción de semilla y comercialización.

2.12. Mantenimiento de líneas de sorgo

La integridad genética de una línea de sorgo se mantiene mediante la autofecundación, cuando se regeneran gran cantidad de accesiones simultáneamente y no es posible aislarlas, es necesario cubrir las panículas de sorgo con bolsas de papel, previo a la antesis para mantener la pureza de las líneas.

2.13. Normatividad en la producción de semilla de sorgo

De acuerdo a la Regla para la Calificación de Semillas de Sorgo, emitidas por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) en diciembre del 2018, se establecen los criterios y especificaciones de campo, así como de laboratorio para la producción de semilla de sorgo en cualquiera de sus categorías; original, básica, registrada, habilitada o en su caso, declarada. Dicha regla es aplicable para la calificación de semilla de sorgo tanto de variedades de polinización libre como para híbridos.

Dentro de los puntos esenciales para el cumplimiento de la regla para la calificación de semillas se mencionan los siguientes:

2.13.1. Aceptación de variedades

Las variedades vegetales de sorgo, de las que se requiera realizar la calificación de semillas, deben estar inscritas en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del SNICS.

Los responsables de la producción de semilla certificada, deben comprobar el origen de la misma, para lo cual, deben entregar ante el SNICS o el Organismo de Certificación autorizado, las etiquetas de certificación correspondiente a las categorías Básica y Registrada según corresponda, o en su caso la Carta de Identidad Varietal cuando se inicie la multiplicación a partir de semilla Original.

En el caso de semilla importada para fines de calificación, deben presentarse al SNICS o al organismo certificador autorizado las etiquetas de certificación emitidas por agencias oficiales del país de origen o Carta de Identidad Varietal, u otra evidencia que permita comprobar el origen de la semilla y garantizar su pureza genética, así como copia del certificado fitosanitario.

2.13.2. Categorías y equivalencias de semillas

Para la producción de semilla calificada, se consideran las categorías Básica, Registrada, Certificada y Habilitada. En el Cuadro 2, se establecen las categorías de acuerdo a esquemas de certificación y equivalencia internacionales.

Cuadro 2. Equivalencias de categorías de semilla calificada, de acuerdo a los esquemas de certificación de México, OCDE y la AOSCA.

México	OCDE	AOSCA
Básica	Pre-basic seed	Foundation
Registrada	Basic seed	Registered
Certificada	Certified seed	Certified

2.14. Regla para la calificación de semilla de sorgo

Criterios y especificaciones de campo

El sorgo no deberá sembrarse en terrenos donde, el año anterior, hayan sido sembrados con una variedad o categoría diferente, o con zacate Sudán (*Sorghum x drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase) o con otra clase de sorgo. En etapas críticas del cultivo, no deberá haber presencia de zacate Jhonson (*Sorghum halapense*).

2.14.1. Aislamiento

El sorgo presenta autopolinización y aunque en promedio, el sorgo para grano puede presentar un 6 % de cruzamiento natural; en sorgo forrajero, como el Sudán, el cruzamiento natural puede, en algunos casos, superar el 75 %. Los lotes para producción de semilla calificada, deben estar aislados de cualquier otro terreno cultivado con sorgo o con zacates de acuerdo a los siguientes lineamientos:

Cuadro 3. Distancia mínima de aislamiento del lote de producción de semilla respecto a especies en variedades para grano, forrajeras y escobera.

Propósito	Cultivo	Distancia mínima en metros por categoría de semilla			
		Básica	Registrada	Certificada	Habilitada
Grano	S. grano	500	500	300	300
	S. forrajero	500	500	300	300

	S. escobero	5000	5000	5000	5000
	Z. Johnson	600	600	500	500
	Z. Sudán	1000	1000	1000	
Forrajero	S. grano	500	500	300	300
	S. forrajero	500	500	300	300
	S. escobero	5000	5000	5000	5000
	Z. Johnson	600	600	500	500
	Z. Sudán	1000	1000	1000	1000
Escobero	S. grano	400	400	300	300
	S. forrajero	500	500	300	300
	S. escobero	5000	5000	5000	5000
	Z. Johnson	400	400	300	300
	Z. Sudán	600	600	400	400

2.14.2. Número de inspecciones

Los lotes destinados a la producción de semilla calificada de cualquier categoría deben de inspeccionarse principalmente en las siguientes etapas de cultivo:

- a) Floración, preferentemente en el inicio para comprobar el aislamiento. Se deben eliminar previo a la floración todas las plantas fuera de tipo que puedan dar origen a una contaminación.
- b) Antes de la cosecha, pero después de que la semilla empiece a adquirir el color característico de la madurez, es necesario, determinar la incidencia de las enfermedades de la semilla y verificar las características varietales.

2.14.3. Tolerancias de campo

Cuadro 4. Tolerancias en las categorías de semillas.

Factor	Categoría de semillas			
	Básica	Registrada	Certificada	Habilitada
Plantas de tipo dudoso (máximo)	0	1 en 10,000	1 en 1,000	2 en 1,000
Plantas fuera de tipo (máximo)	0	1 en 35,000	1 en 20,000	1 en 20,000
Plantas de otros cultivos	0	0	0	0
Plantas de maleza	0	0	0	0
Panojas completas afectadas con tizón (fusarium moniliforme)	0	0	1 en 10,000	1 en 10,000
Panojas con algunos granos con tizón (fusarium moniliforme)	0	2 panojas por ha	4 panojas por ha	6 panojas por ha

2.14.4. Criterios y especificaciones de laboratorio

Los estándares a verificar en el análisis de laboratorio para otorgar el certificado de semilla calificada, varían de acuerdo a las categorías de semillas. En el Cuadro 6, se establecen los porcentajes mínimos que se deben cumplir en cuanto al porcentaje de semilla pura y semillas no pertenecientes a la variedad, así como los que corresponden a germinación y humedad.

Cuadro 5. Estándares para las categorías en la producción de variedades.

Factor	Categoría de semillas			
	Básica	Registrada	Certificada	Habilitada
Semilla pura, mínimo (%)	99	98	97	95
Materia inerte, máxima (%)	1	2	3	5
Semillas de otros cultivos (máximo)	1 en 10,000	3 en 10,000	7 en 10,000	10 en 10,000
Semillas de otras variedades (máximo)	1 en 20,000	1 en 10,000	1 en 2,000	5 en 2,000
Semillas de maleza	0	0	0	0
Germinación, mínimo (%)	85	85	85	80
Humedad, máximo (%)	13	13	13	13

En el caso de la categoría de semilla Declarada, es obligatorio anexar a la etiqueta el contenido de semillas del envase y deberá indicar la fecha del último análisis de germinación. Los estándares de calidad correspondientes a esta categoría, deben ser equivalentes a los establecidos en cuanto a la categoría certificada. Asimismo, se debe de considerar que no es posible comprobar la calidad genética con ningún tipo de certificado.

En el caso de la semilla calificada, la fecha del último análisis de germinación equivale a la fecha de certificación.

2.15. Producción e incremento de semilla de sorgo

Después del desarrollo de una nueva variedad y antes de que el agricultor pueda utilizarla como semilla para siembra, se debe de incrementar la semilla original, para lo cual se deben de considerar los siguientes aspectos: disponer de un terreno agrícola aislado de otros sembrados con sorgo, con buena fertilidad, sin deficiencias

de fierro y/o magnesio, nivelado para una buena distribución del riego, sin problemas de salinidad, libre de malezas principalmente de zacate Johnson (*Sorghum halepense*) y correhuela (*Convolvulus arvensis*).

Un campo destinado a la producción de semilla de sorgo, no deberá haber sido sembrado con sorgo el ciclo anterior. Sin embargo, si fue cultivado con sorgo, debe regarse por lo menos tres semanas antes de ararlo y rastrearlo para destruir las plántulas que germinaron. Los terrenos de riego son ideales para la producción de semilla, debido a que un buen suministro de humedad en el suelo, asegura un rendimiento máximo y una mínima producción de polen en el progenitor con esterilidad masculina, además los lotes de producción de semilla pueden madurar más uniformemente. El terreno debe localizarse en un lugar de fácil acceso durante toda época del año, a fin de facilitar las visitas de inspección, desmezcle de plantas fuera de tipo y para realizar una adecuada cosecha.

Cualquiera que sea la proporción utilizada, se debe de considerar una distancia que no exceda los 12 metros entre polinizadores. Se sugiere una densidad de población de 250, 000 plantas por hectárea. Es importante tener especial cuidado al momento de la siembra, en limpiar perfectamente los botes de la sembradora para evitar mezclas de las líneas progenitoras.

La fecha de siembra de las líneas progenitoras debe realizarse de tal manera que coincidan en floración. Los híbridos que requieren diferentes fechas de siembra para sus progenitores necesitan un mayor aislamiento y una cuidadosa atención a la fecha de siembra.

El técnico de semillas debe tener un conocimiento preciso del comportamiento de los progenitores a través de los años en distintas fechas de siembra y tomar en cuenta los factores climáticos, época de siembra y estabilidad del patrón de floración de los progenitores, para definir cuándo se deben de sembrar, tanto el progenitor hembra (línea A) como el macho (línea R).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola primavera-verano 2018, bajo condiciones de campo abierto en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el Campo Experimental en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'33" N, longitud de 101°02'20" O y a una altitud de 1, 731 msnm (Google Earth, 2019). Este ambiente presenta una temperatura media anual de 19.8 °C con un clima Muy seco, BW hw (x") (e); semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación anual media es de 350-400 mm; la temporada lluviosa es de junio a octubre.

3.2. Germoplasma utilizado

Se utilizó semilla híbrida comercial y líneas experimentales de sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.2.1. Tratamientos

Los genotipos evaluados en esta investigación durante el ciclo primavera-verano 2018 se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 6. Genotipos de sorgo.

Genotipo
LES 278
LES 280
LES 83
LES 223
LES 7
LES 185
LES 188
LES 232
LES 274
P82G63

3.3. Manejo agronómico

3.3.1. Preparación del terreno

Se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el campo experimental Buenavista Saltillo, la preparación del terreno fue mecanizada, con dos pasos de rastra y surcado.

3.3.2. Siembra y densidad

Cuando se realizó la siembra el suelo se encontraba con la suficiente humedad o en tierra venida esto por un previo riego de asiento, para que se realizara el proceso de germinación de la semilla, realizándose en forma manual y a línea continua, dejando 16 plantas por metro lineal y a 0.75 m entre surcos. Para ello se utilizaron 10 g de semilla por cada parcela experimental. La emergencia ocurrió entre el sexto y séptimo día después de la siembra; 24 días después se realizó el raleo de forma manual, con el fin de eliminar plántulas, para una densidad ideal, dejando 60 plantas por surco.

3.3.3. Fertilización

Para la fertilización del cultivo de sorgo se realizó fertilización mineral de 18-46-00 + Urea para complementar la fórmula 16-20-00, además se realizaron aplicaciones de fitoreguladores de crecimiento y aplicación foliar de triple 20, para complementar con micronutrientes a la planta esto a razón de 1g por litro. También se realizaron aplicaciones de un mejorador de suelos orgánico (ácidos fúlvicos y húmicos), cuando la planta estaba en etapa vegetativa semanalmente durante un mes para facilitar la asimilación de nutrientes.

3.3.4. Control de malezas

Se realizó una aplicación de herbicida pre-emergente a base del ingrediente activo atrazina, posteriormente se realizó control manual a los 25 y 30 días después de la siembra, utilizando herramientas de labranza para suprimir las malezas que generen competencia en cuanto al aprovechamiento de nutrientes, agua, luz, espacio, hospederos de plagas y enfermedades, entre otros.

3.3.5. Control de plagas y enfermedades

En relación al manejo de plagas y enfermedades del cultivo se hacía un monitoreo semanal para identificar cualquier daño y determinar qué acción tomar: preventivo o curativo, en base a las diferentes etapas fenológicas del cultivo, se realizó entonces la limpia de alrededores del lote de producción y control de malezas.

En la fase vegetativa se realizó el control preventivo para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) dentro de la parcela mediante aplicaciones alternas de insecticidas químicos como piretroides y fosforados a razón de 1 ml/litro de agua, logrando eliminar el problema, también a la cuarta semana del mes de julio se presentó incidencia de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) donde se tuvo que realizar una aplicación correctiva para evitar un mayor daño al cultivo, por lo que se aplicó clorpirifos etil + imidacloprid.

Durante la etapa de llenado de grano, se realizó la aplicación de un fungicida (propiconazol), para evitar enfermedades fungosas en la panoja a fin de evitar pérdidas en el rendimiento, además que se presentaron condiciones de humedad y temperatura favorables para la incidencia de hongos en la semilla.

3.3.6. Cosecha

La cosecha se realizó en la tercera semana de octubre en etapa de madurez fisiológica final, cuando la semilla de sorgo se encontraba en un contenido de humedad ideal para ser cosechada. La cosecha se realizó de forma manual, utilizando navaja para cortar las panículas de sorgo. Posteriormente, se realizó el secado de forma natural con exposición al sol con el objetivo de disminuir el contenido de humedad en la semilla.

3.3.7. Trillado

Esta actividad consistió en separar todos los granos de la panícula o también llamada panoja, se utilizó una pieza de madera artesanal para remover el grano de la panícula y se desprendiera fácilmente, después con ayuda de un ventilador se eliminaron las glumas e impurezas, ya el grano limpio se colocó en frascos de plástico por panícula para la estimación de la variable rendimiento de grano.

3.4. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar. Para el análisis estadístico de las variables se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1 y la prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$), siendo el modelo el siguiente:

El diseño de bloques al azar es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = es la observación del tratamiento i en el bloque j .

μ = es el efecto verdadero de la media general.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = es el error experimental.

Se supone que:

- Los errores (ε_{ij}) se distribuyen normal e independientemente con la media cero y la varianza igual a σ^2 .
- No hay interacción entre los tratamientos y bloques, o sea que el efecto τ_i es el mismo en todos los bloques.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Días a floración (DF)

Esta variable se evaluó cuando la población de plantas en la parcela experimental presentaba el 50% de las panículas en antesis media, tomándose como dato el número de días transcurridos a partir de la siembra.

3.5.2. Altura de planta (AP)

Se utilizó una regla y se midió en los primeros cm del tallo a partir de la base del tallo cuando la población mostro el 50 % de la floración repitiéndose el muestreo en tres plantas de cada parcela expresándose el resultado en centímetros.

3.5.3. Longitud de panícula (LP)

Para la estimación de esta variable se utilizó una cinta métrica en donde se midió la distancia que existe entre la base de las ramificaciones de la panícula, hasta la parte superior de la panícula, realizándose el muestreo en tres plantas de cada parcela al momento de la cosecha y se expresó en centímetros.

3.5.4. Longitud de excursión (LE)

Empleado una cinta métrica se midió la distancia que hay entre la hoja bandera a la base de la panoja esto en la etapa que la población mostro un 100 % de floración, repitiendo el muestreo en tres plantas de cada parcela y se expresó en cm.

3.5.5. Ancho de hoja (AH)

Empleando una cinta métrica, se midió el ancho de la parte media de una hoja ubicada en la parte media de la planta, repitiendo el muestreo en tres plantas de cada parcela, el resultado se expresó en cm.

3.5.6. Longitud de hoja (LH)

Empleado una cinta métrica se midió la distancia que existe entre la base de la hoja hacia la punta de la misma, tomado una hoja completa de la parte media de la planta, repitiéndose el muestreo en tres plantas de cada parcela y se expresó en cm.

3.5.7. Diámetro de tallo (DT)

Utilizando un vernier digital en la parte intermedia de la planta, se realizó la medición del diámetro de tallo en tres plantas seleccionadas de cada parcela experimental, expresando el resultado en mm.

3.5.8. Incidencia de daño por aves (IDA)

Utilizando un porcentaje de 0 a 100 % se observó el daño en tres plantas de cada parcela repitiendo el muestreo en tres plantas de cada parcela asignándole un valor de la escala y expresado en porcentaje.

3.5.9. Enfermedades foliares (EF)

Se registró la presencia de enfermedades durante el ciclo de cultivo, y fueron evaluadas mediante escalas visuales tomando tres plantas de cada parcela asignándole un valor de la escala dependiendo de la presencia de enfermedades, expresado en porcentaje.

3.5.10. Grados brix (GB)

Utilizando un refractómetro manual digital se registró tomando tres plantas de cada parcela, presionando con una pinza sobre el corte del tallo de tal forma que salieran una a dos gotas de jugo y que estas cayeran sobre el refractómetro para registrar la estimación del contenido de grados Brix en la planta de sorgo.

3.5.11. Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP)

Después de la cosecha se seleccionaron tres panojas al azar y se procedió a desgranarlas, posteriormente se pesaron los granos con ayuda de una balanza analítica para registrar el rendimiento de grano por planta expresado en gramos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (cuadro 8), realizado para el presente trabajo de investigación, se puede observar diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las líneas experimentales de sorgo y el testigo comercial, en las variables días a floración (DF), Altura de Planta (AP), Longitud de Panícula (LP), Longitud de excursión (LE), Incidencia de daño por aves (IDA) y Rendimiento de Grano en gramos por Planta (RGP). Los resultados entre bloques no mostraron diferencias significativas en las variables: Días a Floración (DF), Altura de la planta (AP), Longitud de panícula (LP), Longitud de Excursión (LE), Ancho de hoja (AH), Longitud de hoja (LH), Diámetro de tallo (DT), Incidencia de daño por aves (IDA), Enfermedades Foliares (EF), Grados Brix (GB) y Rendimiento de grano por planta (RGP).

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el Campo Experimental Bajío UAAAN.

FV	GL	DF	AP	LP	LE	AH	LH	DT	IDA	EF	GB	RGP
BLOQUES	2	16.33 NS	289.70NS	5.64 NS	12.70NS	8.25 NS	200.06 NS	3.99 NS	12.90 NS	0.565 NS	0.73 NS	106.99 NS
GENOTIPOS	9	118.65 **	459.12**	42.70 **	25.32 **	11.77 NS	45.87 NS	11.97 NS	3475.52 **	0.443 NS	3.15 NS	2661 **
ERROR	18	5.70	92.73	5.77	6.88	8.85	70.02	5.93	12.72	0.319	1.77	69.71
TOTAL	29											
CV		3.06	8.41	9.75	19.83	35.99	14.93	10.30	14.44	31.15	14.75	14.30
MEDIA		78.06	114.56	24.65	13.23	8.26	56.07	23.63	24.70	1.83	9.01	58.40
DMS		6.99	28.19	7.03	7.67	8.71	24.47	7.12	10.43	1.65	3.89	24.44

FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; DF= Días a floración; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de excursión; AH= Ancho de hoja; LH=Longitud de hoja; DT= Diámetro de tallo ; IDA= Incidencia de daño por aves; EF= Enfermedades foliares; GB= Grados brix; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta; E.E= Error experimental; CV= Coeficiente de variación; NS= Diferencias no significativas; *= Diferencias significativas (P≤ 0.05); ** Diferencias Altamente significativas (P≤0.05).

Cuadro 8. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el Campo Experimental Bajío UAAAN.

GENOTIPO	DF	AP	LP	LE	AH	LH	DT	IDA	EF	GB	RGP
LES 278	85.33 ab	130.33 a	22.73b	16.50 ab	8.00 a	55.00 a	21.93 a	3.00 d	1.77 a	8.70 a	77.46 ab
LES 280	79.67 bc	120.00 ab	23.07b	13.25 abc	8.69 a	57.058 a	22.33 a	2.00 d	1.07 a	8.78 a	86.27 a
LES 283	69.39d	91.44c	23.11b	12.77 abc	7.62 a	53.67 a	23.66 a	6.00 d	2.37 a	9.33 a	50.95 cde
LES 223	69.67d	119.67 ab	28.12ab	18.21 a	7.49 a	52.40 a	24.22 a	70.00 b	2.67 a	7.01 a	33.16 de
LES 7	75.00 cd	100.90 bc	21.33b	12.10 abc	6.41 a	60.16 a	22.87 a	5.00 d	1.94 a	10.85 a	55.49 bcd
LES 185	81.33 abc	117.44 abc	21.78 b	15.80 abc	8.83 a	58.28 a	22.77 a	5.33 d	1.50 a	8.98 a	75.37 abc
LES 188	79.33. bc	124.78 ab	23.67 b	13.36 abc	8.98 a	61.06 a	23.33 a	9.67 d	2.00 a	9.27 a	86.20 a
LES 232	82.00 ab	119.90. ab	24.09 b	11.05 abc	13.25 a	53.26 a	22.81 a	9.33 d	1.77 a	8.26 a	88.39 a
LES 274	72.00 d	101.11 bc	24.65 b	10.50 bc	6.42 a	49.45 a	23.33 a	36.68 c	1.94 a	10.06 a	30.61 e
P82G63	87.00 a	120.00 ab	33.89 a	8.74 c	6.96 a	60.33 a	29.00 a	100.00 a	1.51 a	8.84 a	0.00 f

DF= Días a floración; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de excursión; AH= Ancho de hoja; LH= Longitud de hoja; DT= Diámetro de tallo; IDA= Incidencia de daño por Aves; EF= Enfermedades foliares; GB= Grados brix; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta.

4.1. Días a floración (DF)

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas, los valores para días a floración fluctuaron entre 69 a 87 (Cuadro 8). Los materiales más precoces fueron las líneas experimentales LES 283 (69.39) y LES 223 (69.67) días a floración, respectivamente y las más tardíos fueron LES 278 (85.33) y el híbrido comercial P82G63 con 87 días. El genotipo LES 283, fue 0.28 días más precoz que LES 223, 15.94 respecto a LES 278 y 17.61 días en relación con el híbrido P82G63, ver (figura 6), donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, donde es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 283, fue la que presentó mayor precocidad con una duración de 69.39 días. A su vez, se puede observar que el genotipo P82G63, fue el más tardío con 87 días a floración.

La primera flor que se abre es la terminal o la segunda rama más alta en la panícula. La florescencia continua hacia debajo de una manera bastante regular, y en general, las que están en un mismo plano horizontal a través de la panícula se abre al mismo tiempo. Todas las flores en la panícula terminan de abrirse en un lapso de 6 a 15 días (generalmente de 6 a 9) dependiendo de la variedad, tamaño de panoja, temperatura, la humedad y otros factores ambientales. Al alcanzarse el 50% de la floración, aproximadamente una mitad de la materia seca total se ha producido y la absorción de nutrientes, ha alcanzado casi el 70 y 80% (Compton, 1990).

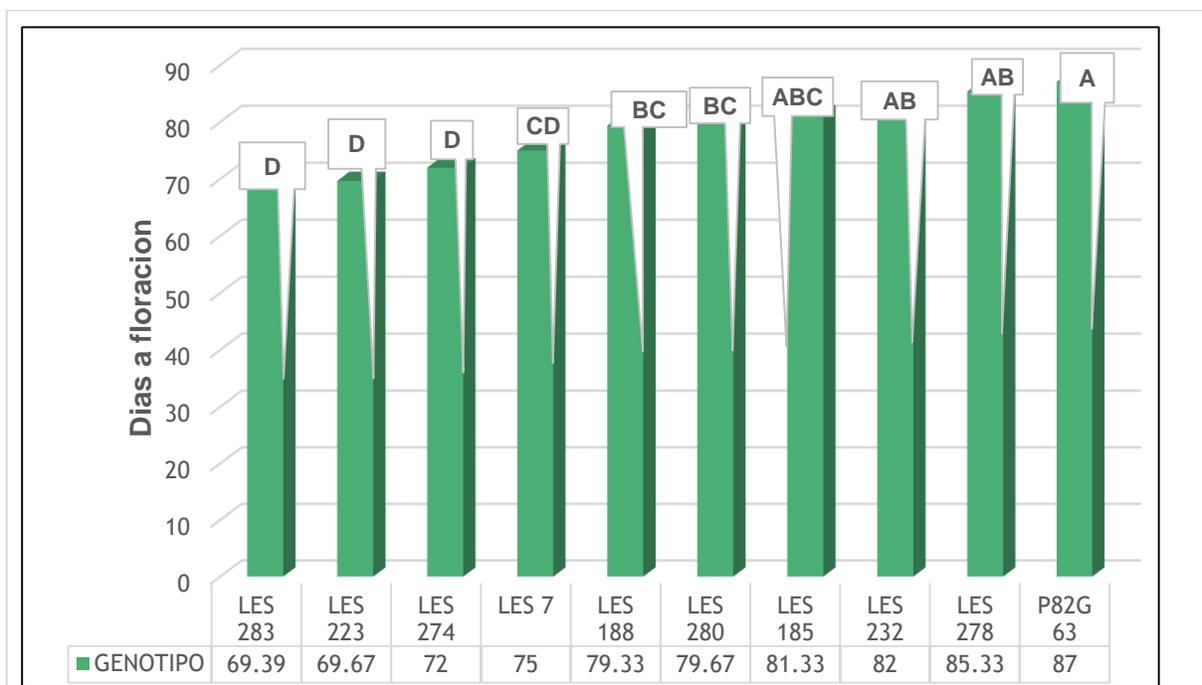


Figura 6. Comparación de medias, para la variable de días a floración en (días) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

La inflorescencia del sorgo, usualmente empieza la dehiscencia de las anteras y salida del polen, cuando el pedúnculo ha terminado su elongación. La panícula comienza a florear en su punta y después hacia abajo en un periodo de 4 a 5 días (Martínez, 2002).

4.2. **Altura de planta (AP)**

Los resultados en el análisis de varianza (cuadro 8) mostraron diferencias altamente significativas, la altura de planta tiene un comportamiento variado obteniéndose un promedio de altura de 1.38 metros, es decir, una diferencia de 0.38 m, entre la variable que presento menor altura (LES 283) y aquella donde se expresó la mayor altura (LES 278). Al respecto, se puede afirmar que la altura entre las plantas se debe a efectos genéticos, así como lo menciona León, (1987).

Lo mencionado anteriormente se puede comprobar en la (figura 7), donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 278 destaco con una mayor altura de 130.33 cm; seguido por otra línea denominada LES 188 con una altura promedio de 124.78 cm. A su vez, se observa que el genotipo que presentó menos tamaño fue la línea LES 283 con una altura promedio de 91.44 cm.

La altura del tallo la determina la longitud de los entrenudos, que es controlada por cuatro genes recesivos: *dw1*, *dw2*, *dw3* y *dw4*; donde el gen responsable de la inestabilidad de la altura es *dw3* y que actúa de manera independiente, sin afectar el número de hojas y el periodo de crecimiento, por tanto, la altura promedio de las variedades de sorgo dependen del número de estos genes (Arnon, 1972).

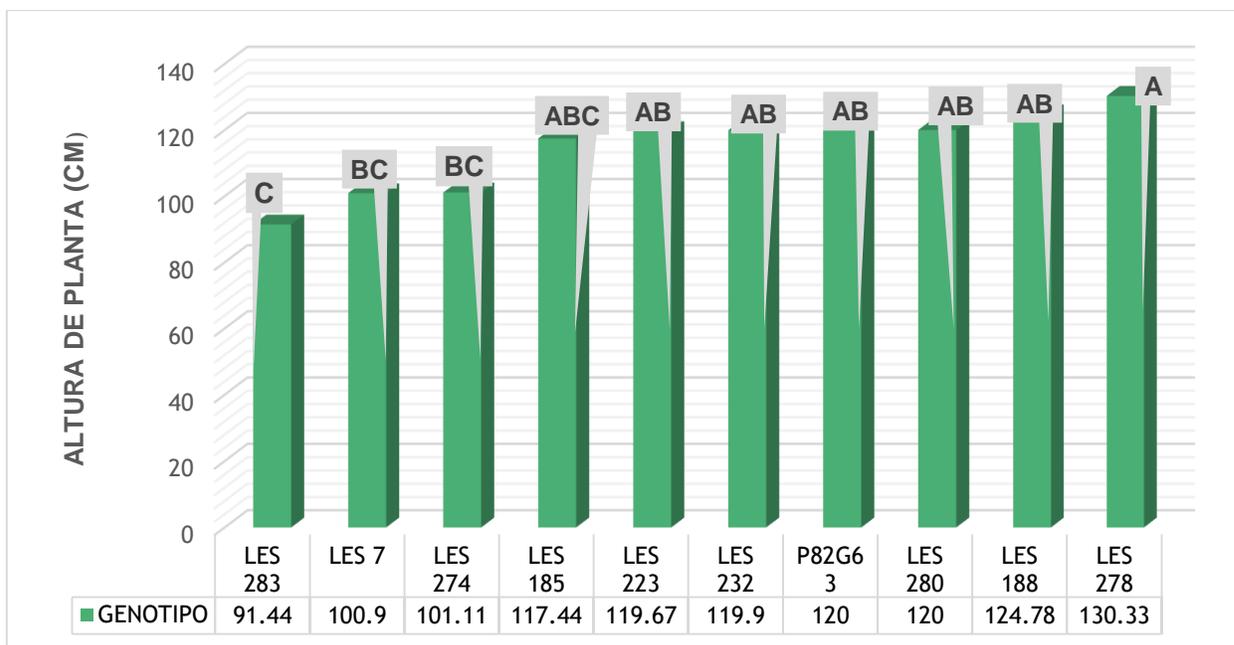


Figura 7. Comparación de medias, para la variable altura de planta (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajío, UAAAN.

Según Cristini (1987), describe que el sorgo tiene un crecimiento lento en sus primeros 25 días, después de los 30 días su crecimiento se acelera. El tamaño y porte de la planta de sorgo, varía considerablemente por varios factores, entre ellos se pueden mencionar: factores ambientales (humedad y temperatura) y por la disponibilidad de nutrientes (López y Galeato, 1982).

La altura de la planta es afectada también por la respuesta fotoperiódica, dado que la activación de la floración reduce el crecimiento vegetativo (Compton, 1990). Tanto el porte como el tamaño son considerados factores de gran importancia, ya que los sorgos altos son preferidos para forrajes y producción de grano (Álvarez y Talavera, 199

4.3. Longitud de panícula (LP)

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos), esto se puede justificar debido a que el factor genético, influye en los tratamientos, difiriendo de lo reportado por Valle y Toledo (2003), los cuales plantean que las panículas de mayor tamaño poseen mayores números de espiguilla y granos, lo que aumenta el rendimiento, debido a que en el campo se encontraron panículas de diferentes tamaños y pesos.

Lo mencionado anteriormente, se puede observar en la (figura 8), donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que el híbrido testigo de sorgo con denominación P82G63, destacó con una longitud de panícula superior de 33.89 cm; seguido por otra línea denominada LES 223 con un largo de panícula de 28.12 cm; y por último la línea LES 7 como la de menor longitud de panícula con 21.33 cm.

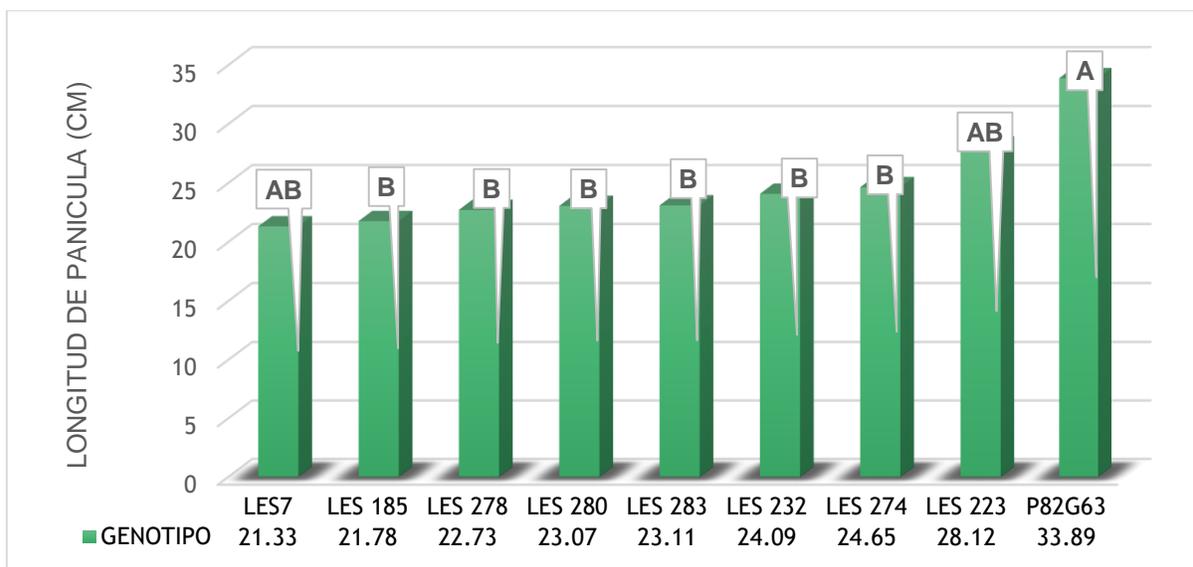


Figura 8. Comparación de medias, para la variable Longitud de Panícula (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

La panícula de sorgo, puede ser corta y compacta o suelta y abierta; de 4 a 25 cm o más de longitud, y de 2 a 20 cm o más de ancho. La panícula, usualmente crece erecta en el ápice del tallo, pero puede ser encorvada (House, 1982).

4.4. Longitud de excersión (LE)

Para este parámetro se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos), lo que puede deberse al componente genético, también manifestó heterogeneidad en el comportamiento de las variables, ello explica el coeficiente de variación de 19.83 ver (cuadro 8). Lo anterior, se verifica cuando se obtiene un rango de 9.47 cm entre el genotipo experimental de menor expresión (P82G63), donde alcanzó los 8.74 cm y aquel donde la excersión de la inflorescencia fue mayor LES 223 con 18.21 cm.

En la (figura 9), se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 223 con una longitud de excersión muy superior con 18.21 cm; por otra parte le sigue la línea denominada LES 278 con una longitud de excersión de 16.5 cm; después se observa que el genotipo con menor longitud fue P82G63 con 8.74 cm.

La excersión de la inflorescencia es una prolongación del eje vegetativo llamado pedúnculo, que se encuentra entre la panícula y el tallo. Se inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja o nudo ciliar (Álvarez y Talavera, 1990).

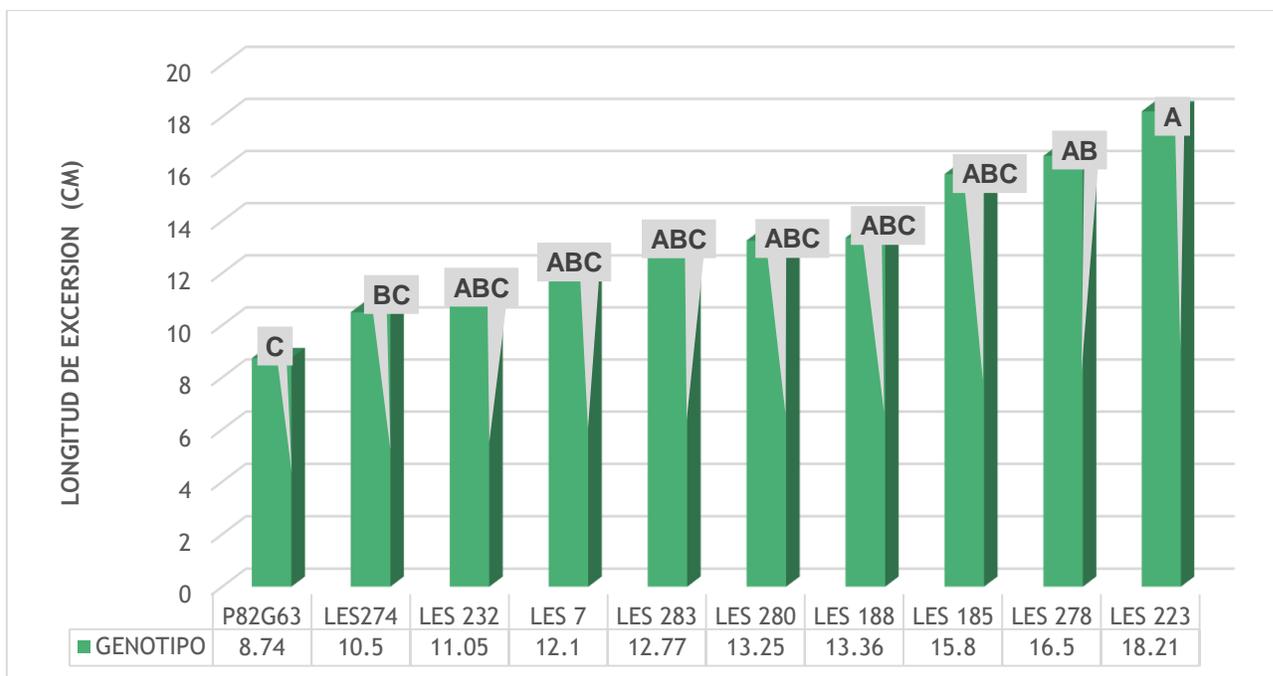


Figura 9. Comparación de medias, para la variable Longitud de excersión (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

Comptón (1990), menciona que esta longitud de excersión es influenciada por factores genéticos y en menor medida por factores del medio ambiente. Es considerada importante en la recolección mecanizada, ya que, si se tiene un genotipo con poca excersión de panoja, al cosecharse se corta la hoja y el tallo de la planta; lo cual permite mayor cantidad de material inerte y aumenta el contenido de humedad, ocasionando una baja en la calidad del grano.

4.5. Ancho de hoja (AH)

Para este parámetro como se muestra en el cuadro 8, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (genotipos), por lo que podemos mencionar que se debió al factor genético, ya que son líneas experimentales, tendiendo a comportarse para este parámetro de manera heterogénea. También pudo deberse a la capacidad de asimilar nutrientes, así como su disponibilidad. Lo antes mencionado, coincide con lo reportado por Miller y Barnes (1980), quienes mencionan

que la densidad de siembra, factores ambientales y nutricionales en los cuales se desarrolla el sorgo, influyen en el desarrollo del área foliar de la planta.

En la (figura 10) se puede comprobar lo antes mencionado, en donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias. Además, es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 232 que fue superior a las demás líneas experimentales promediando un ancho de hoja de 13.25 cm; posteriormente podemos observar que el genotipo LES 188 promedio 8.98 cm. Y por último la línea denominada LES 7 con el menor promedio de 6.41 cm.



Figura 10. Comparación de medias, para la variable Ancho de hoja (AH) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajío, UAAAN.

4.6. Longitud de hoja (LH)

Según los resultados obtenidos en el (cuadro 8) para esta variable, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (genotipos), esto se debió principalmente al factor de similitud genética (líneas avanzadas) y al manejo agronómico. A su vez, Vásquez (1999), menciona que, a mayor área foliar, mayor será la cantidad de luz que se podrá captar, lo que incrementará el proceso de fotosíntesis e incidirá positivamente en el crecimiento de la hoja.

En la figura 11 se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 188 fue superior a las demás líneas experimentales promediando un ancho de hoja de 61.06 cm; luego podemos observar que el genotipo P82G63 promedio 60.33 cm y finalmente la línea LES 274 con el menor promedio.

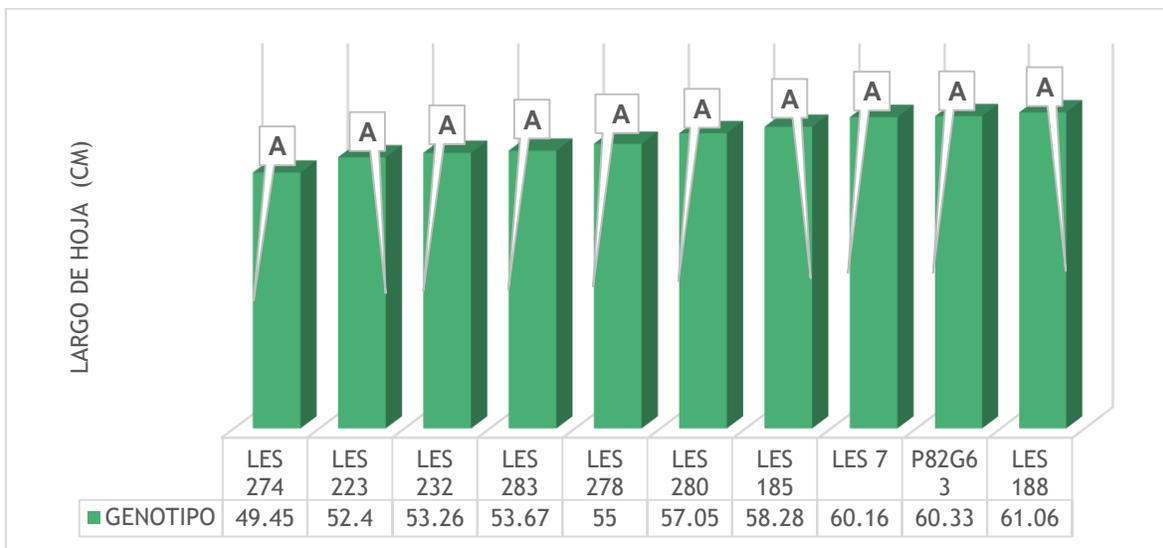


Figura 11. Comparación de medias, para la variable Longitud de hoja (LH) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

4.6.1. Diámetro de tallo (DT)

El diámetro promedio del tallo de sorgo fue estadísticamente similar en todos los tratamientos de manera que las plantas estaban bastante homogéneas y no se muestran diferencias estadísticas significativas.

Esto debido a el manejo agronómico homogéneo para todas las parcelas experimentales de manera que las plantas tienen buen aprovechamiento de los macronutrientes y micronutrientes los cuales favorecen el desarrollo de áreas fisiológicas de la mismas, así como otros factores como luz y humedad relativa, aumento de la fotosíntesis y un mayor desarrollo vegetativo en las plantas (Cuesta y Machado, 2007).

En la (figura 12) se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que el híbrido testigo P82G6 fue superior a las demás líneas experimentales promediando un diámetro de tallo de 29 mm; Luego podemos observar que la siguiente línea denominada LES 223 promedio 24.22 mm, y por último la línea experimental que tuvo el menor promedio fue LES 278 con un promedio de 21.93 mm.

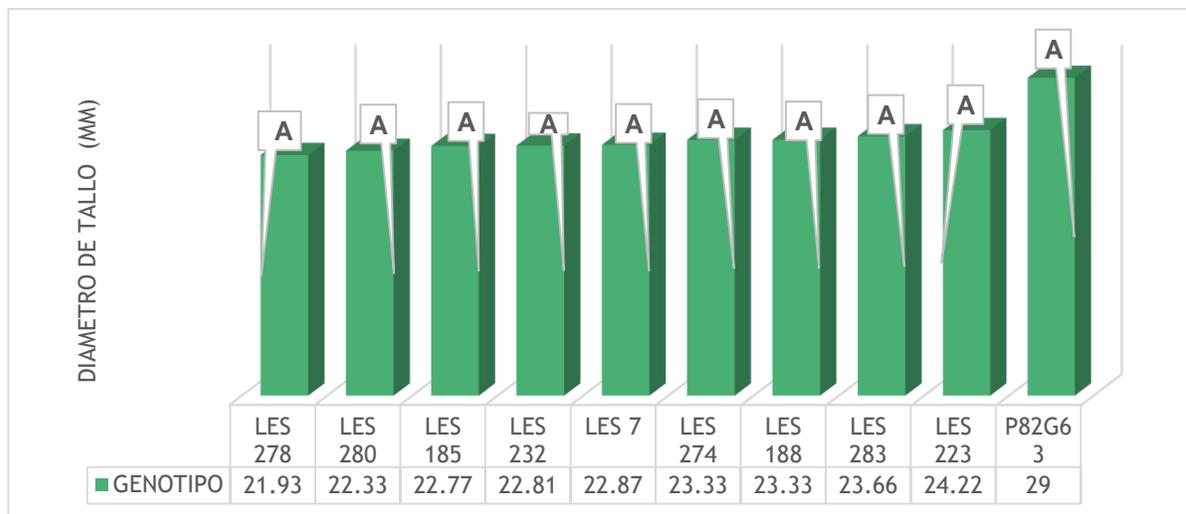


Figura 12. Comparación de medias, para la variable Diámetro de tallo (DT) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajío, UAAAN.

El diámetro aumenta con relación a la cantidad de nudos (7- 24), por lo cual se explica que las variedades tardías tengan tallos más gruesos que los precoces (Wall y Ross, 1975). El acame de las plantas se produce como resultado del pobre vigor de los tallos. Las plantas acamadas constituyen un medio favorable para el desarrollo de hongos u otras enfermedades (Poehlman, 1983).

4.6.2. Incidencia de daño por aves (IDA)

Se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos), por lo que podemos mencionar que se comportaron de manera diferente debido al factor genético y el color del grano de sorgo. A su vez, según lo reportado por De Melo y Cheschini, (2012), quienes indican que el contenido de taninos y el tiempo de permanencia de los granos en el campo condicionan el consumo de los granos por aves. También el contenido de taninos es un factor relevante, según lo mencionado por Rodríguez y Zaccagnini, (1998). Quienes señalan que los taninos funcionan como protección de los granos de sorgo al ataque de aves en las que provocan astringencia y posiblemente repelencia secundaria.

En la (figura 13) se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que el genotipo P82G63 fue la más afectada por la incidencia de aves, comparado con las demás líneas experimentales promediando un daño de 100.00 %. Posteriormente, se puede observar que la siguiente línea denominada LES 223 promedió 70%, por otra parte, la línea experimental que tuvo el menor promedio fue LES 280 con un daño del 2 %.

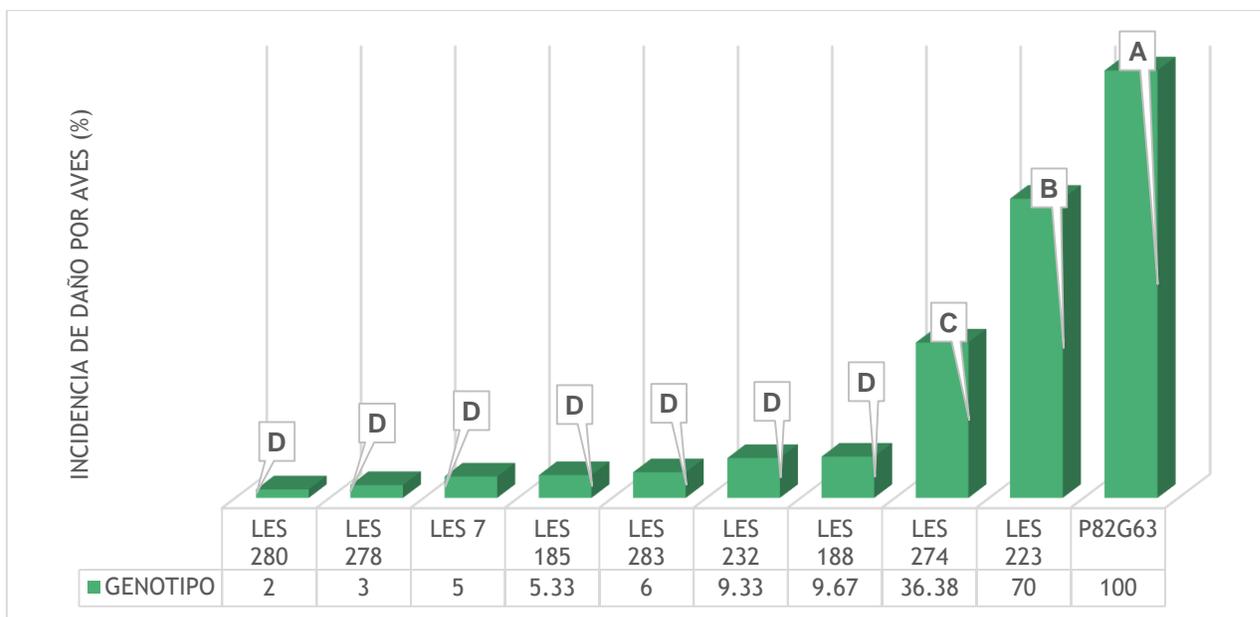


Figura 13. Comparación de medias, para la variable Incidencia de daño por aves (IDA) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajío, UAAAN.

4.6.3. Enfermedades foliares (EF)

Para esta variable como se observa en el (cuadro 8) las líneas se comportaron estadísticamente similar, no se encontraron diferencias significativas esto puede deberse al manejo agronómico.

Las precipitaciones, temperatura y humedad relativa que se presentaron favorecieron las condiciones de los patógenos para que se establecieran en las hojas y se incrementaran las enfermedades coincidiendo con lo mencionado por Victoria y Rojas (1987). Esto tiene una correlación negativa con el rendimiento, ya que cuando el cultivo se encontraba en etapa reproductiva donde el grano aumenta de peso y tamaño. Las enfermedades foliares que se presentan en esta etapa no afectan la formación del grano según lo reportado por el INTA (2005).

En la (figura 14) se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 280 fue superior a las demás líneas experimentales promediando 1.07 %, siendo el menor daño por enfermedades registrado en el cuadro de comparación de medias (cuadro 9). A su vez, la línea experimental con mayor incidencia de enfermedades foliares fue la denominada LES 223 promediando 2.67 %.

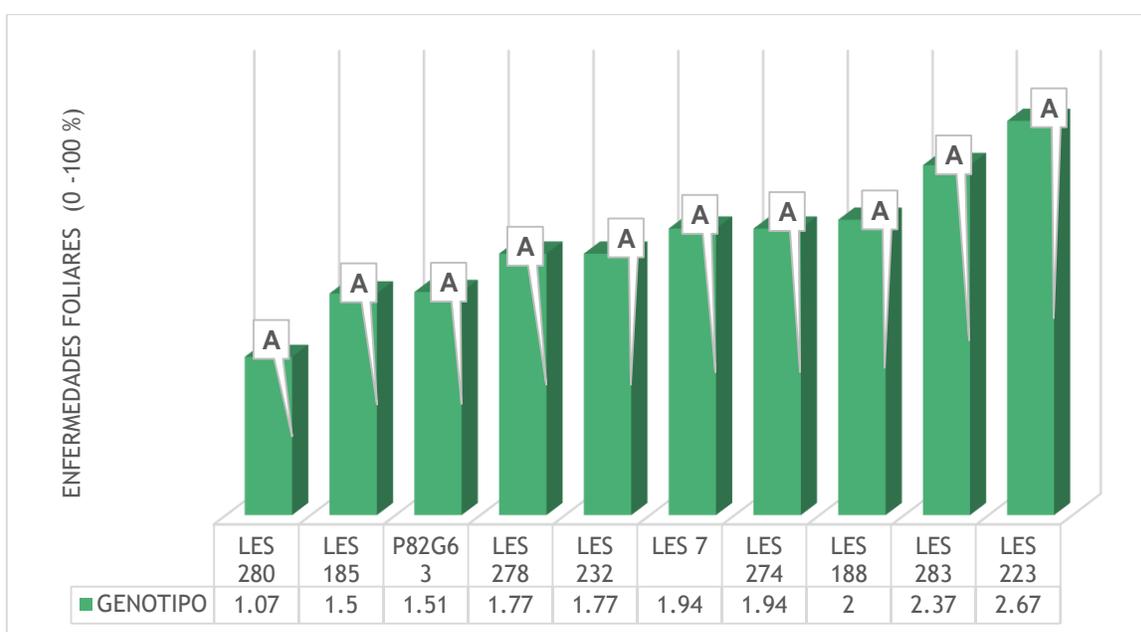


Figura 14. Comparación de medias, para la variable Enfermedades foliares (EF) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

4.6.4. Grados brix (GB)

Para esta variable se puede observar en el (Cuadro 8) que no se encontraron diferencias entre tratamientos (genotipos), esto puede ser debido a que el manejo agronómico fue el mismo para todas las líneas experimentales, también el porcentaje de azúcares está altamente relacionado con las condiciones climáticas las cuales afectan los procesos fisiológicos en la planta. El momento para tomar los datos de grados brix afecta en los resultados, ya que se tomaron cuando la planta se encontraba en madurez fisiológica final del grano, por lo que reporta la literatura, debe de ser al momento de floración y llenado de granos coincidiendo con Muminov 1997, Hoffman-Thoma *et al.*, (1996) los cuales mencionan que los azúcares contenidos en el jugo del tallo, se acumulan durante el desarrollo de la inflorescencia y en la madurez del grano, los principales son la sacarosa como disacárido y la glucosa y fructosa como monosacáridos.

De acuerdo a Pfeiffer *et al.*, (2010) quienes reportan contenidos de 12 a 22 grados Brix en concentración de azúcares en sorgo, los cuales son valores aceptables para plantas de sorgo con alta cantidad de jugo y una alta concentración de azúcares.

En la (figura 15) se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, además es posible observar que la línea experimental de sorgo con denominación LES 7 fue superior a las demás líneas experimentales promediando 10.85 brix siendo el más alto en contenido. También podemos observar qué es seguido por la línea denominada LES 274 promediando 10.06 brix, y por otra parte al final tenemos la línea denominada LES 223 con el menor promedio de 7.01 brix.

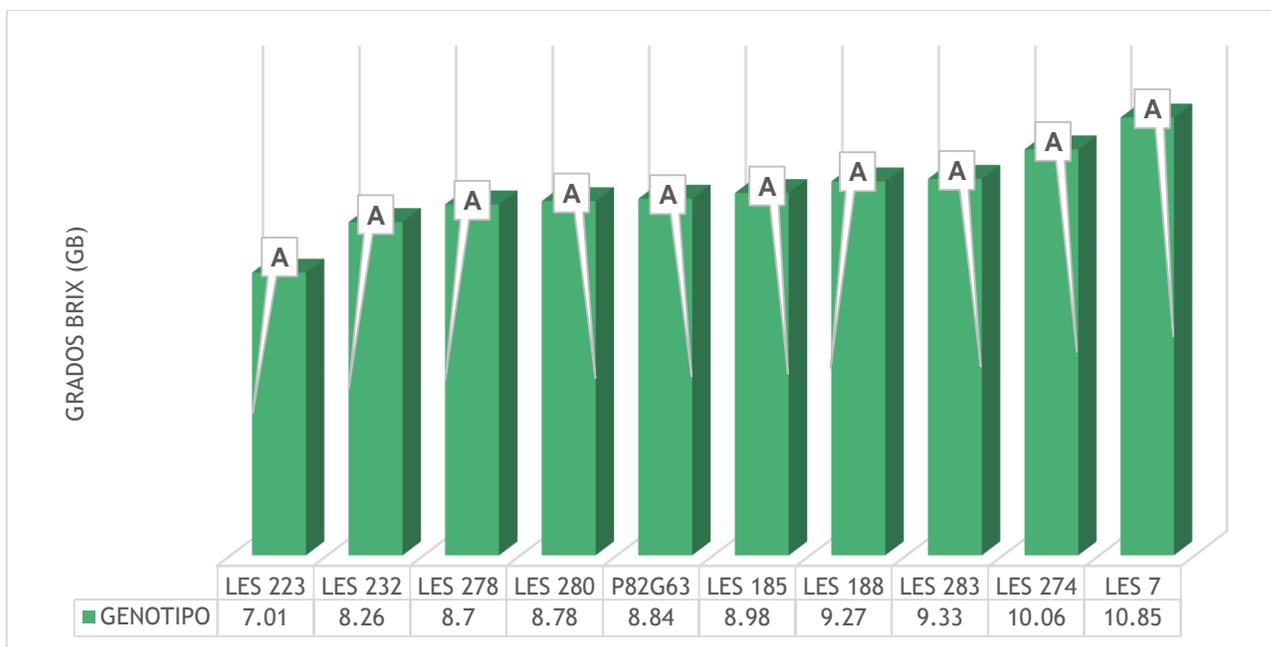


Figura 15. Comparación de medias, para la variable Grados Brix (GB) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajío, UAAAN.

4.6.5. Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP)

Según los resultados obtenidos en el (cuadro 8) para esta variable, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (genotipos), esto se debió principalmente a que el comportamiento entre genotipos no fue igual, esto se pudo deber a que esta variable de característica cuantitativa es afectada por el ambiente o a la capacidad genética de cada línea. A su vez, Zapata y Orozco (1991), mencionan que la masa seca y fresca de las semillas es poco influenciada por el medioambiente y está ligado a los caracteres de cada variedad; principalmente a la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo hacia el grano, en el inicio de la etapa reproductiva. Por lo tanto, los genotipos no se comportaron de la misma manera y el factor genético y ambiental, afectan este parámetro coincidiendo con lo reportado por Fossati, (2000) quien plantea que en cultivares de sorgo de ciclos cortos, intermedios y largos, el peso no debe estar asociado al ciclo de la planta, sino al factor varietal y las condiciones edafoclimáticas.

En la (figura 16) se puede comprobar lo antes mencionado, donde se muestran los diferentes agrupamientos generados a partir de la prueba de comparación de medias, donde es posible observar que la línea denominada LES 232 destaca promediando 88.39 g. luego podemos observar que es seguida por la línea experimental LES 280 promediando 86.27 g. y por último tenemos con el menor rendimiento la línea experimental denominada P82G63 promediando 0.0 g.

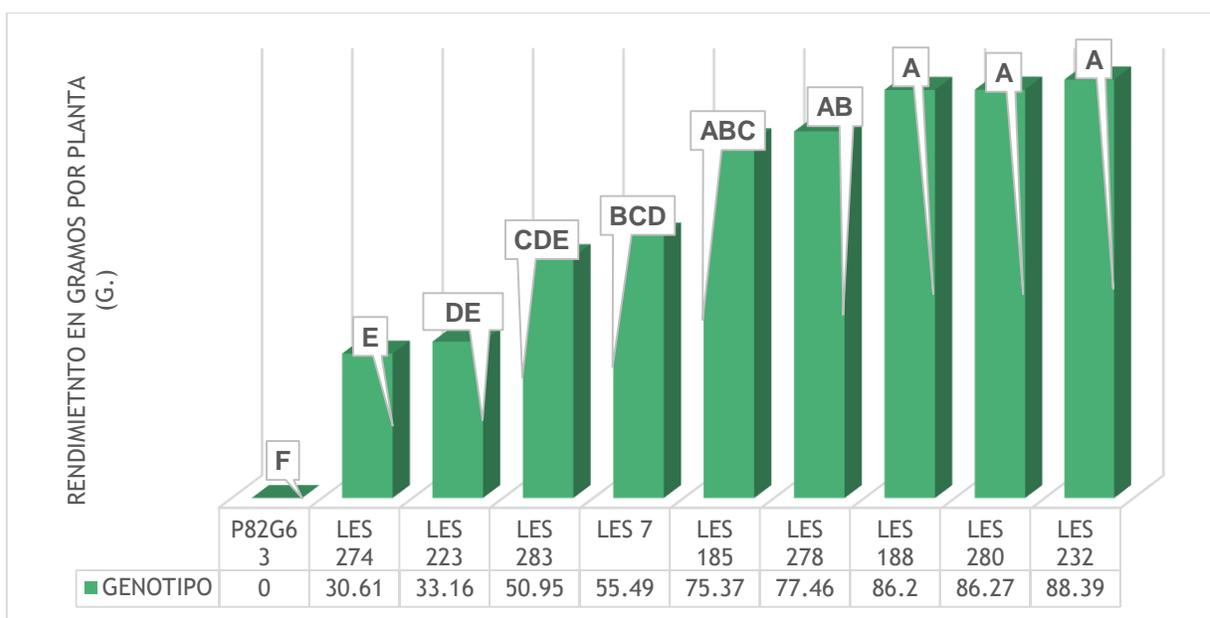


Figura 16. Comparación de medias, para la variable Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola primavera-verano 2018 en el bajo, UAAAN.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteados en la presente investigación se puede concluir que entre líneas existen genotipos con alta capacidad de rendimiento como la línea denominada LES 232 con un promedio de rendimiento de grano de 88.39 gramos por planta y precocidad como las líneas denominadas LES 283 con 69.39 y LES 223 con 69.67 días a floración, respectivamente.

Con los resultados obtenidos, podemos concluir que la línea experimental con denominación LES 232, presenta un comportamiento agronómico aceptable para rendimiento de grano, así como para la variable longitud de panícula, lo cual es una característica deseable por el mejorador en cuanto a la selección de líneas experimentales de sorgo para grano.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con evaluaciones de las líneas experimentales de sorgo en diversos ambientes, para identificar líneas con alto potencial de rendimiento y adaptación agronómica en un ambiente en particular.

Las líneas LES 232, LES 280 y LES 188, se pueden recomendar para la producción de grano, ya que éstas presentaron las mejores características para las variables agronómicas evaluadas como: altura de planta, longitud de panícula y rendimiento de grano.

VII. LITERATURA CITADA

Álvarez M & Talavera, 1990. Efecto de cuatro densidades poblacionales y cuatro niveles de nitrógeno en rendimiento de sorgo. Vr. Pinolero-1. 12 p.

América Latina, Reporte sobre el estado de CALIS. Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo. Honduras pp: 271-279.

Arnon, I. (1972). Crop production in dry regions. Vol. II: Systematic treatment of the principal crops (pp. 683). London: Leonard Hill.

ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios) 2019. El sorgo mexicano: entre la autosuficiencia y la dependencia externa. Claridades Agropecuarias. 46: 3-36.

Bowling, Robert & Brewer, Michael & Kerns, David & Gordy, John & Seiter, Nick & Elliott, Norman & Buntin, G. & Way, M. & Royer, Tom & Biles, Stephen & Maxson, Erin. (2016). Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. Journal of Integrated Pest Management. 7. 10.1093/jipm/pmw011.

Bruggers, RL; y Jaeger, MM. (1982). Bird pests and crop protection strategies for cereals of the semi-arid African tropics. In: ICRISAT. (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), 1982. Sorghum in the eighties: proc. Int. symp. In sorghum, ICRISAT, India.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova,” sv). 2007. (Guía Técnica) del Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). La Libertad El Salvador, 38 p.

Compton, L.P. 1990. Agronomía del sorgo. Programa de mejoramiento de sorgo del ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) para América Latina p 20 /p 151-157/p 184 – 189.

Compton, L.P. 1990. Agronomía del sorgo. San Andrés. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). El salvador .97-104 p.

Cristini, AJ. 1987. Introducción del cultivo del Sorgo. Guatemala. 26 p. Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica. 158 p.

Cuesta, T; Machado, P. 2009. Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia. 127 p.

De Walt B. R; D. Barkin. 1984. La crisis alimentaria en México e investigaciones en sorgo. In Potencial y uso del sorgo granífero en México. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. (Universidad Autónoma de Nuevo León) Marín, N.L. pp 335-343.

Doggett, H. (1988) Sorghum. 2nd Edition, Longmans Scientific and Technical, the United Kingdom.

Editorial hemisferio sur. Buen Aires, Argentina pp: 3-185 y 267-377.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSFAT. ProdStat database, yearly production (en línea). Consultado diciembre 2019. Disponible en <http://www.faostat.fao.org>.

FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas 1980. Introducción al control integrado de las plagas del sorgo: (Estudio FAO: Producción y protección vegetal # 19). Roma EP, citado por Flores. M, 1996. 29 p.

FAO (Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas 1980. Introducción al control integrado de las plagas del sorgo: (Estudio FAO: Producción y protección vegetal # 19). Roma EP, citado por Flores. M, 1996. 29 p.

Fossati, J. Comportamiento de cultivares de sorgo granífero. Campaña 1999/2000. INTA Rafaela. Disponible en: <http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/default.htm>. Consultado en 3/12/2019.

Franco, LT. Y Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Boletín técnico N°8 Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 22, 27, 39 p.

González, F y Pita, JM 2001. Conservación y caracterización de los recursos filogenéticos. Madrid I.N.E.A. 279 p.

Guiragossian, V. 1984. Mejoramiento de sorgo para los valles altos y zonas bajas en México y América Central. "Potencial y Uso del Sorgo Granífero en México, pp: 320-334.

Hawkins, R. 1984. Observaciones agroecológicas y la experimentación agrícola. Guías para la fase de diagnóstico de la investigación en fincas de sorgo. Información referente a la producción de sorgo en América Latina. Ed. CLAIS. Honduras, pp 215-218.

Hoffmann-Thoma, G; Hinkel, K; Nicolay, P; Willenbrink, J. 1996. Sucrose accumulation in sweet sorghum stem internodes in relation to growth. *Physiologia Plantarum* 97(2):277-284.

House, L. 1982. El Sorgo. Guía para su mejoramiento genético.

House, L. R. 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd edition. Patancheru, A.P. Guías para la fase de diagnóstico de la investigación en fincas de sorgo.

INATEC (Instituto Nacional Tecnológico) 2017. Establecimiento del cultivo de sorgo. Manual de granos básicos. Nicaragua. Pp. 33-45. Información referente a la producción de sorgo en América Latina. Ed. CLAIS.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Campo Experimental Río Bravo. Manejo Integrado del Pulgón Amarillo del Sorgo en Tamaulipas. Septiembre de 2018. Pp 1-6.

INTA 2005, (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). Cultivo de sorgo. Guía tecnológica N°5 Managua, Nicaragua 21p.

Kimber, C. T. 2000. Origins of domestication sorghum and its early diffusion to India and China. In: C.W. Smith, R.A. Fredericksen (Ed). Sorghum Origin, History, Technology and Production. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY.

Lannone, N. 2003. Daño de Diatraea en sorgo. Alerta. Ataque de Diatraea en maíz. INTA. (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) Pergamino. Consultado en septiembre 2019. Disponible en: <http://www.nt-solutions.com.ar/>.

León, L. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano. M. Ross. Ed. hemisferio sur. Pp 43-53.

López, A.; Galleato. 1982. Efecto de competencia de maleza en distintos estados de crecimiento del sorgo. Publicación técnica N°25. INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). Argentina. 30 p.

Márquez, S. F. 1973. Relationship between genotype-environmental interaction and stability parameters. Crop Sci. 13: 577-579.

Martin HJ. 1975. Historia y clasificación del sorgo. Producción y uso del sorgo. Ed. J. S. Wall y W. Ross. Editorial Paris. pp 3-18.

Martínez, F. 2002. Análisis de los sistemas de cultivo a base de sorgo para la construcción de un programa de Mejoramiento Genético Participativo en Madris, Nicaragua. Tesis de Maestría en ciencias. CNEARC. 156 p.

Maya-Hernández., A. y L. Rodríguez-del Bosque. 2014. Pulgón Amarillo *Melanaphis sacchari*, nueva plaga del sorgo en Tamaulipas. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tamaulipas/Documents/Pulgon%20amarillo.pdf>. (Fecha de consulta: 13-diciembre-2019).

Melo, C. & Cheschini, J. (2012). Damage caused by birds in sorghum (*Sorghum bicolor*) crops in Central Brazil. Bioagro. 24. 33-38.

Mendoza R., M. 1984. Mejoramiento genético del sorgo en la Universidad Autónoma Chapingo en potencial y uso del sorgo granífero en México. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. (Universidad Autónoma de Nuevo León) Marín, N.L. pp 335-343.

Miller, F.R y Barnes, D.K. Crecimiento y desarrollo del sorgo. FAO. Producción y Protección vegetal. 19: 7-19, 1980.

Montes, G., N. 1989. Mejoramiento genético de sorgo para temporal. Ed. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México, pp 4.

Muminov, NSH. 1997. Dynamics of the accumulation of sugar in sweet sorghum. Chemistry o natural compounds 33(3):353-354.

Ostle, B. 1983. Estadística aplicada. Editorial LIMUSA, México, D. F.

Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Wencomo, HB.; Reyes, F.; Oquendo, G.; Milián, I. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), ISSN 0864-0394 Pastos y Forrajes 33: (1).

Pfeiffer, TW; Bitzer, MJ; Toy, J; Pedersen, J. 2010. Heterosisvin sweet sorghum and selection of a new sweet sorghum hybrid for use in syrup production in A. Crop Sci. 50:1788-1794.

Pineda, L. 1999. Cultivo del sorgo. Guía tecnológica 5. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Managua, Nicaragua 24 p.

Poehlman, JM. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. 2 ed. Editorial Limusa. D.F., México. 511 p.

Poehlman, M.J. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. LIMUSA., México D. F. PRONASE (Productora Nacional de Semillas). Potencial y uso del sorgo granífero en México.

Quinby, J. R.; R. Schertz. 1975. Genética, fitotecnia, producción de semilla de sorgo híbrido. Producción y Uso del Sorgo. Editors Joseph S. Wall y Williams.

Rodríguez EN, Zaccagnini ME (Eds.) 1998 "Manual de Capacitación sobre Manejo Integrado de Aves Perjudiciales a la Agricultura". Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Proyecto "Control Integrado de Aves Plaga". Uruguay- Argentina. 1-171.

Rooney, L. W., and F. R, Miller. 1982. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Page 143. In Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, 28-31 October 1981. ICRISAT, Patancheru, India (Rooney, L.W., and Murty, D.S., Eds.). Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the SemiArid Tropics (ICRISAT).

Saavedra, MB. Y Gutiérrez, M.J. 2008. Comparación de alternativas de manejo de plagas convencional e integrado (MIP), en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): en época de postrera. Managua. Tesis Ing. Agr. Nicaragua, UNA. 37p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2015. Se Reforzará Campaña de Combate del Pulgón Amarillo del Sorgo en Morelos. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/morelos/boletines/Paginas/2015B135B.aspx>. (Fecha de consulta: 13-diciembre-2019).

SAGARPA-SNICS. 2014. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). Guía técnica para la descripción varietal de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, 25 p.

SAS Institute. 2004. SAS/STAT Statistical Analysis System ® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. Estados Unidos. 1521 p.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, no 43, 15.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. Pulgón amarillo del sorgo. Informe mensual 6 de junio. <http://senasica.gob.mx/?doc=29171>. (Fecha de consulta: 13-diciembre-2019).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2019. Avance se siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. (Fecha de consulta: 13-diciembre-2019) Disponible en <http://www.infosiap.siap.gob.mx>.

Smith, M. E.; R. Ciará y V. Guiragossian. 1984. La definición de metas para el mejoramiento de sorgo para sistemas de producción. In. Información referente a la producción de sorgo en América Latina. Ed. CLAIS. Honduras, pp 271-283.

Steel, G. D. R. y H. J. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. De. McGraw-Hill. Inc., U.S.A. (Estados Unidos de América).

Tijerina, A. 1984. Programa nacional de producción de semillas de sorgo PRONASE. Potencial y uso del sorgo granífero en México. Facultad de Agronomía. U.A.N.L. (Universidad Autónoma de Nuevo León) Marín, N.L. pp 73-85.

USDA-FAS. (United States Department of Agriculture), (Foreign Agricultural Service). GAIN Report. México: grain and feed update. 1/16/2019.

USDA-FAS. (United States Department of Agriculture), (Foreign Agricultural Service). GAIN Report. México: grain and feed annual. 3/12/2019.

Valdés L C G S, Gómez R I and Pedroza F J A. 1997. Practical Use of Heterosis in Sorghum x Sudangrass Hybrids. In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops, An International Symposium, CIMMYT, Book of Abstracts, ISBN: 968-6923-90-X, p 96, 17 -22 August 1997, México City, Mexico.

Valdés, L. C. G. S. 1994. Avances de investigación. CIA, Facultad de Agronomía de la UANL. (Universidad Autónoma de Nuevo León), Marín, N. L., México.

Valle, K, J y Toledo, I. C. (2003). Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench, en el municipio de Zambrano. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Vásquez, H. V. 1999. Índice de área foliar, acumulación de materia seca y rendimiento de grano de maíz bajo tres condiciones de agua en el suelo. Trabajo de diploma. Coahuila, México. 53 p.

Victoria, L. F. Y Rojas, T. 1988. Efecto de la lámina de riego sobre la calidad de la semilla de soya. ICA, Palmira Bogotá, Colombia. 42p.

Villanueva, R. T., M. Brewer, M. O. Way, S. Biles, D. Sekula, E. Bynum, J. Swart, C. Crumley, A. Knutson, P. Porter, R. Parker, G. Odvody, C. Allen, D. Ragsdale, W. Rooney, G. Peterson, D. Kerns, T. Royer, and S. Armstrong. 2014. Sugarcane aphid: a new pest of sorghum. Texas A&M Agrilife Extension. Ento-035. Weslaco, Texas, U.S.A. 3 p.

Villeda, D. (2014). Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*sorghum bicolor* L Moench) con bajo contenido de lignina. (Tesis de maestría) universidad del salvador, el Salvador.

Wall, J. S. And W M. Ross. 1975. Producción y usos del sorgo. 1a Edición.

Williams, A. H.; R. Rodríguez H. y N. Montes G. 1989. Mejoramiento genético de Sorgo, selección de híbridos o variedades para condiciones de riego. INIA Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas pp 1-6.

Zapata, M. y Orozco, H. Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común. Tesis de Ing. Agron. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.1991, 72 p.

Zapata, S. D., Villanueva, R., Sekula, D., Esparza-Díaz, G., Duke, K., and Md. Mutaleb, 2016. The economic impact of the sugarcane aphid on sorghum production. Southern Agricultural Economics Association 2016 Annual Meeting, San Antonio, Texas, February. 21 p.

Zavala G., 1984. Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo en México. Centro de investigaciones agropecuarias. Facultad de Agronomía U.A.N.L. (Universidad Autónoma de Nuevo León) Marín, N.L. pp 4-5.

I. ANEXOS

1.1. Anexo 1. Croquis de campo del experimento.

Cuadro 9. Croquis de campo del ensayo de líneas experimentales de sorgo, ciclo primavera - verano 2018. Campo experimental bajo UAAAN. Diseño de bloques completos al azar. Fecha de siembra: 19 de mayo, 2018.

40	18	18	18	18	18	18	18	18	18
40	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	LES 103-1	LES 232	LES 185	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO	SORUYO
40	LES 223	LES 274-1	LES 296	LES 90538	LES 7	LES 7	LES 194	LES 278	LES 10475
40	LES 5	LES 188	LES 184	LES 1823*154	LES 284	LES 284	LES 398*151	LES 283	LES 197
40	P82G63	LES 280	LES 90520	LES 291	LES 278	LES 278	LES 185	LES 103-1	LES 232
40	LES 188	LES 203-3	LES 90538	LES 5	LES 194	LES 194	LES 280	LES 10475	LES 231
40	LES 284	LES 296	LES 398*151	LES 184	LES 283	LES 283	P82G63	LES 291	LES 1823*154
40	LES 274-1	LES 10475	LES 90538	LES 90520	LES 398*154	LES 1823**154	P82G63	LES 223	LES 197
40	LES 232	LES 188	LES 185	LES 7	LES 223	LES 283	LES 280	LES 278	LES 104-1
40	LES 291	LES 184	LES 284	LES 5	LES 197	LES 194	LES 231	LES 203-3	LES 296
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10

1.2. **Anexo 2. Producción de sorgo grano en México, 2009- 2018**
(Millones de Toneladas)

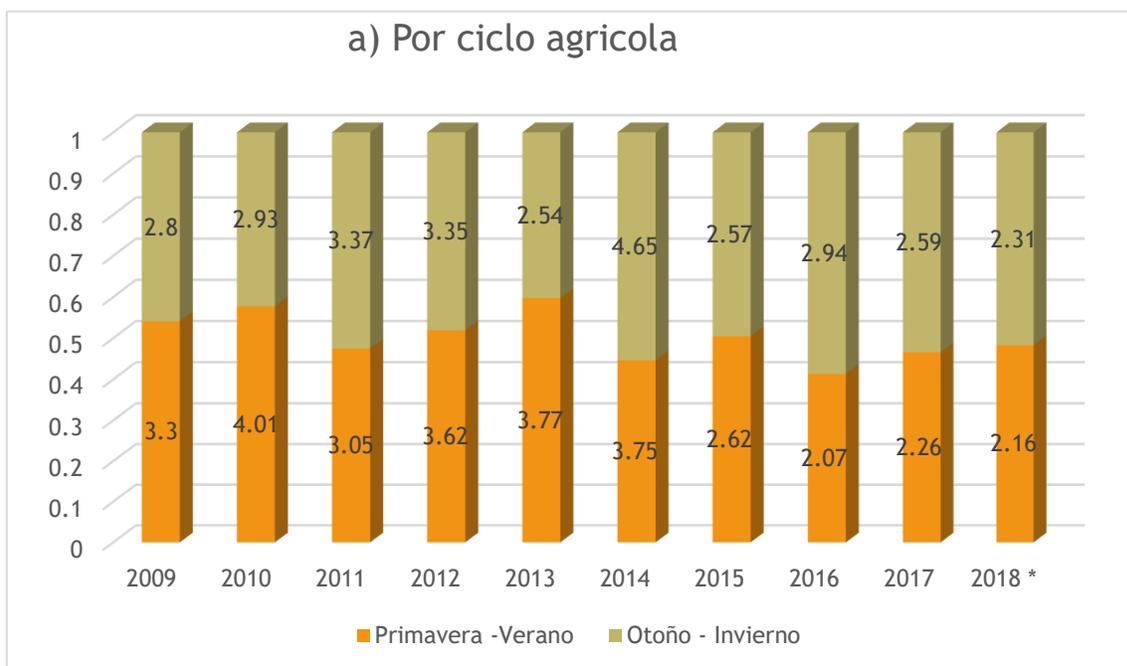


Figura 17 . Producción de sorgo grano en México, 2009- 2018 (Millones de Toneladas)

- 1.3. **Anexo 3.** Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el sitio experimental Bajío, UAAAN a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.



Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el campo experimental Bajío, UAAAN a los 30 días después de la siembra.



Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el campo experimental Bajío, UAAAN a 60 días después de la siembra.



Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el campo experimental Bajío, UAAAN a 90 días después de la siembra.



Experimento de campo ciclo primavera-verano 2018 en el campo experimental Bajío, UAAAN, previo a la cosecha.