

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación del Comportamiento Productivo en Germoplasma de Sorgo
(*Sorghum bicolor* L.) en la Región Sureste de Coahuila

Por:

FRANCISCO JAVIER NÁJERA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Comportamiento Productivo en Germoplasma de Sorgo
(*Sorghum bicolor* L.) en la Región Sureste de Coahuila

Por:

FRANCISCO JAVIER NÁJERA HERNÁNDEZ

TESIS

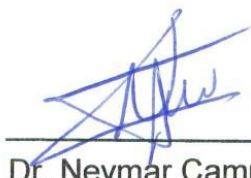
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Febrero, 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Francisco Javier Nájera Hernández

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** quien me abrió las puertas para realizar mi sueño y me cobijo durante esta etapa de mi vida, que día con día fue siendo parte de mí, hasta sentirme identificado con ella, que a su paso me dejó grandes amistades, así como también me dio la oportunidad de conocer a los profesores quienes fueron parte de mi formación académica compartiendo su amplio conocimiento y experiencia.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda** por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, por toda la confianza brindada y el apoyo recibido, durante el proyecto, quien estuvo en todo momento, a quien admiro y respeto por su compromiso, dedicación y profesionalismo, en quien veo un ejemplo a seguir.

A mis asesores **Dr. Neymar Camposeco Montejo, Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** y **Dr. Josué Israel García López** les agradezco por su participación en el comité de asesoría, así como su tiempo, aportaciones y sugerencias realizadas en el presente trabajo de investigación de Tesis.

A la **Dra. Diana Jasso Cantú, M.C Martha Gómez Martínez** y al **Ing. Raúl Gándara Huitrón** de quienes aprendí muchísimo en los cursos impartidos, siempre me apoyaron y me motivaron a ser mejor día con día, además de brindarme su linda amistad.

A mis amigos, a esas personas con quienes compartimos momentos muy lindos y aprendí muchas cosas de ellos, por brindarme su apoyo tanto en mi vida personal como en lo académico, en especial a **Armando Hernández, Genaro Pérez, Ximena Ramírez, Fernanda Vilchis, Roberto Espinosa**, a mis primos **Raúl** y **Rodrigo**, gracias. Así como, también a todos compañeros de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Producción con quienes compartimos clase.

A **M.C Felicito Díaz Vázquez** quien fue participe de este proyecto y estuvo desde un inicio hasta el final, de quien aprendí muchas cosas, así como también de **M.C Isaí López Calderón** y **Juan Daniel Rodríguez Baisabal** que siempre nos ayudaron en campo, de quienes también me llevo una bonita amistad.

A **Lorenzo Villa Sandoval**, un buen ser humano con quien logramos tener una buena relación en donde siempre existió el respeto y de quien me llevo una bonita amistad. Demostró, siempre estar a disposición para trabajar y apoyar en este proyecto, siempre sumando y dando lo mejor de él.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado la vida y ser mi guía en este caminar, por todas las bendiciones que me ha dado y permitirme haber llegado hasta aquí.

A mis padres

Oscar Nájera Solórzano y Manuela de Jesús Hernández Álvarez, mi mayor ejemplo a seguir, quienes me han aconsejado e inculcado el ser una persona de bien y apoyado durante esta etapa de mi vida, han sacrificado tiempo y esfuerzo para que todo esto fuera posible, no me cansare de agradecerles por todo el cariño recibido, los quiero muchísimo.

A mis hermanos

Gabriela y Antonio Abisay los mejores hermanos que Dios me ha regalado, quienes son mi motivación y por eso quiero ser un ejemplo para ellos, los quiero mucho.

A mis abuelos

José Nájera Guillen[†], Mercedes Solórzano Méndez[†] por todo el cariño que me brindaron. A **Félix Hernández Gómez e Inés Álvarez Gómez** por todo el cariño que me brindan.

A mis tíos

Manuel y Humberto Nájera Solórzano quienes al inicio de este sueño aportaron su granito de arena con todo el cariño del mundo, más que una ayuda fue una inspiración para mí y me motivo a lograr a cumplir mi meta es este caminar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.2. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen del cultivo de sorgo.....	4
2.2. Taxonomía del sorgo.....	5
2.3. Producción mundial de sorgo	6
2.4 Producción de sorgo a nivel nacional	9
2.5 Descripción del cultivo.....	9
2.6 Aspectos botánicos	10
2.7 Tipos de sorgo.....	12
2.8 Etapas de crecimiento y desarrollo del sorgo	13
2.9 Importancia del cultivo de sorgo	17
2.10 Principales plagas y enfermedades.....	18
2.11 Mejoramiento genético para grano	22
2.12 Calidad de semilla	23
2.13 Valor nutricional del sorgo	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Localización del sitio experimental	25

3.2 Germoplasma utilizado.....	25
3.3 Tratamientos	25
3.4 Manejo agronómico.....	26
3.5 Siembra y densidad.....	26
3.6 Fertilización	26
3.7 Control de malezas.....	26
3.8 Control de plagas y enfermedades.....	27
3.9. Cosecha	27
3.10. Secado de la semilla de sorgo	28
3.11. Trilla de la semilla.....	28
3.12. Diseño experimental y análisis estadístico	28
3.13. Variables evaluadas	29
3.13.1 Días a floración (DF)	29
3.13.2 Altura de planta (AP)	29
3.13.3 Longitud de exersión (LE)	29
3.13.4 Longitud de panícula (LP)	29
3.13.5 Longitud de hoja (LH).....	30
3.13.6 Ancho de hoja (AH)	30
3.13.7 Diámetro de tallo (DT)	30
3.13.8 Incidencias de daño por aves en la panícula (IDA)	30
3.13.9 Incidencia de enfermedades foliares (IEF)	30
3.13.10 Grados Brix (GB).....	30
3.13.11 Rendimiento de grano en gramos por planta (Rto/g.P)	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Días a floración	38
4.2 Altura de planta	40
4.3 Longitud de exersión	42
4.4 Longitud de panícula	44

4.5 Longitud de hoja.....	46
4.6 Ancho de hoja	48
4.7 Diámetro de tallo	50
4.8 Incidencia de daño por aves.....	52
4.9 Incidencia de enfermedades foliares	54
4.10 Grados brix.....	56
4.11 Rendimiento de grano en gramos por planta	58
V. CONCLUSIÓN.....	60
VI. LITERATURA CITADA	61
VII. ANEXOS	68
7.1. Croquis de campo del experimento de evaluación del comportamiento productivo en germoplasma de sorgo en la región sureste de Coahuila en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019.....	68
7.2. Establecimiento de las parcelas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	69
7.3. Fertilización granulada a base de la fórmula 18-46-00 y aplicación foliar de ácidos húmicos y fúlvicos en el lote experimental del cultivo de sorgo.	69
7.4. Toma de datos para las variables, longitud de panicula, altura de planta y grados brix en Lineas Experimentales de Sorgo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	70
7.5. Cosecha de las parcelas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019 en Buenavista, Saltillo, Coahuila.	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.....	5
Cuadro 2. Valor nutricional del sorgo por 100 g (3.5 oz.)	24
Cuadro 3. Genotipos de sorgo utilizados en el trabajo de investigación.	25
Cuadro 4. Análisis de varianza de variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental. Buenavista Saltillo, Coahuila.....	31
Cuadro 5. Promedio de las variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera- Verano, 2019 en el Campo Experimental. Buenavista, Saltillo, Coahuila.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países exportadores de sorgo para grano en 2016.	4
Figura 2. Producción mundial de sorgo. 2008/2009-2018/2019.	6
Figura 3. Principales países productores de sorgo en el año 2019.	7
Figura 4. Superficie y producción de sorgo. 2008/2009-2018/2019.	8
Figura 5. Diferentes formas de panícula.	11
Figura 6. Etapas fenológicas del cultivo de sorgo.	16
Figura 7. Ataque de gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) a la planta de sorgo.	19
Figura 8. Presencia de pulgón amarillo (<i>Melanaphis sacchari</i>).	20
Figura 9. Comparación de medias para la variable días a floración en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	39
Figura 10. Comparación de medias para la variable altura de planta en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	41
Figura 11. Comparación de medias para la variable longitud de ejerción de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	43
Figura 12. Comparación de medias para la variable longitud de panícula de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental Buenavista, Saltillo, Coahuila.	45
Figura 13. Comparación de medias para la variable longitud de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	47
Figura 14. Comparación de medias para la variable ancho de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	49
Figura 15. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	51
Figura 16. Comparación de medias para la variable incidencia de daño por aves en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.	53

Figura 17. Comparación de medias para la variable incidencia de enfermedades foliares de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. 55

Figura 18. Comparación de medias para la variable grados brix de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila..... 57

Figura 19. Comparación de medias para la variable rendimiento de grano en gramos por planta de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. 59

RESUMEN

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es una planta originaria de la india, que es clave para la elaboración de alimentos balanceados de consumo pecuario y en la actualidad, se utiliza para la elaboración de alimentos destinados para consumo humano. Este cultivo se adapta a climas cálidos, áridos, semiáridos y es capaz de tolerar sequías durante un tiempo prolongado, por lo tanto, es una planta que reúne características para afrontar, eventos adversos por efectos del cambio climático a nivel mundial, principalmente por condiciones de sequía.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el potencial productivo y rendimiento de grano de las Líneas Experimentales de Sorgo correspondiente al Programa de Mejoramiento de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), bajo condiciones de riego durante el ciclo agrícola Primavera-Verano en el Campo Experimental “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Se evaluaron 11 variables agronómicas: días a floración, altura de planta, longitud de exersión, longitud de panícula, longitud de hoja, ancho de hoja, diámetro de tallo, incidencia de daños por aves en la panícula, incidencia de enfermedades foliares, grados brix y rendimiento de grano.

Se evaluaron 33 genotipos y un híbrido comercial utilizado como testigo, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones para un total de 102 parcelas experimentales. El análisis estadístico de los datos se realizó en un análisis de varianza con el paquete SAS institute y con una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados, la Línea Experimental de Sorgo LES-495, fue el genotipo más sobresaliente de los 34 evaluados, ya que presentó un buen comportamiento agronómico para las variables longitud de hoja, ancho de hoja, altura de planta, longitud de panícula, incidencia de daño por aves, incidencia de enfermedades foliares y un mayor rendimiento de grano en gramos por planta.

Así mismo, las líneas LES-498 y LES-541, se mantuvieron con promedios mayores de 100 gramos en rendimiento de grano, expresado en gramos por planta, por lo tanto, se pueden recomendar estos genotipos, para su siembra en próximos ciclos agrícolas en la región sureste de Coahuila, con la finalidad de seguir el proceso de selección de estas líneas experimentales de sorgo.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, genotipos, rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo es uno de los tres granos básicos de importancia en México, después del maíz; se cultiva en casi la totalidad del país, excepto en Tlaxcala y Distrito Federal, con predominancia del ciclo primavera-verano (PV), en su modalidad de temporal, sobre el otoño-invierno (OI). En el año 2020 la producción nacional fue de 4,309,407 toneladas, bajo la modalidad riego más temporal, en donde Tamaulipas fue el principal productor con 1,850,024 t, seguido de Guanajuato con 773,268 t, Sinaloa con 336,383 y Michoacán con 310,157 t (SIAP, 2021).

El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz por su resistencia a enfermedades, además de la poca demanda de agua que requiere, convirtiéndolo en una alternativa, ante el cambio climático (CENTA, 2018).

Este cultivo es clave para la elaboración de alimentos balanceados de consumo pecuario. En 2016, México fue el cuarto productor de sorgo a nivel mundial, dos escaños por debajo del 2015. No obstante, el periodo 2003-2016 se observó una reducción acumulada de su superficie sembrada de 26.98%, y de su producción, equivalente a 25,93%, por lo que, durante el 2016, con una producción aproximada de cinco millones de toneladas, se cubrió un aproximado de 60% de los requerimientos nacionales, por lo que se importaron 645,946 toneladas procedentes de Estados Unidos (Planeación Agrícola Nacional 2017-2030).

En la actualidad, es uno de los cultivos más antiguos y uno de los cereales de mayor importancia en el mundo (Serna-Saldívar, 2010). Es muy eficiente en ambientes cálidos y con intensidad luminosa alta, como los prevalecientes en regiones semiáridas (Rooney y Serna-Saldívar, 2000).

La necesidad mundial de aumentar de manera sostenible la producción de cereales como una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria y cubrir las necesidades crecientes de los pueblos, ha propiciado que los productores busquen mayores rendimientos en las áreas improductivas utilizando especies que se adapten a esas condiciones.

El déficit de granos previsto a partir del 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, lo cual equivale a 220 kg/ha per cápita, por lo que se hace necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos (Pérez *et al.*, 2010).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar variables agronómicas, para determinar el potencial productivo y rendimiento de grano en genotipos de sorgo en la región sureste del estado de Coahuila.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el comportamiento agronómico de 33 genotipos experimentales y un híbrido comercial de sorgo en la región Sureste de Coahuila.

Caracterizar genotipos de sorgo mediante cuantificación de variables agronómicas y rendimiento.

1.2. HIPÓTESIS

Hi: La evaluación del comportamiento agronómico y el potencial productivo de los genotipos experimentales de sorgo, determinará su capacidad de adaptación a la región sureste de Coahuila.

Ho: La evaluación del comportamiento agronómico y el potencial productivo de los genotipos experimentales de sorgo, no es un factor determinante para estimar el potencial productivo de los genotipos de sorgo en la región sureste de Coahuila.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo de sorgo

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es un cultivo importante en la alimentación humana y animal, se cultiva en áreas marginales de precipitación y en regiones tropicales y semiáridas del mundo. Una característica importante del sorgo es su gran variedad de mecanismos para tolerar el calor y la sequía. El origen del cultivo se remonta en África, particularmente en Etiopía, Sudan y la región este de África (Doggett, 1965). Las semillas de sorgo fueron encontradas en excavaciones arqueológicas que datan de hace 6,000 años (Kimber, 2000).

De Wet y Harlan (1978) tienen una excelente discusión sobre el origen y domesticación del sorgo. En resumen, en general se acepta que se originó y fue domesticado en la región subsahariana de África y se extendió a India y China.

El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (Pacheco, 1998). Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtropicos (Hidalgo, 1997; Doggett, 1998).

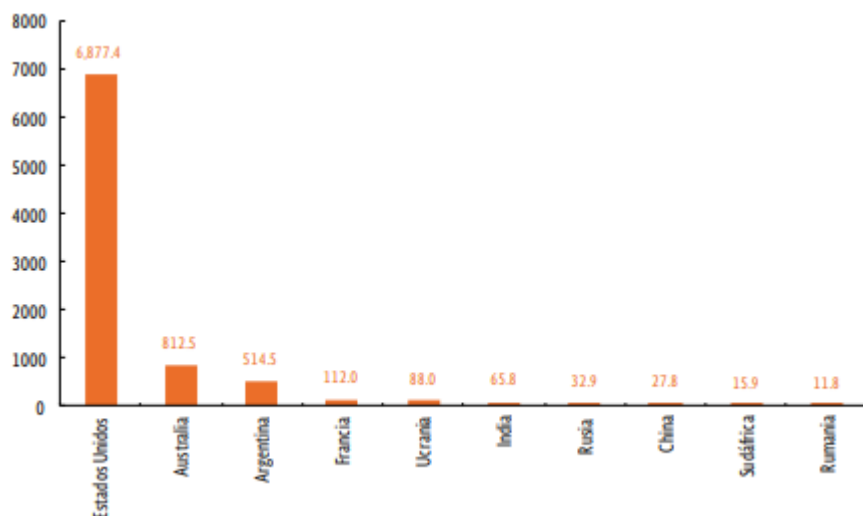


Figura 1. Principales países exportadores de sorgo para grano en 2016.

Fuente: Planeación Agrícola Nacional 2017-2030

2.2. Taxonomía del sorgo

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.

Familia	Poaceae
Tribu	<i>Andropogoneae</i>
Subtribu	<i>Sorghinae</i>
Genero	<i>Sorghum Moench</i>
Subgénero	<i>Chaetosorghum</i> Heterosorghum Parasorghum Stiposorghum
Especie del subgénero	<i>Sorghum</i> Sorghumpropinquim Sorghum halepense Sorghum bicolor
Subespecies de sp. S. bicolor	<i>Sorghum bicolor bicolor</i> Sorghum bicolor Drummondii <i>Sorghum bicolor</i> Verticilliflorum
Razas de subsp. S. bicolor	<i>Bicolor Guinea</i>
Bicolor	Durra Kafir Caudatum

Fuente: Kimber, 2000.

2.3. Producción mundial de sorgo

Con base en información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), en el ciclo comercial 2017/2018 la producción mundial de sorgo se ubicó en 57.7 millones de toneladas (mdt), lo que representa un decremento de 9.0 % a tasa anual. Durante el último lustro, la producción mundial del grano decreció a una tasa promedio anual de 2.0 % (FIRA, 2019).

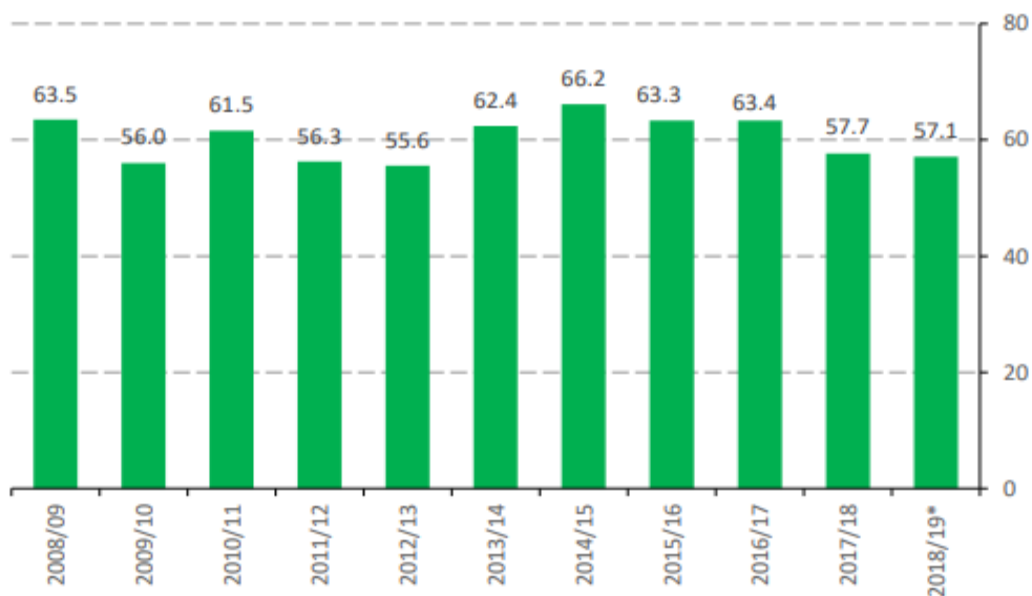


Figura 2. Producción mundial de sorgo. 2008/2009-2018/2019.

Fuente: FIRA, 2019.

El decremento de la producción durante el ciclo comercial 2017/2018 se derivó de una disminución de 9.4 %, a tasa anual, en la superficie cosechada, a pesar del incremento de 0.7 % anual en los rendimientos promedio. Se prevé que para el ciclo comercial 2018/2019 la producción mantenga su tendencia baja, con un decrecimiento anual de 1.0 %, para ubicarse en 57.1 mdt. Lo anterior, como resultado de condiciones climáticas poco favorables en algunas de las principales regiones productoras, que ocasionarían una disminución de 3.5 % anual en los

rendimientos, aun cuando se espera que la superficie cosechada se incremente 2.7 % (FIRA, 2019).

En el ciclo 2017/2018, los cinco principales países productores concentraron 50.3 % de la producción mundial: Estados Unidos (15.9 %), Nigeria (10.9 %), India (8.6 %), México (7.9 %) y Etiopía (7.0 %). De este grupo de productores, la producción creció en India (8.3 % a tasa anual), mientras se redujo en Estados Unidos, Nigeria, México y Etiopía, a tasas anuales de 24.6, 9.2, 2.0 y 14.8 %, respectivamente. El crecimiento en la producción en India, fue favorecido por el incremento de 32.1 % en el rendimiento promedio, ya que la superficie cosechada en ese país se redujo 17.6 % en 2017/2018. También destaca el crecimiento de la producción en China (7.2 %) y Brasil (14.5 %) y los decrementos en Sudán (42.1 %) y Argentina (11.8 %); (FIRA, 2019).

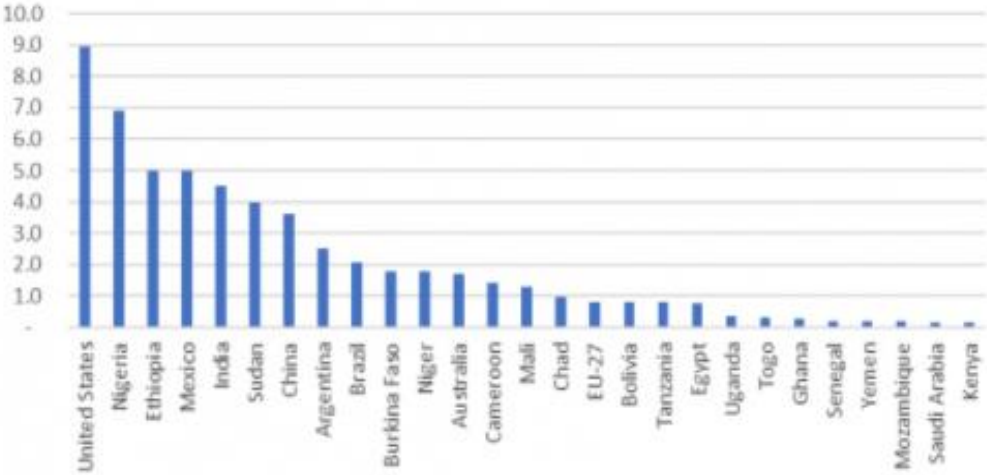


Figura 3. Principales países productores de sorgo en el año 2019.
(Millones de toneladas métricas)

Fuente: NUSEED, 2019.

En el período de 2017/2018, los 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 por hectárea. En el pronóstico para el ciclo 2018/2019, destaca la disminución en la producción y rendimiento en India, con tasas de 24.2 y 30.1 por ciento, respectivamente. El efecto de la considerable disminución en el rendimiento es amortiguado, en parte, por el incremento de 7.7 por ciento en la superficie cosechada (FIRA, 2019).

a) Estados Unidos

b) México

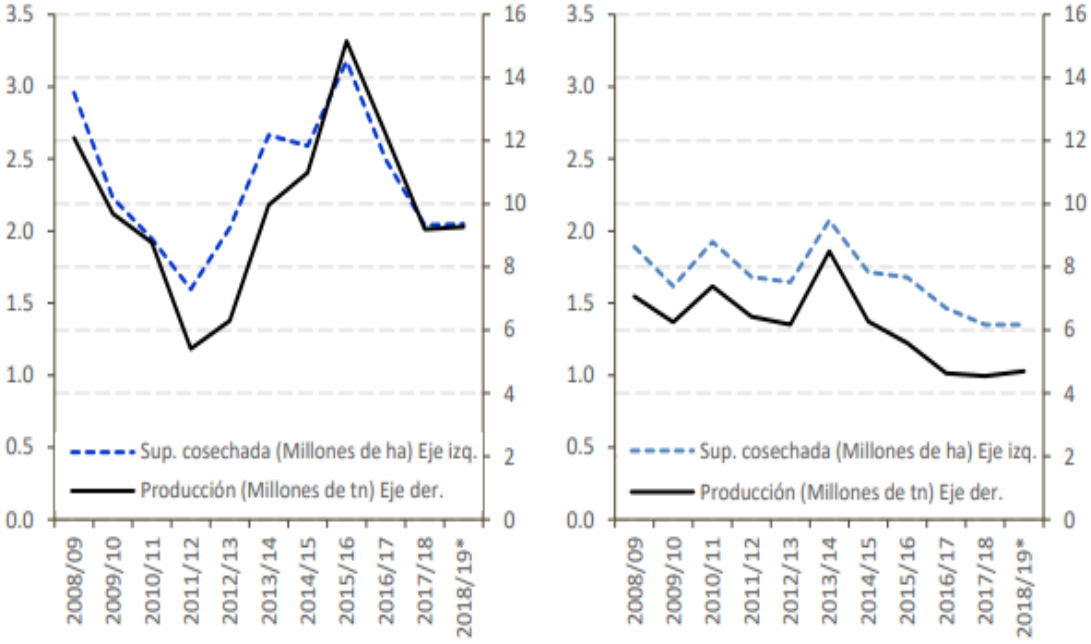


Figura 4. Superficie y producción de sorgo. 2008/2009-2018/2019.

Fuente: USDA, 2019.

2.4 Producción de sorgo a nivel nacional

México se encuentra entre los cinco principales productores de sorgo a nivel mundial, ocupa el tercer lugar a con un 7.9% (FIRA, 2019).

La superficie de sorgo para grano, sembrada en México durante el año 2020 fue de 1, 475,162 ha en la modalidad riego más temporal con una producción total de 4, 309,407 de toneladas con un rendimiento promedio de 3.271 toneladas por hectárea (SIAP, 2022).

2.5 Descripción del cultivo

El sorgo es una planta C4 diploide autopolinizado ($2n = 2x = 20$) con una alta eficiencia fotosintética. Su pequeño tamaño de genoma (730 Mbp, aproximadamente un 25% del tamaño del maíz o la caña de azúcar está completamente secuenciado y hace del sorgo un modelo atractivo para la genómica funcional de las gramíneas C4.

El sorgo es una hierba anual similar en apariencia al maíz en su etapa vegetativa, aunque tiene más tallos (macollos) y raíces más finamente ramificadas. El sorgo bicolor tiende a ser una planta alta (1.5-2.1 metros), aunque las variedades más recientes, contienen 2-3 genes enanos, lo que resulta en plantas que son más fáciles de cosechar porque miden de 0.6 a 1.2 metros de altura.

Las espiguillas en la panícula de sorgo se encuentran distribuidas en pares y tienen granos blancos, amarillos y marrones. Las semillas más marrones son más altas en el contenido de taninos.

El cultivo cuenta con una amplia gama de diversidad genética que se expresa de diversas formas, desde una variedad de formas, tamaños y colores de panículas, hasta diversos grados de utilidad como cultivo de doble propósito, para la alimentación humana y animal (ICRISAT, 2020).

2.6 Aspectos botánicos

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, en maíz, las raíces de soporte pueden crecer de brotes radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (CENTA, 2018).

Tallo

El sorgo es una planta de un solo tallo, pero puede desarrollar otros brotes (hijos) dependiendo de la variedad y el ambiente; está formado de una serie de nudos y entrenudos, su longitud varía de 0.5 a 4 metros, su diámetro de 0.5 a 5 cm cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior; su consistencia es sólida con una corteza o tejido exterior duro y una médula suave. Los tallos tienen de 7 a 24 nudos y son erectos (CENTA, 2018).

Hojas

El número de hojas varía de 7 a 24, según la variedad y el período de longitud de crecimiento, son erectas, hasta casi horizontales y se encorvan con la edad. La longitud de una hoja madura oscila entre 30 a 135 cm y su ancho entre 5 a 15 cm; son alternas y lanceoladas o linear-lanceoladas, con una superficie lisa y cerosa (CENTA, 2018).

Inflorescencia

Es una panícula de racimo 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 exersión es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia de plagas y enfermedades. La panícula es corta o larga, suelta y abierta, y compacta o semi-compacta. Puede tener de 10 a 35 cm de largo, 5 a 20 cm de ancho y tiene entre 400 a 1000 granos, según el tipo de panícula y variedad (CENTA, 2018).



Figura 5. Diferentes formas de panícula.

Fuente: CENTA, 2018.

2.7 Tipos de sorgo

Sorgo de grano

El sorgo en grano puede tomar muchas formas y tamaños, desde una panícula redonda y de inflorescencia estrecha hasta una panícula abierta y caída que puede ser baja o alta. Hay varios tipos de sorgo, incluido el sorgo de color rojo, naranja, blanco y negro. El sorgo rojo, naranja o bronce se cultiva tradicionalmente y se utiliza en todos los segmentos de la industria del sorgo. Las variedades de sorgo de color crema y blanco se suelen convertir en harina para la industria alimentaria, mientras que las variedades de testa pigmentada contienen propiedades antioxidantes beneficiosas y se utilizan en otras aplicaciones alimentarias.

Sorgo forrajero

Dependiendo de la especie y variedad que se seleccione, el sorgo se puede utilizar para pastoreo, producción de heno, ensilaje y picado. El sorgo forrajero generalmente crece de 2.4 a 4.5 metros de altura y es más popular para su uso como ensilaje para alimentar al ganado.

Sorgo de biomasa

El sorgo de biomasa tiene la mayor estatura de todas las variedades de sorgo, alcanzando una altura de 6 metros en una temporada de crecimiento normal. El sorgo de biomasa se ha cultivado para producir una gran cantidad de biomasa no cerealista. Estos híbridos se utilizan principalmente para la producción de biocombustibles.

Sorgo dulce

A diferencia del sorgo de grano, el sorgo dulce se cosecha por los tallos en lugar del grano y se tritura como la caña de azúcar o la remolacha, para producir un jarabe. El sorgo dulce, fue una vez el edulcorante de mesa predominante en los EE. UU. Hoy en día, el sorgo dulce se utiliza como un edulcorante alternativo

saludable, para producir productos de tipo whisky y ron, así como para la producción de biocombustibles y productos químicos. (United Sorghum Checkoff, 2022).

2.8 Etapas de crecimiento y desarrollo del sorgo

Etapa 0. Emergencia

La emergencia puede ocurrir entre tres y diez días después de la siembra, según la temperatura del suelo, la humedad, la profundidad de siembra (2.5 cm) y el vigor de la semilla. Las condiciones del suelo fresco y húmedo, pueden retrasar la emergencia y someter a las semillas y plántulas a enfermedades transmitidas por el suelo. El crecimiento temprano depende de las reservas de nutrientes de la semilla y de las condiciones ambientales favorables.

Etapa 1. Tres hojas

El cuello de la tercera hoja es visible, generalmente de 10 a 15 días después de la emergencia, y el punto de crecimiento permanece bajo tierra. La velocidad de crecimiento durante esta etapa de desarrollo, depende de condiciones ambientales favorables y buen control de malezas. Las malas hierbas en crecimiento, pueden competir por la humedad y nutrientes. Las plántulas miden entre 7 a 10 cm de alto.

Etapa 2. Cinco hojas

El cuello de la quinta hoja es visible, por lo general en 20 a 25 días, y el punto de crecimiento se encuentra debajo de la superficie del suelo. La planta está entrando en un período de crecimiento acelerado. El sistema de raíces se desarrolla rápidamente y la primera hoja (coleóptilo) puede caerse del tallo inferior. El manejo adecuado de malezas, el control de plagas, la humedad y la disponibilidad de nutrientes, pueden ayudar a alcanzar el potencial de rendimiento. Los productores deben aplicar la mayoría de los herbicidas post-emergentes en esta etapa o antes. Las aplicaciones laterales de fertilizante se realizan mejor en

esta etapa o dentro de los siguientes 10 a 15 días. Las plantas miden entre 17.7 a 22.8 cm de altura.

Etapa 3. Diferenciación del punto de crecimiento

La etapa de diferenciación del punto de crecimiento es cuando la planta cambia del crecimiento vegetativo a crecimiento reproductivo. Esta etapa generalmente ocurre de 30 a 40 días después de la emergencia. El desarrollo de hojas nuevas dentro del verticilo cesa; sin embargo, la planta sigue creciendo. La disponibilidad y la absorción de nutrientes y agua son críticas en esta etapa, debido al desarrollo de la inflorescencia. El estrés durante etapa de diferenciación del punto de crecimiento, puede afectar el número potencial de semillas en la floración.

Etapa 4. Hoja bandera

En esta etapa, la hoja bandera, es más corta que las hojas anteriores y la última hoja que emerge antes de la emisión de la inflorescencia, se puede ver en el verticilo. La inflorescencia continúa desarrollándose y se forma alrededor del 80% del área total de la hoja. Los requerimientos de absorción de agua y nutrientes continúan. Por lo general, la planta progresa desde que la punta de la hoja bandera es visible.

Etapa 5. Embuche

Las hojas se expanden por completo y maximizan la interceptación de la luz en la etapa de embuche, previo al inicio de la floración. La inflorescencia es de tamaño casi completo y se puede encontrar encerrada en la hoja bandera. El estrés por humedad o el daño por herbicidas, pueden causar un esfuerzo incompleto de la inflorescencia. Cualquier parte de la inflorescencia que no ejerza la vaina de la hoja bandera, puede impedir la polinización. Con la mayoría de los productos de sorgo en grano, la etapa de embuche ocurre aproximadamente entre 50 y 60 días después de la emergencia.

Etapa 6. Floración

Una planta de sorgo se encuentra en la etapa de floración, cuando el pedúnculo de rápido crecimiento empuja la inflorescencia a través de la vaina de la hoja bandera. La floración es la etapa más crítica en la vida de la planta de sorgo. Una planta comienza a florecer, desde la parte superior de la panícula y progresa hacia abajo. Un cultivo está a medio florecer cuando más de la mitad de las plantas en el campo están en alguna etapa de floración. Por lo general, toma de cuatro a nueve días para que una sola panícula complete el proceso de floración. El grano comienza a llenarse, lo que hace que el cultivo sea vulnerable a las pérdidas de semilla que son comunes durante el clima cálido y seco. Los productos a menudo se clasifican según su madurez, en gran medida en función del tiempo que tarda la planta en alcanzar la etapa de floración intermedia.

Etapa 7. Estado masoso-lechoso

El grano continúa llenándose durante la etapa de llenado de grano. En esta etapa, el almidón se acumula rápidamente en el grano, y alcanza un 50 % del peso final del grano su contenido de humedad de toda la planta es de aproximadamente un 65 a 68 %, respectivamente. Las hojas más viejas, seguirán muriendo, especialmente bajo condiciones de estrés por sequía.

Etapa 8. Masa dura

Alrededor del 75% del peso seco final del grano, ha sido acumulado por la etapa de masa dura. La absorción de nutrientes se considera completa. La cubierta de la semilla ya no es verde y ha cambiado a su color final, que puede ser blanco, crema, rojo, negro. El estrés por humedad, posterior a la floración puede promover el acame, el cual a menudo está asociado con la pudrición del tallo por carbón vegetal y Fusarium.

Etapa 9. Madurez fisiológica

Las plantas de sorgo han alcanzado la madurez fisiológica, cuando la capa negra forma una mancha oscura visible en el grano en la base de la semilla. El contenido de humedad del grano, generalmente varía entre el 25 y el 40 %, según la selección del producto de sorgo y las condiciones de cultivo. El tiempo total desde la floración, hasta la madurez fisiológica final es de aproximadamente 40 a 45 días.

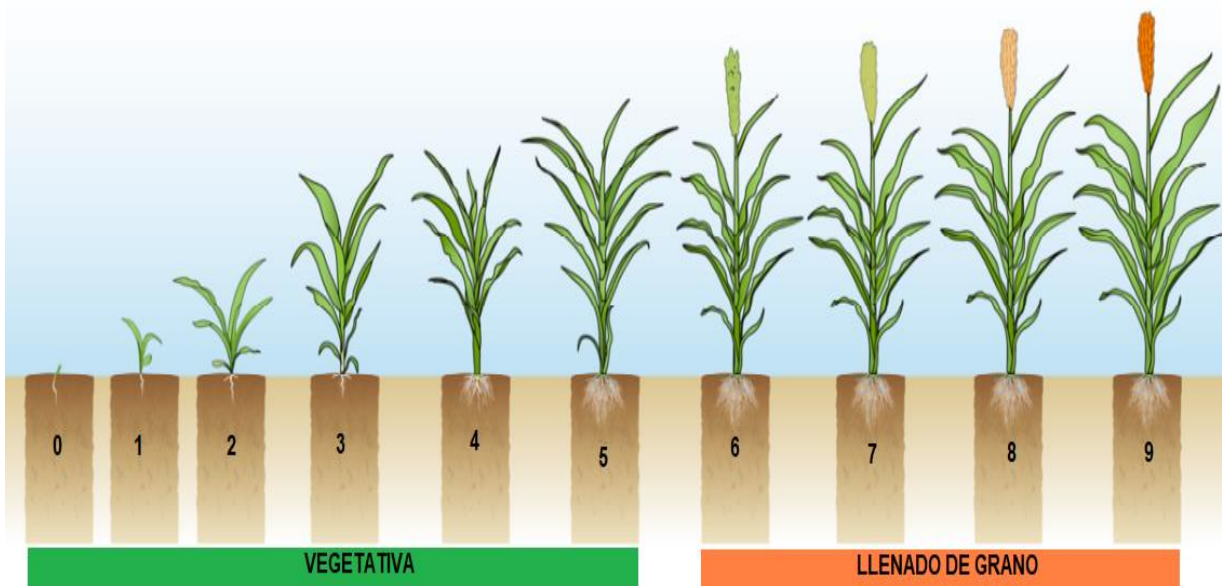


Figura 6. Etapas fenológicas del cultivo de sorgo.

Fuente: Dekal, Asgrow y Deltapine, 2021.

2.9 Importancia del cultivo de sorgo

El sorgo ocupa el quinto lugar en la lista de cereales importantes a nivel mundial y desempeña un papel único en la seguridad alimentaria y fuente renovable (Belton *et al.*, 2004). Además, es el principal alimento básico para la alimentación animal, debido a una excelente adaptación a la sequía. El sorgo se ha convertido en un cultivo de elección para suelos no mejorados donde el crecimiento de otros cereales como el maíz, no puede ser posible (ICRISAT, 1996). El sorgo es la segunda fuente más económica de energía y micronutrientes y una enorme masa de la población de África y el centro de la India, dependen del sorgo para sus necesidades de energía alimentaria y micronutrientes (Rao, 2006). Por lo tanto, la biofortificación del sorgo con micronutrientes mejorados (especialmente hierro y zinc) es también uno de los intereses generalizados de los investigadores (Pfeiffer y McClafferty, 2007).

En la actualidad, más de 500 millones de personas dependen del sorgo como sustento de la dieta y, dada su diversidad de usos, como una importante fuente de ingresos. El grano se utiliza principalmente para la alimentación, elaborado en forma de panes de diferentes tipos. El rastrojo de sorgo es una fuente vital de forraje para el ganado. El sorgo, se utiliza para una amplia gama de fines industriales, incluida la producción de jarabes dulces, como fuente de almidón para la fermentación y para producir biocombustibles. Los tallos duraderos de la planta son utilizados por la población rural pobre como material de construcción y como combustible para cocinar (ICRISAT, 2020).

2.10 Principales plagas y enfermedades

Los problemas más importantes que limitan la producción nacional de sorgo son las plagas y las enfermedades, cuyas pérdidas en rendimiento de grano oscilan entre 10 y 15 % (Narro *et al.*, 1992).

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero es una especie nativa de occidente con amplia distribución geográfica, desde Argentina y Chile, hasta el sur de Estados Unidos.

Esta plaga ataca a una gran variedad de cultivos, pero prefieren las gramíneas, por lo que la mayoría de estudios sobre este insecto se han centrado en maíz, sorgo y zacate bermuda. En regiones tropicales y subtropicales los daños regularmente son superiores a 60% (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993).

La mayor reducción del rendimiento sucede cuando la defoliación se presenta en etapas vegetativas avanzadas y en las etapas reproductivas (Thomison y Nafziger, 2003), contrario a lo señalado por García *et al.*, (2012) quienes mencionan que el gusano cogollero puede estar presente durante la mayor parte del desarrollo del cultivo y que el daño es mayor cuando es menor la edad de la planta. Por su parte, Fasae *et al.*, (2009) mencionan que la edad y la posición de las hojas afectadas son de gran importancia en la pérdida del rendimiento. Las pérdidas de rendimiento dependen de varios factores, como la temporada de siembra y la región, cultivar y prácticas culturales (De Almeida *et al.*, 2002).

En el cultivo de sorgo, el gusano cogollero corta las plántulas en la base y se alimenta de hojas recién formadas, raspa el tallo, daña la panícula antes de su emergencia y consume los granos en desarrollo. Puede actuar como cortador o barrenador (Casmuz *et al.*, 2010).



Figura 7. Ataque de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) a la planta de sorgo.

Pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*)

El pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* es una plaga común de sorgo en África tropical, Asia y del extremo oriente de América. Zhang y Zhong, (1983). Actualmente, esta especie se distribuye en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sonora, Durango, Sinaloa, Jalisco, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, Guanajuato, Morelos, Nayarit, Michoacán, Colima, Veracruz y Oaxaca (Rodríguez y Terán, 2015). Las ninfas y adultos causan daño directo al follaje de las plantas al extraer grandes cantidades de savia de las hojas de donde se alimentan, lo cual ocasiona pérdidas fisiológicas como el marchitamiento y clorosis, provocando un retraso en el crecimiento y por lo tanto la disminución del rendimiento del cultivo. Entre los daños indirectos, los pulgones excretan una sustancia pegajosa sobre la cual se desarrolla la fumagina, la cual afecta el proceso de fotosíntesis en las plantas (SENASICA, 2014).

Afecta en todas las etapas de desarrollo del sorgo ya que causa daños directos al alimentarse de la savia de la planta, ocasionando que el follaje adquiera un color amarillo y posteriormente café, lo que provoca que la planta, retrase su crecimiento y por ende afecte su rendimiento (Bowling *et al.*, 2016). En ataques severos, la pérdida del rendimiento puede ser del 100% si no se implementan medidas de control eficaces (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2015). Además, sus

excretas constituyen un sustrato apropiado para el desarrollo de hongos que se conocen como fumaginas e interfieren con la fotosíntesis (Singh *et al.*, 2004).



Figura 8. Presencia de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*).

Ergot del sorgo (*Claviceps africana*)

El ergot es una enfermedad que ataca al sorgo. Esta enfermedad fue reportada por primera vez en India en 1917 y en Kenia en 1924; hasta 1994 su presencia estuvo restringida a Asia y África. En América, apareció en 1995 en Brasil, diseminándose en una semana en una superficie de 800 000 km²; en 1996 se presentó en Argentina, Bolivia, Colombia, Paraguay, Honduras, República Dominicana, Puerto Rico y Australia (Bandyopadhyay *et al.*, 1996).

Los primeros reportes de la presencia del ergot o cornezuelo, causado por el hongo *Claviceps africana*, en México, en sorgo datan de 1997 (Aguirre *et al.*, 1997; Hernández Martínez *et al.*, 2001). Posteriormente, en febrero de 1997, se presentó en México, en la localidad de San Fernando, Tamaulipas y en la región de la Huasteca de San Luis Potosí y Veracruz (Acosta, 1997). En el área de El Bajío (Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco) se presentó en siembras comerciales durante los meses de agosto y septiembre de 1997 (Torres y Montes, 1999). Tamaulipas y El Bajío cubren 87% de la superficie total (1.4 millones de

hectáreas) cultivadas con sorgo en México, por lo que destaca que en sólo en un periodo de ocho meses el ergot se diseminó en estas regiones productoras.

En el sorgo esta enfermedad puede ser causada por dos especies del hongo *Claviceps*, el de la India y el de África. El estado sexual del patógeno de la India es *Claviceps sorghi*, el de África es *Claviceps africana*; el estado asexual de ambos hongos es *Sphacelia sorghi* (Bandyopadhyay *et al.*, 1996). En América, sólo está presente *C. africana* y su identificación fue confirmada por el Dr. Pete Mantle, del Imperial College en Londres (Ferreira *et al.*, 1996). El contenido de alcaloides y, en menor medida, la morfología de los esclerocios, sirven para diferenciar las dos especies, ya que *Claviceps africana*, no produce alcaloides tóxicos para la salud animal y los esclerocios no son alargados; sin embargo, se requieren más estudios para confirmar esta aseveración (Frederickson *et al.*, 1991).

La infección ocurre durante la floración y el período de mayor susceptibilidad, inicia cuando los estigmas emergen y termina cuando el óvulo es fecundado (Dahlberg *et al.*, 2001). Si, el óvulo ya fue colonizado por el hongo, el polen no germina y no habrá producción de grano. En cambio, se producen gotas de mielecilla, que es el síntoma visual externo característico de la enfermedad.

Roya (*Puccinia sorghi*)

Es una de las principales enfermedades con mayor incidencia y severidad que se presenta en los sorgos, especialmente en los criollos. Los sorgos mejorados son afectados con menor incidencia, ya que se les ha incorporado resistencia a través de los programas de mejoramiento. Esta enfermedad, aparece cuando inicia la maduración del grano, hasta las últimas etapas del cultivo de sorgo, incrementando la severidad del daño en variedades susceptibles, en donde las hojas dañadas con roya, no sirven para la alimentación del ganado (CENTA, 2018).

En general, la enfermedad se manifiesta a partir de floración y las condiciones de elevada humedad, favorecen su aparición y desarrollo epifítico. El patógeno sobrevive de una estación a otra en especies perennes (*Sorghum halepense*) y plantas voluntarias de sorgo. Su ocurrencia, bajo condiciones ambientales favorables, provoca una menor longitud de exersión de la panícula y granos arrugados, con pérdidas del rendimiento de hasta un 65% (Velázquez, 2019).

2.11 Mejoramiento genético para grano

El mejoramiento genético es la aceleración del proceso evolutivo natural de las especies, con el objeto de crear nuevas variedades que tengan ventajas para el cultivo, uso y consumo del hombre y de los animales domésticos. Esta aceleración de la evolución se logra aplicando las leyes de la genética, de la evolución y de la probabilística. Cuando el mejoramiento genético se aplica a plantas, se habla de Fitomejoramiento (Muñoz, 2011).

De manera más puntual se ha establecido que el mejoramiento genético de los cultivos se fundamenta en la aplicación de los conocimientos de genética, fisiología vegetal, bioquímica e ingeniería genética así como los conocimientos de disciplinas como climatología, fitopatología, nutrición vegetal, ingeniería, estadística, entre otras, para desarrollar métodos de mejora mediante los cuales se puede modificar y mejorar el genotipo de las especies vegetales, con la finalidad de crear nuevas variedades de plantas, con un genotipo que ensamble genes que permitan ajustar el crecimiento a la dinámica de los factores ambientales en un ambiente de producción particular, con el fin de dar seguridad en la producción agrícola y también de obtener incrementos en el rendimiento y en la calidad de los productos agrícolas.

En resumen, el mejoramiento genético tiene como objetivo general el diseño y síntesis de nuevas variedades de plantas, para que estas se ajusten en su crecimiento a las variaciones de los factores del ambiente de producción para el que fueron diseñadas (Valdés, 1997).

2.12 Calidad de semilla

Calidad de semillas es un concepto que expresa el grado en que un determinado lote de semillas cumple las normas establecidas respecto a ciertos atributos que determinan la calidad de las semillas.

Atributos para la calidad en las semillas

De acuerdo a la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, los atributos de calidad en una semilla son los siguientes:

Calidad Física: Medida de la pureza física de la semilla, se expresa como el porcentaje del peso que corresponde a la semilla de la especie, con respecto al peso total de la muestra de un determinado lote.

Calidad Fisiológica: Medida de la capacidad de la semilla para producir material de propagación fisiológicamente viable, se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote.

Calidad Fitosanitaria: Medida de la sanidad de la semilla que evalúa y determina la presencia o ausencia de organismos patógenos en el lote de semillas.

Calidad Genética: Medida de la identidad genética de la semilla, se expresa como el porcentaje de semillas viables que se identifican con respecto a los caracteres pertinentes de la variedad vegetal (LFPCCS, 2007).

2.13 Valor nutricional del sorgo

Las tendencias mundiales más recientes también muestran aumentos, tanto en el rendimiento como en la producción de granos, ganancias que reflejan un mayor uso de variedades mejoradas y mejores prácticas de manejo de cultivos (como la microdosificación de fertilizantes).

El grano de sorgo tiene niveles moderadamente altos de hierro (> 40 ppm) y zinc (> 30 ppm) con una variabilidad considerable en las variedades locales (hierro > 70 ppm y zinc > 50 ppm) y puede complementar los esfuerzos en curso en el enriquecimiento de alimentos para reducir la desnutrición de micronutrientes globalmente (ICRISAT, 2020).

Cuadro 2. Valor nutricional del sorgo por 100 g (3.5 oz.)

Energía	1.418 kJ (339 kcal)
Carbohidratos	74,63 g
Fibra dietética	6.3 g
Grasas	3,30 g
Proteína	11.30 g

Fuente: ICRISAT, 2020.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, bajo condiciones de campo abierto en el Campo Experimental “El bajío” en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas siguientes: 25°21′13″ latitud norte, 101°02′01″ longitud oeste con una altura de 1742 msnm (Google Earth, 2020).

3.2 Germoplasma utilizado

Se utilizó como testigo un híbrido comercial y 33 genotipos de sorgo generados en el Programa de Mejoramiento de Sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.3 Tratamientos

Se utilizaron 34 genotipos de sorgo, los cuales se emplearon como tratamientos en esta investigación, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019, los cuales se muestran a continuación en el Cuadro 3.

LES-493	LES-503	LES-516	LES-529
LES-494	LES-504	LES-518	LES-530
LES-495	LES-507	LES-519	LES-532
LES-496	LES-508	LES-521	LES-534
LES-498	LES-509	LES-522	LES-535
LES-499	LES-510	LES-523	LES-539
LES-500	LES-511	LES-526	LES-540
LES-502	LES-513	LES-527	LES-541
	LES-514		Híbrido-Testigo

Cuadro 3. Genotipos de sorgo utilizados en el trabajo de investigación.

3.4 Manejo agronómico

Durante las etapas fenológicas del cultivo, se realizaron actividades de manejo agronómico, para así permitir un óptimo crecimiento y desarrollo del cultivo. Se realizaron diversas actividades para la preparación del terreno.

3.5 Siembra y densidad

La siembra se realizó el día 18 de mayo del 2019 de manera manual y directa con una distancia de 3.8 m por parcela experimental y distancia entre surcos de 0.80 m con una densidad de 12-14 plantas por metro lineal, para una densidad de población aproximada de 150,000 plantas por hectárea.

3.6 Fertilización

Para la nutrición vegetal del cultivo, se aplicó fertilizante foliar de ácidos húmicos y fúlvicos a una dosis de 1 ml/L durante las primeras etapas y 3 ml/L en las etapas de floración y madurez, esto con aspersores de 16 litros. También se aplicó una aplicación de fertilizante granulado en banda a base de la fórmula 18-46-00, así como aplicaciones foliares a base de la fórmula 20-20-20 y bioreguladores a base de citocininas y auxinas.

3.7 Control de malezas

Al siguiente día, después de la siembra se realizó la aplicación de un herbicida pre-emergente a base del ingrediente activo Atrazina, y posteriormente en las siguientes semanas, se realizó un raleo de forma manual, así como también de forma mecanizada se usó la cultivadora, la cual ayudo a eliminar las malezas de hoja ancha y angosta. A su vez, se realizaron monitoreos para eliminar malezas que se presentaban en competencia con el cultivo y todo esto con ayuda de herramientas de labranza tradicional en forma manual.

3.8 Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades, se realizaron monitoreos durante las diversas etapas fenológicas del cultivo, para así poder identificar daños e incidencia en las plantas de sorgo.

Durante la segunda semana después de la emergencia se presentó la primer plaga, que fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) donde se observó la presencia o daño hacia el cogollo y para su control, se aplicó el producto Palgus® de ingrediente activo Spinetoram a un porcentaje de 5.87 % a una dosis de 3 ml/L y se realizaron tres aplicaciones.

En la etapa reproductiva se presentó la plaga del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), y para su control, se aplicó el producto Agrocin 20 C.E® que es un insecticida a base del ingrediente activo Cipermetrina a un porcentaje de 21.50 % + el producto Pirifos Del 480 C.E®, insecticida a base del ingrediente activo Clorpirifos Etil a un porcentaje de 44.50 %, ambos a una dosis de 3 ml/L y se realizaron dos aplicaciones (hacia el envés de las hojas), para un control efectivo.

Para el control de las enfermedades foliares, se utilizó el fungicida Sanadel® durante la etapa de floración a base del ingrediente activo Propiconazol a un porcentaje de 22.98 % para evitar infestación en la inflorescencia por Ergot del sorgo (*Claviceps africana*) y para la roya (*Puccinia sorghi*) se utilizó el ingrediente activo Clorotalonil.

3.9. Cosecha

La cosecha se realizó el día 26 de octubre del 2019, cuando el cultivo se encontraba en madurez fisiológica final y la semilla se encontraba en un contenido de humedad ideal para poder realizar la cosecha. La cosecha se realizó de forma manual, utilizando navajas para poder cortar las panículas.

3.10. Secado de la semilla de sorgo

Este proceso consistió en exponer a secado natural en exposición al sol, todas las panículas cosechadas, con el objetivo de disminuir el contenido de humedad en un rango de 9-11% y así poder facilitar la trilla, acondicionamiento y almacenamiento de la semilla.

3.11. Trilla de la semilla

Esta actividad consistió en separar toda la semilla de la panícula con ayuda de una madera para removerla de la panícula, después con ayuda de un ventilador se eliminó las glumas y las impurezas, para así poder obtener la semilla limpia, la cual se colocó en frascos de plásticos por panícula individual para su posterior almacenamiento en el cuarto frío.

3.12. Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, utilizando 33 genotipos de sorgo y un híbrido comercial como testigo, cada uno con tres repeticiones para un total de 102 parcelas experimentales. Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS Institute 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:

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

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.

3.13. Variables evaluadas

3.13.1 Días a floración (DF)

Esta variable se evaluó al momento en que las plantas de la parcela, presentaron el 50% de las panículas en antesis media, durante la etapa reproductiva.

3.13.2 Altura de planta (AP)

Se realizó la medición desde la base del tallo de la planta, hasta la punta superior de la panícula, en tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela, expresándose en centímetros (cm) con ayuda de una cinta métrica.

3.13.3 Longitud de exersión (LE)

La medición de la exersión se realizó a partir de la última hoja u hoja bandera, hasta la base de la panícula de tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela, utilizando una cinta métrica.

3.13.4 Longitud de panícula (LP)

La medición de esta variable se realizó, desde la base del cuello, hasta el ápice de la panícula de tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela con ayuda de una cinta métrica.

3.13.5 Longitud de hoja (LH)

Se seleccionó una hoja de la parte intermedia de la planta y se midió desde la base de la hoja, hasta la punta en tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela.

3.13.6 Ancho de hoja (AH)

Se seleccionó una hoja de la parte intermedia de la planta y se midió el ancho en la parte central de la hoja, en tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela.

3.13.7 Diámetro de tallo (DT)

Para esta variable se realizó la medición del tallo con la ayuda de un vernier en la parte intermedia de tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela.

3.13.8 Incidencias de daño por aves en la panícula (IDA)

Esta variable se evaluó de manera visual, expresándose en porcentaje de daño (0-100%) en el grano distribuido en toda la panícula, por afectaciones de aves.

3.13.9 Incidencia de enfermedades foliares (IEF)

Se evaluó en forma visual mediante una escala de 1 al 5. Dónde: (1) es completamente sana; (2), de 1 a 10% de daño; (3), de 11 a 25% de daño; (4), de 26 a 40% de daño y (5), más de 41% de daño. La toma de datos (IEF), se realizó de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por (House, 1985).

3.13.10 Grados Brix (GB)

En esta variable se tomaron tres muestras en una planta (parte superior, media y basal), en donde se tomó la muestra del jugo del tallo y se colocó en el refractómetro portátil, para observar la lectura correspondiente de la concentración de azúcares en grados brix del genotipo de sorgo.

3.13.11 Rendimiento de grano en gramos por planta (Rto/g.P)

Se realizó la trilla de cinco panículas de sorgo en forma individual. A su vez, se registró el peso total dividido entre el número de panículas por parcela, para obtener el rendimiento promedio de grano en gramos por planta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza (Cuadro 4) se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados para las variables días a floración (DF), altura de planta (AP), longitud de exersión (LE) longitud de panícula (LP), longitud de hoja (LH) incidencia de daños por ave (IDA) y rendimiento de grano en gramo por planta (Rto/g.P), así también se encontraron diferencias significativas en las variables ancho de hoja (AH) y diámetro de tallo (DT). A diferencia de las anteriores, incidencia de enfermedades foliares (IEF) y grados brix (GB), no presentaron significancia entre tratamientos.

Cuadro 4. Análisis de varianza de variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, Coahuila.

F.V.	GL	DF (días)	AP (cm)	LE (cm)	LP (cm)	LH (cm)	AH (cm)
Genotipos	33	56.52**	984.21**	58.57**	14.70**	95.42**	0.85*
Modelo	35	53.88	939.63	57.42	14.75	91.20	0.87
Error	66	12.91	170.30	12.65	6.35	30.48	0.44
Total	101						
Media		84.59	143.08	7.84	30.72	76.28	7.82
CV%		4.24	9.12	45.35	8.20	7.23	8.55

.....continuación Cuadro 4.

F.V	GL	DT (mm)	IDA (%)	IEF (1-5)	GB	Rto/g.P (g)
Genotipos	33	10.02*	2342.12**	0.41	6.03	1650.55**
Modelo	35	10.00	2283.21	0.60	5.84	1846.79
Error	66	5.37	667.68	0.48	5.18	636.21
Total	101					
Media		17.22	34.30	1.44	7.36	63.05
CV%		13.46	75.32	48.21	30.92	40.00

F. V= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación en porcentaje; DF= Días a floración; AP= Altura de planta; LE= Longitud de exersión; LP= Longitud de panícula; LH= Longitud de hoja; AH=Ancho de hoja; DT=Diámetro De tallo; IDA= Incidencia de daño por aves; IEF= Incidencia de enfermedades foliares; GB= Grados brix; Rto.g/P= Rendimiento de grano en gamos por planta; *,**= Significativos al ($P \leq 0.05$) y ($P \leq 0.01$) de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 5. Promedio de las variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera- Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Genotipo	DF (días)	AP (cm)	LE (cm)	LP (cm)	LH (cm)	AH (cm)	DT (mm)	IDA (%)	IEF (1-5)	GB (%)	Rto.g/P (g)
LES493	87 a-c	127.53 b-f	7.9 b-e	31.23 ab	78.7 a-c	8.96 a	17.93 ab	78.3 a-d	1 a	7.26 a	21.16 b
LES494	88.66 ab	130.13 b-f	7.66 b-e	33.1 ab	73.1 a-c	8.26 ab	17.6 ab	89.43 ab	1.33 a	7.76 a	38.93 ab
LES495	84.66 a-e	156.43 a-c	8.3 b-e	32 ab	81.76 ab	8.76 a	16.93 ab	2.2 d	1 a	6 a	103.76 a
LES496	84.66 a-e	136.9 a-f	4.86 c-e	30.3 ab	76.43 a-c	7.63 ab	18.43 ab	33.33 a-d	1 a	6.36 a	58 ab
LES498	87.66 a-c	159 a-c	6.1 b-e	29.2 ab	78 a-c	7.2 ab	17.9 ab	0 d	1 a	5.86 a	101.8 ab
LES499	84.66 a-e	157.33 a-c	3 de	31.1 ab	78.76 a-c	7.83 ab	17.86 ab	39.96 a-d	1 a	6.4 a	99.23 ab

.....continuacion Cuadro 5.

LES500	88	111.1	9.43	32.03	79.56	7.86	17.43	16.63	1.66	6.1	57.76
	a-c	ef	a-e	ab	ab	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES502	86.33	124.7	3.33	26.66	66.23	8.2	20	51.1	2	7.83	23.53
	a-e	c-f	de	b	bc	ab	a	a-d	a	a	ab
LES503	83.66	121.9	0.43	33.43	70	8.2	16.36	94.43	1.66	7.83	27.33
	a-e	c-f	e	ab	a-c	ab	ab	a	a	a	ab
LES504	86.66	150.2	1.9	28	66.46	7.5	16.33	24.43	2	6.93	36.96
	a-c	a-e	de	b	bc	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES507	94.66	150.8	4.2	28.13	84.13	7.26	17.7	0	1.33	6.23	78.43
	a	a-e	c-e	b	ab	ab	ab	d	a	a	ab
LES508	86.33	133.76	4.1	30.1	78.66	7.23	17.33	54.4	1.33	8.63	65.86
	a-d	a-f	c-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES509	81.66	151.43	5.46	28.76	79.43	7.86	16.9	17.73	1.66	6.83	86.33
	b-e	a-e	c-e	b	ab	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES510	84.33	150.2	5.76	32.76	71.33	7.16	18.03	60.53	1.33	5.26	67.36
	a-e	a-e	c-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab

.....continuacion Cuadro 5.

LES511	85.66	133.43	6.66	31.36	76.66	8.66	20.16	53.2	1.66	7.2	65.43
	a-d	a-f	b-e	ab	a-c	ab	a	a-d	a	a	ab
LES513	85.66	125.2	6.66	32.1	74.23	8.43	18.1	70.6	1.66	9.03	66.6
	a-d	c-f	b-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES514	90.66	107.33	9.86	29.96	78.53	8.6	18.1	34.43	1	5.53	73.3
	ab	f	a-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES516	73.66	112.76	9.76	29.43	60.9	6.56	12	39.43	1.33	7.8	43.33
	e	d-f	a-e	ab	c	b	b	a-d	a	a	ab
LES518	89	122.43	17.43	37.33	78.56	7.9	13.8	37.73	1.66	6.53	24.76
	ab	c-f	ab	a	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES519	90	162.43	6.66	30.2	82.36	7.56	19	0	1.33	5.4	75.56
	ab	a-c	b-e	ab	ab	ab	ab	d	a	a	ab
LES521	83.33	127.46	3.66	33.76	74.03	7.73	17.16	56.66	1.33	8.46	22.2
	a-e	b-f	c-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES522	84	156.56	11	30.76	77.9	7.93	16.9	29	1	8.56	65.1
	a-e	a-c	a-d	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab

.....continuacion Cuadro 5.

LES523	84.33	153	5	33.2	80.33	7.9	16.53	28.3	1	6.7	51.1
	a-e	a-e	c-e	ab	ab	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES526	87	145.53	5.86	27.96	85.76	7.7	17.4	16.1	1	7.66	58.33
	a-c	a-f	b-e	b	a	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES527	85.66	153.9	4.56	32.13	78.76	7.53	16.43	17.73	1.33	5.36	79.86
	a-d	a-d	c-e	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES529	84.33	156.46	7.23	31.23	80.66	7.73	19.7	7.73	1.66	10.03	45.1
	a-d	a-c	b-e	ab	ab	ab	a	b-d	a	a	ab
LES530	85.33	145.33	5.66	31.86	78.56	8.13	20.33	14.96	1.33	7.13	62
	a-e	a-f	c-e	ab	a-c	ab	a	a-d	a	a	ab
LES532	84.66	154.53	9.66	29.33	80.8	7.73	17.16	17.2	1.66	9.7	86.53
	a-e	a-d	a-e	ab	ab	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES534	79.33	161.76	10.46	29.23	67.1	7.6	16.93	7.2	1.66	10.73	67.76
	b-e	a-c	a-e	ab	bc	ab	ab	bd	a	a	ab
LES535	76.33	168.23	15	26.56	66.76	7.6	15.53	5.3	1.66	6.9	74.53
	c-e	ab	a-c	b	bc	ab	ab	cd	a	a	ab

.....continuacion Cuadro 5.

LES539	74.66	169.66	11.43	29.8	74.63	6.83	14.7	22.2	1.33	6.16	77.76
	de	ab	a-e	ab	ab	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES540	80	153.43	20.13	29.76	76.86	8.43	19.3	59.43	2.33	7.73	70.1
	b-e	a-e	a	ab	a-c	ab	ab	a-d	a	a	ab
LES541	79.66	173.66	15.23	32.46	78.1	7.66	15.73	0	2.33	9.2	100.56
	b-e	a	a-c	ab	a-c	ab	ab	d	a	a	ab
P83P86	84	120.43	12.23	29.23	79.53	7.76	13.8	86.6	1.33	9.13	67.23
	a-e	c-f	a-d	ab	ab	ab	ab	a-c	a	a	ab
Media	84.59	143.08	7.84	30.72	76.28	7.82	17.22	34.3	1.44	7.36	63.05
Tukey											

4.1 Días a floración

De acuerdo con Galicia (2020), en su investigación reporta que en la prueba de medias para genotipos de sorgo en la variable días a floración, bajo condiciones de riego, reporta dos grupos, que clasifica en precoces con un rango de floración de 51-71 días y otros como tardíos con un rango de 72-79 días a floración.

En las líneas de sorgo utilizadas en la presente investigación, para la variable días a floración (Figura 9), se puede observar que la línea experimental denominada LES-516, fue la más precoz en comparación a las demás con 73.6 días, seguida de la línea LES-539 con 74.6 días, por otro lado, se presentan líneas muy tardías como LES-507 con 94.6 días y LES-514 con 90.6 días, respectivamente.

En comparación con Galicia (2020), solamente tres de las líneas se encuentran como genotipos tardíos (LES-516, LES-539 y LES-535), mientras que las demás están fuera de este rango.

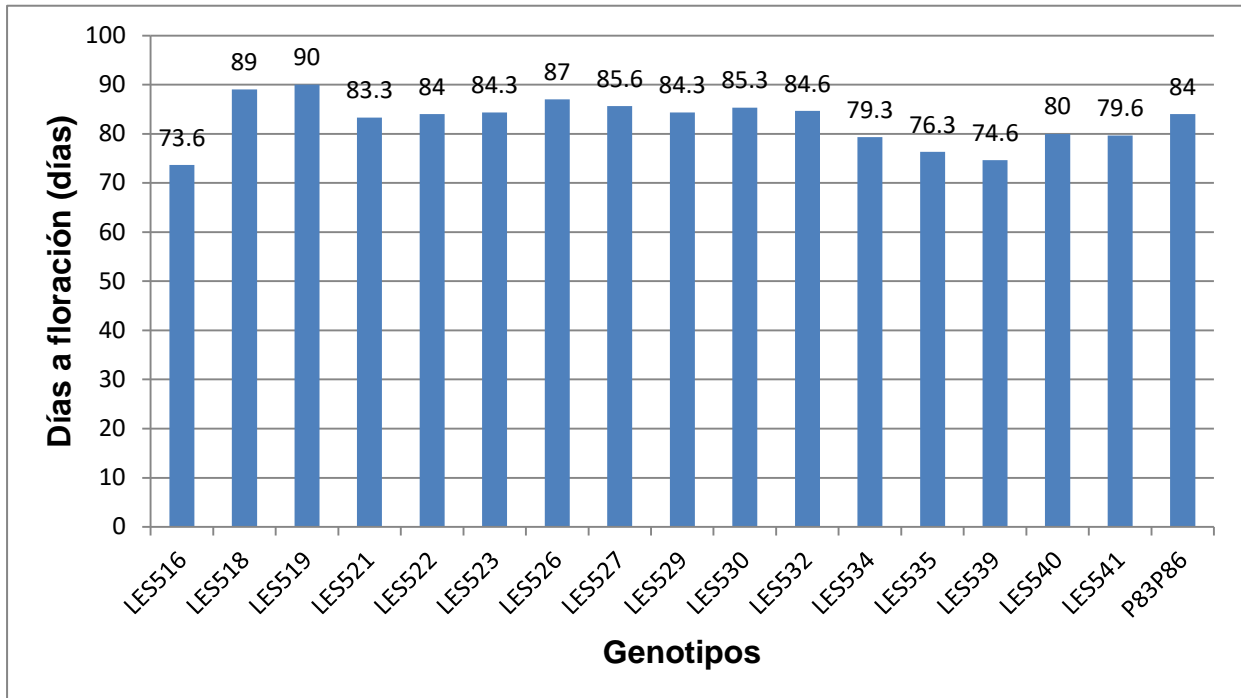
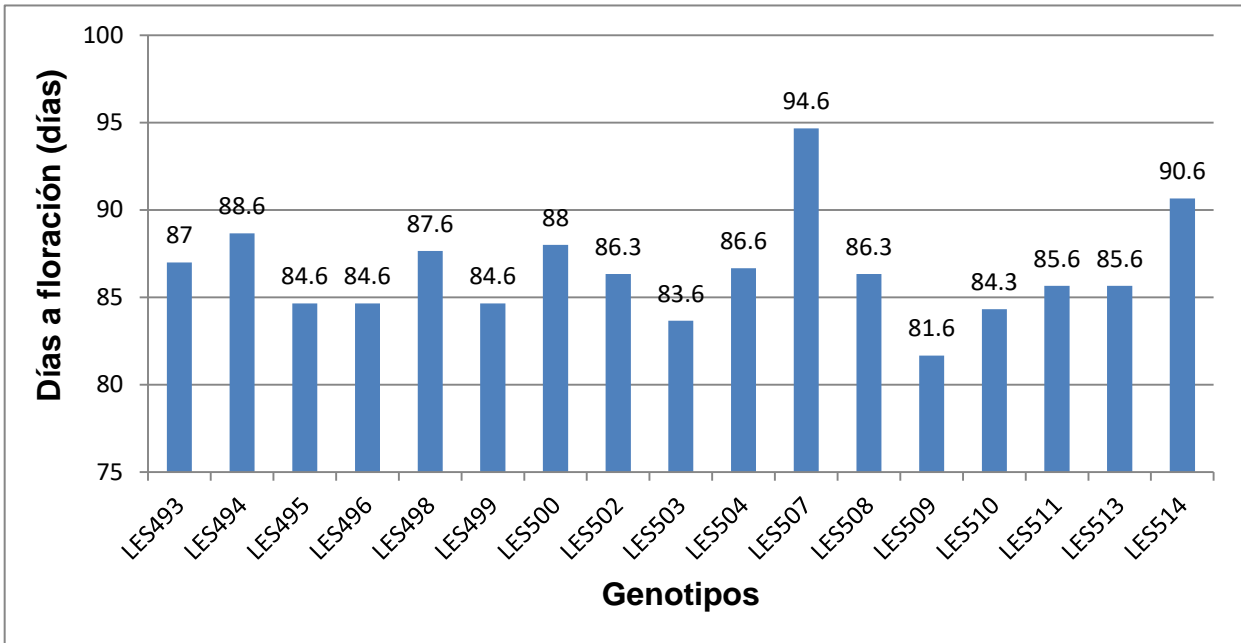


Figura 9. Comparación de medias para la variable días a floración en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.2 Altura de planta

Según Williams y Arcos (2015) en su experimento realizado en estación Cuauhtémoc Tamaulipas, reportaron para la variable altura de planta (AP). Los híbridos más altos fueron los experimentales RB-5x430 REA (198 cm) y RB27x430 REA (200 cm). Los sorgos con alturas de planta superiores a 1.70 m son indeseables, ya que suelen presentar problemas de acame y dificultad, para la cosecha mecánica. La mayor altura de planta de estos híbridos se asocia al progenitor masculino 430 REA.

En nuestro trabajo de investigación para la variable altura de planta, se presentaron los siguientes resultados, tal como se muestran en la Figura 10, en donde la línea LES-521 fue la de mayor altura con 173.6 cm, seguido de LES-539 con 169.6 cm, por lo contrario, las líneas LES-514 y LES-500 fueron las de menor tamaño con 107.3 y 111.1 cm de altura, respectivamente.

En comparación con el experimento de Williams y Arcos (2015), solamente la línea LES-521 fue superior a la altura indeseable que mencionan dichos autores, mientras que las demás estuvieron por debajo de 170 cm, sin embargo, cabe mencionar que ninguna de las líneas de nuestro lote experimental presento problemas de acame.

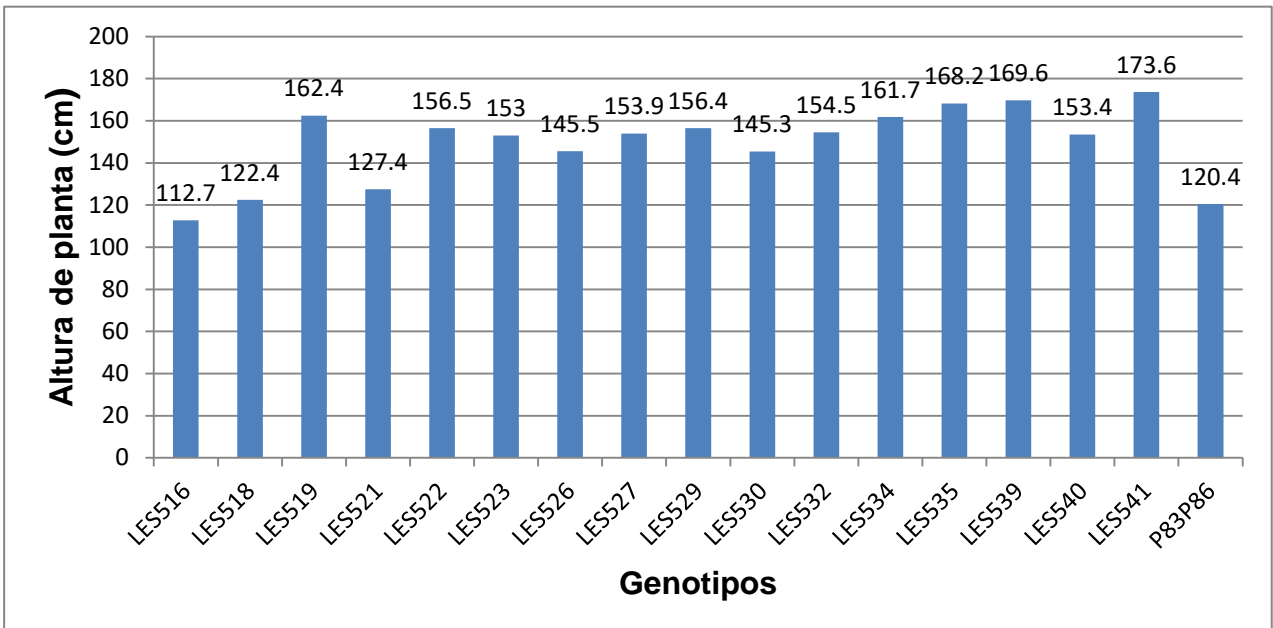
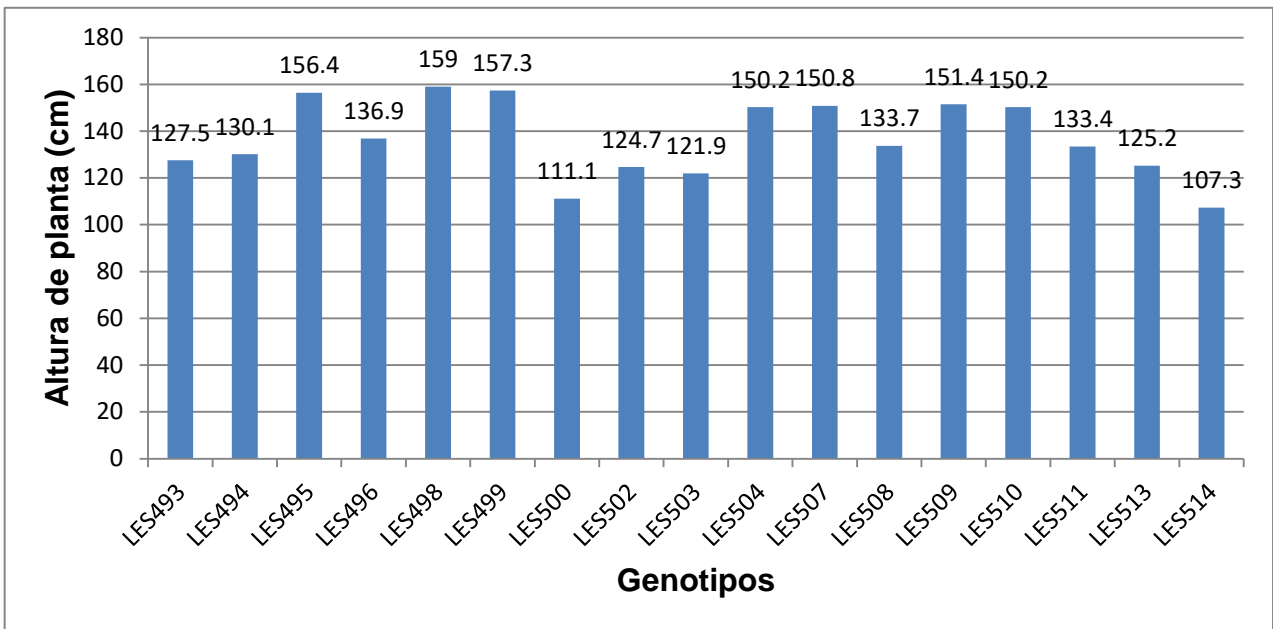


Figura 10. Comparación de medias para la variable altura de planta en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.3 Longitud de exersión

De acuerdo con Williams y Arcos (2015), en su experimento evaluó la variable longitud de exersión de 49 híbridos en donde presentó una variación de 10.8 a 21.8 cm. Según House (1985), indica que los sorgos con buena exersión son aquellos que presentan más de 10 cm; por lo tanto, todos los genotipos presentaron una exersión adecuada para la cosecha mecánica del grano.

Los resultados obtenidos en nuestro experimento, para la variable longitud de exersión, (Figura 11), se observa que la línea LES-540, fue la que presentó mayor longitud, con un valor de 20.1 cm y LES-518 con 17.4 cm respectivamente, por lo contrario, la línea LES-503, fue la de menor longitud con 0.4 cm.

La importancia para esta variable es que al realizarse la cosecha mecánica favorece la trilla del grano, ya que entre mayor longitud de excersión exista entre la hoja bandera y la base de la panícula, es mejor la cosecha del grano y se evita la presencia de hojas, lo cual a su vez, incrementa el contenido de humedad en el grano en etapa de postcosecha y en el acondicionamiento de la semilla.

De acuerdo a House (1985) siete de los genotipos de sorgo evaluados en esta investigación (LES-540, LES-518, LES-541, LES-535, LES-539, LES-539 y LES-522) y el híbrido testigo, presentan una longitud de exersión adecuada para la cosecha mecanizada, mientras que los restantes, no cumplen con el criterio, antes mencionado.

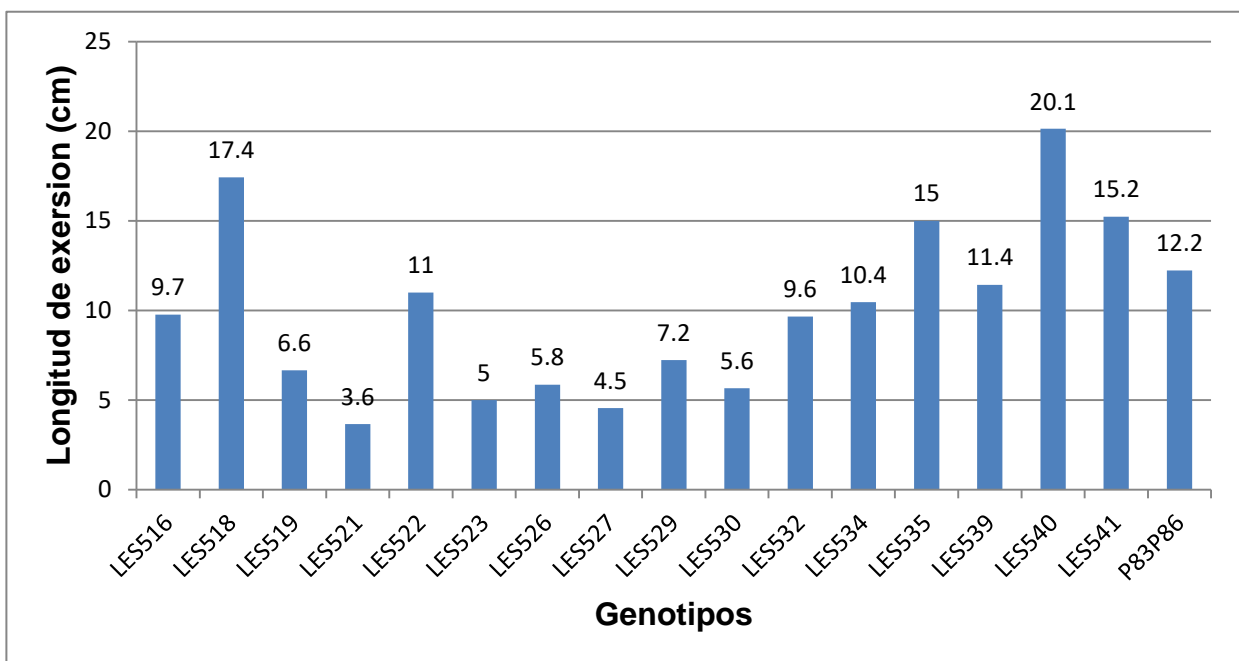
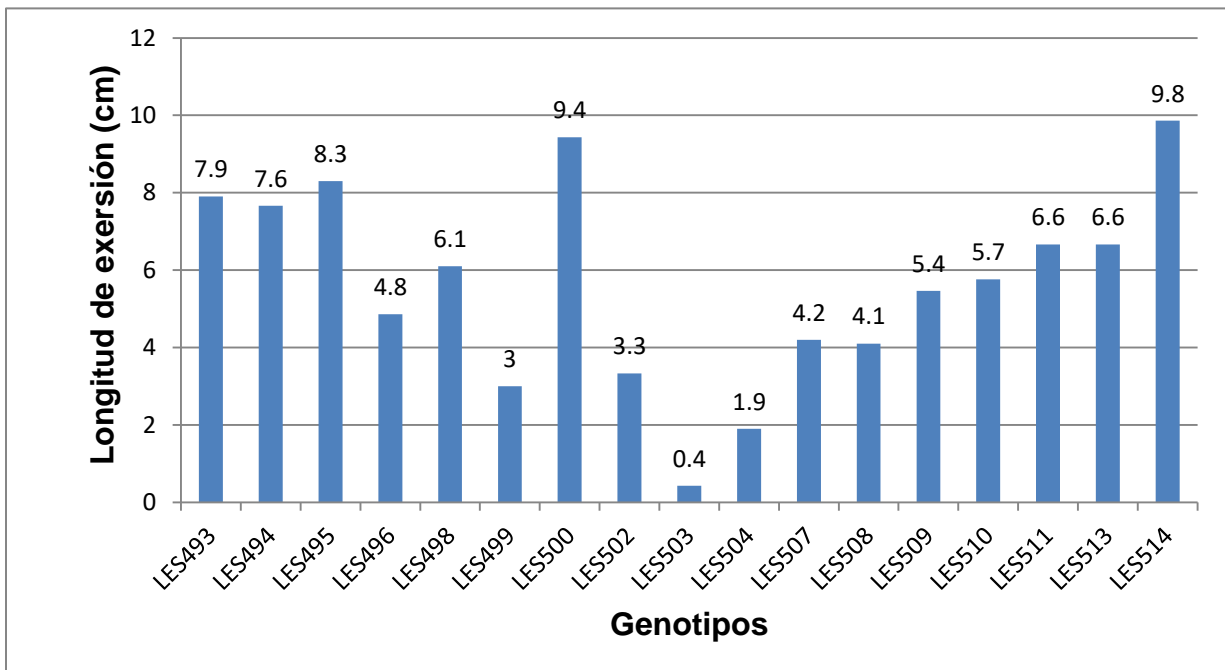


Figura 11. Comparación de medias para la variable longitud de exertión de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.4 Longitud de panícula

De acuerdo con Montes (2012) menciona que la variedad RB-Paloma, fue superior en longitud de panoja en un 19 % con una media de 26.3 cm, comparada con las variedades de grano blanco, liberadas por el INIFAP (Perla 101, Costeño 201 y Mazatlán 16).

Mientras tanto, en el presente trabajo investigación, para la variable longitud de panícula (Figura 12), se puede observar que la línea LES-518, fue la de mayor longitud con 37.3 cm, así como también LES-521 con 33.7 cm y por su parte, el genotipo LES-535, fue el de menor longitud de excursión con un valor de 26.5 cm.

Si, comparamos os resultados de Montes (2012), nuestras líneas fueron superiores a las evaluadas en su investigación, ya que la media general para LP fue de 30.7 cm, mientras que para la variedad RB-Paloma, fue de 26.3 cm.

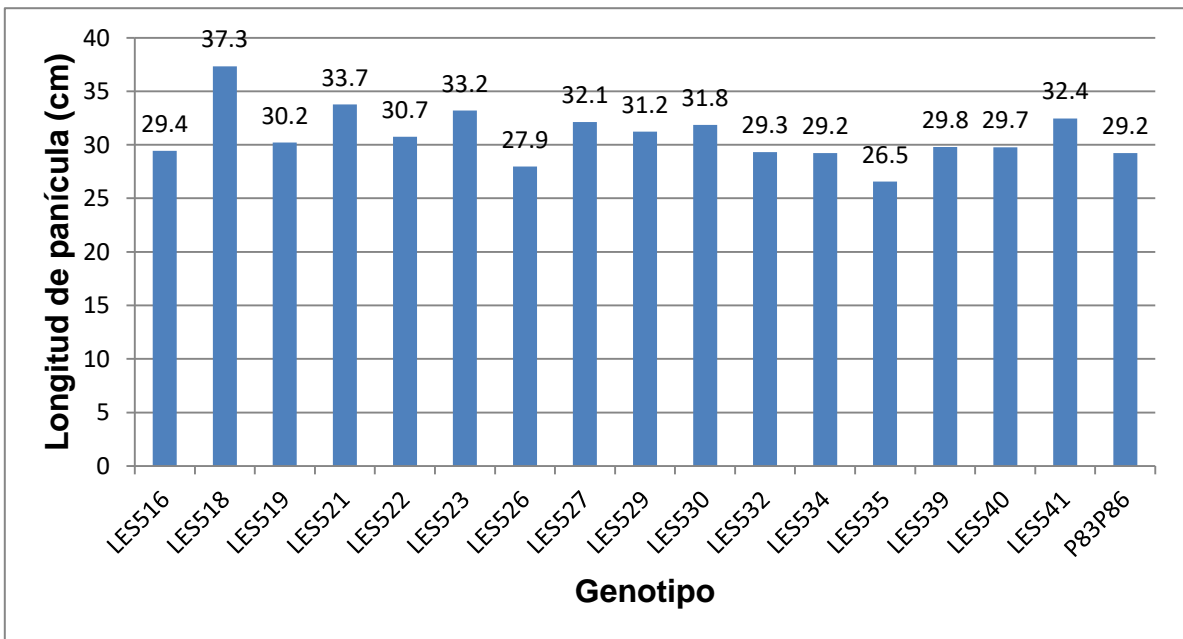
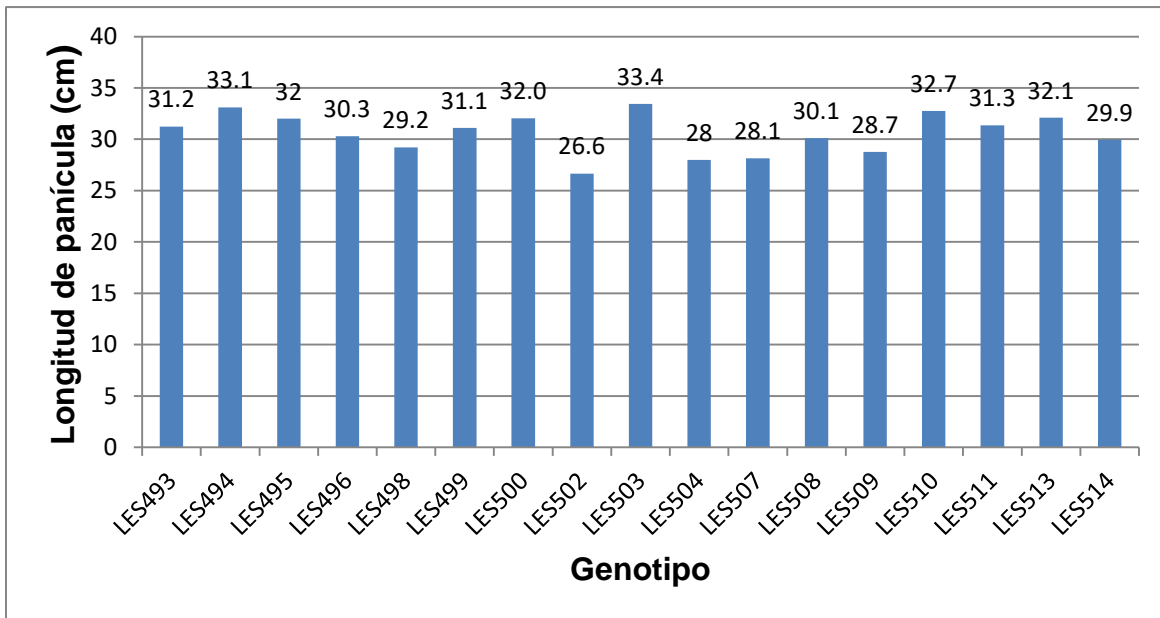


Figura 12. Comparación de medias para la variable longitud de panícula de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.5 Longitud de hoja

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4), para la variable longitud de hoja se encontró una diferencia altamente significativa con un coeficiente de variación de 7.23 %. El rango de diferencia entre la línea de mayor longitud y la menor es de 24.86 cm.

En la Figura 13, se observa que los genotipos con mayor longitud de hoja fueron LES-526 y LES-507 con promedios de 85.7 cm y 84.1 cm respectivamente, seguidas de LES-495 con 81.7 cm, estos resultados son mayores en comparación con el testigo que presentó un promedio de 79.5 cm. Por lo contrario, la línea de menor longitud de hoja, fue el genotipo LES-516 con 60.9 cm.

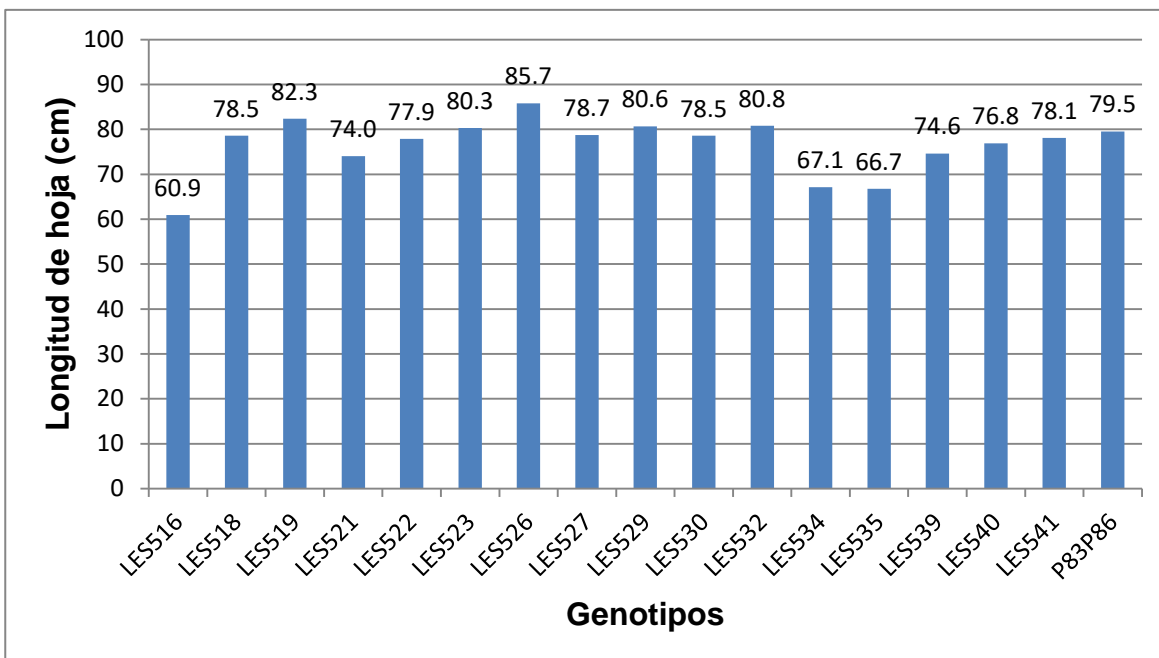
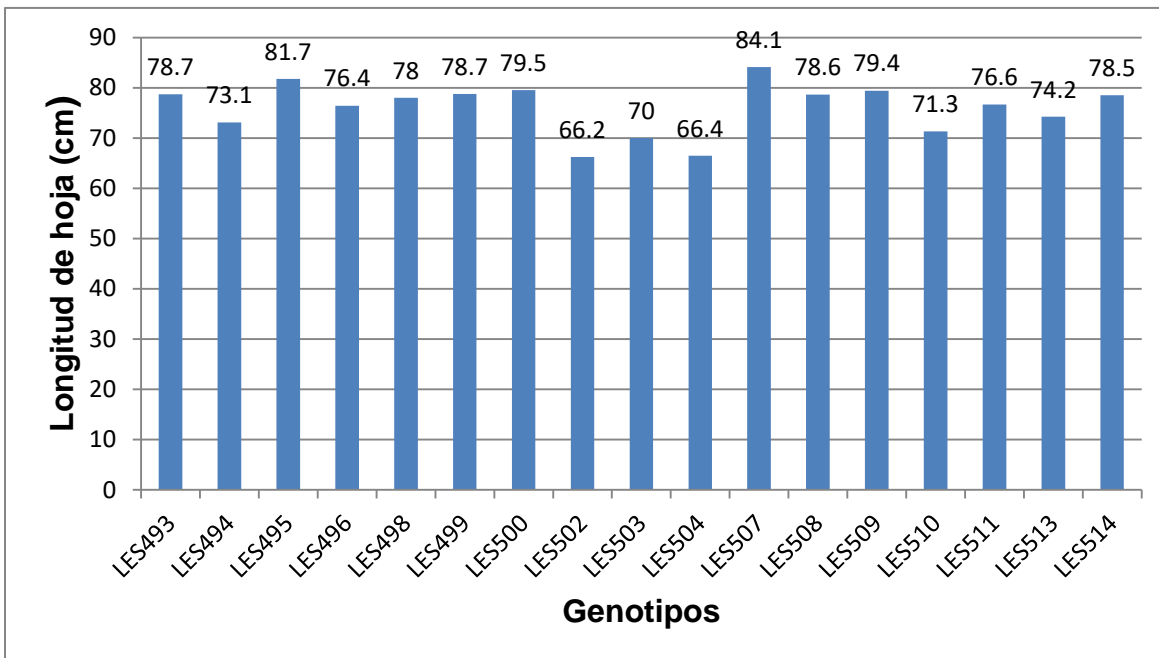


Figura 13. Comparación de medias para la variable longitud de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.6 Ancho de hoja

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4), para la variable ancho de hoja se presentaron diferencias significativas, en donde la diferencia entre el valor más alto y el más bajo, fue de 2.4 cm.

De acuerdo a los resultados que se presentan en la Figura 14, para la variable ancho de hoja, la línea con denominación LES-493, fue la que presentó el valor más alto con 8.9 cm de ancho, seguida de LES-495 y LES-511 con 8.7 cm y 8.6 cm respectivamente. A su vez, el testigo presentó el valor de 7.7 cm, menor en comparación con los genotipos, antes mencionados. Mientras que para la línea LES- 516, fue la presentó un menor ancho de hoja, con un valor de 6.5 cm.

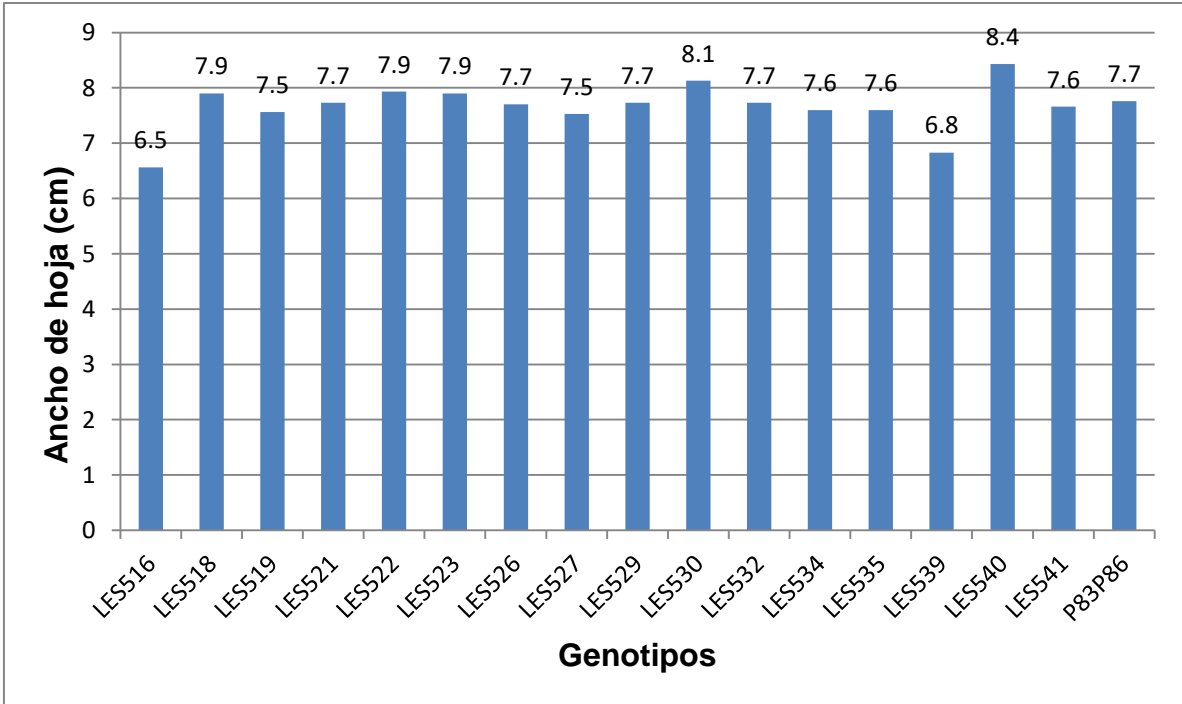
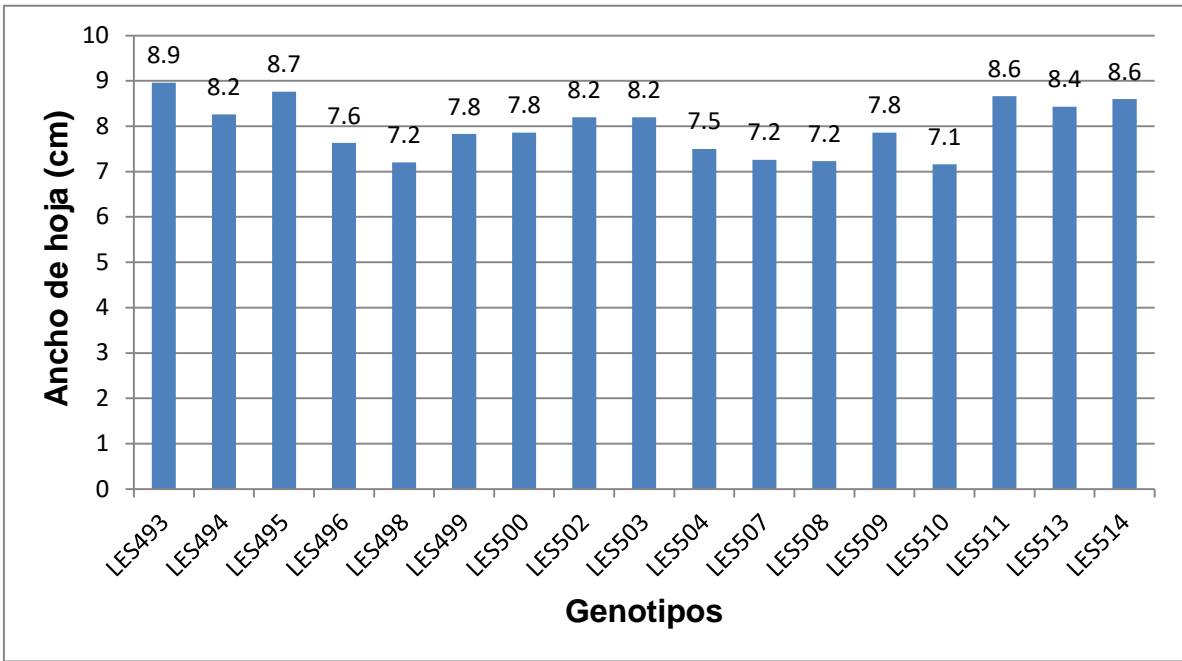


Figura 14. Comparación de medias para la variable ancho de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.7 Diámetro de tallo

En el trabajo realizado por Ponce (2006) para la variable diámetro de tallo menciona que no encontró diferencias significativas, utilizando de 150,000 a 270,000 plantas/ha.

Mientras que en la presente investigación y de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4), para la variable diámetro de tallo, presentó diferencias significativas, aunque el manejo agronómico fue el mismo para todo el lote experimental algunas líneas presentaron un diámetro de tallo menor a las del resto del grupo. La diferencia del valor mayor, al más bajo, para esta variable fue de 8.33 mm.

Para la variable diámetro de tallo, Figura 15, la línea LES-530 es la que presentó mayor grosor con un promedio de 20.3 mm, seguido por los genotipos LES-511 y LES-502 con un promedio de 20.1 mm y 20.0 mm, respectivamente. Mientras que el valor más bajo fue para el genotipo LES-5516 con 12.0, seguido del testigo, el híbrido comercial con un valor de 13.8 mm.

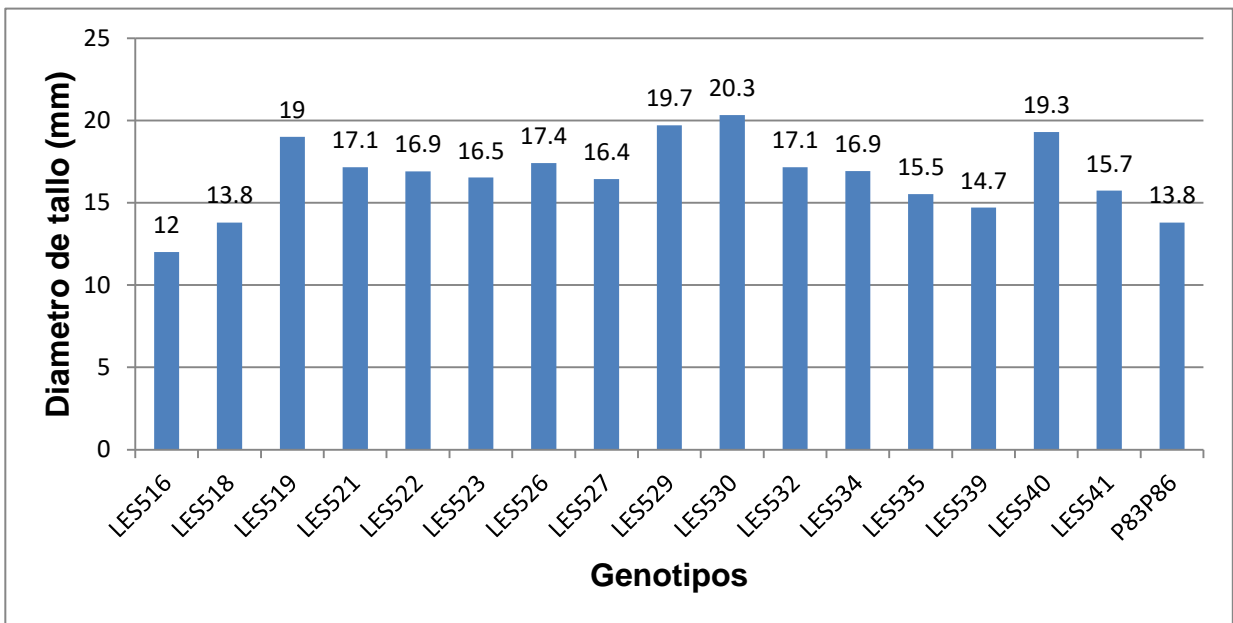
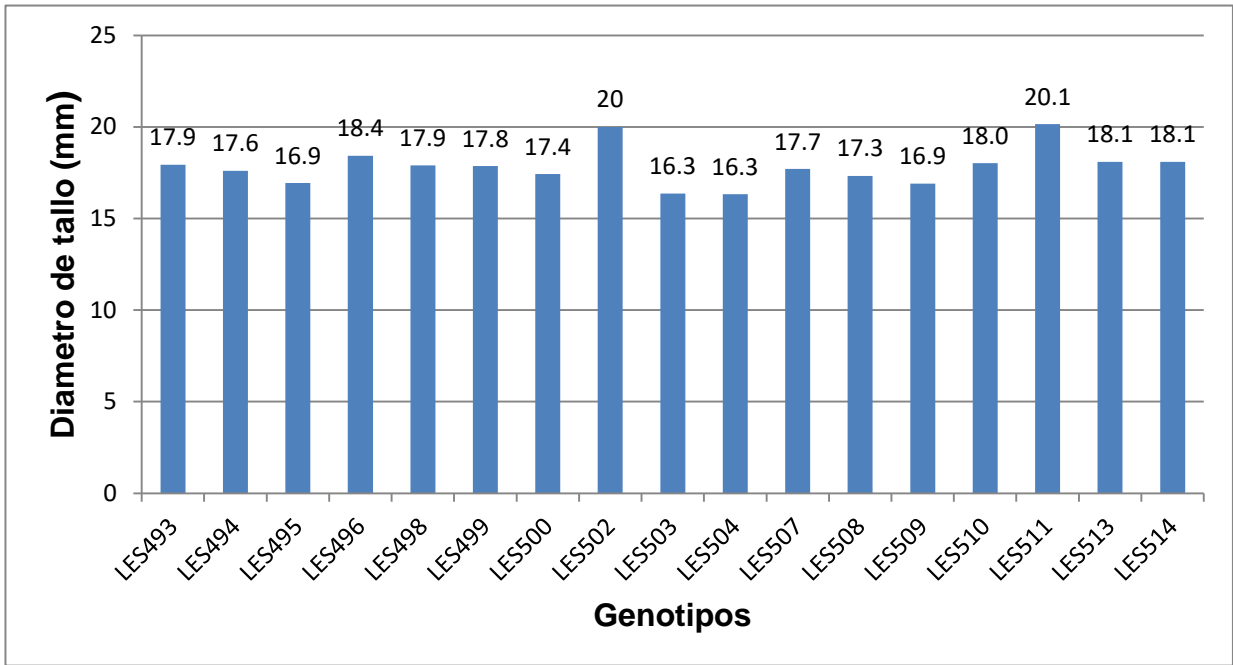


Figura 15. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.8 Incidencia de daño por aves

Según Celine de Melo (2012), menciona que el impacto de las aves en los cultivos, especialmente en los cereales, es un problema mundial. Al igual, que Saucedo (2008) informó que las aves constituyen un enemigo de este cultivo, pues existen muchas especies, como por ejemplo los gorriones, que se alimentan del grano en la fase de estado masoso-lechoso; mientras que otras especies de aves se alimentan de los granos maduros.

En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas para la variable incidencia de daños por aves, ya que algunas sufrieron daños muy elevados, en algunos casos un daño casi por completo a la panícula dejándola con pocos granos y por su parte, algunos genotipos no sufrieron daños en lo absoluto. Cabe mencionar que los granos de color blanco, fueron los que sufrieron un mayor porcentaje de daño, mientras que en los granos que predominaba el color rojo, fueron los que presentaron un daño menor.

En la Figura 16, para la variable índice de daños por aves, se muestra que las líneas experimentales de sorgo LES-498, LES-507, LES-519 y LES-541, no presentaron incidencia de daño por aves, mientras que la línea con denominación LES-503, fue la más afectada con un porcentaje de 94.4%, seguida de LES-494 con 89.4 %, respectivamente.

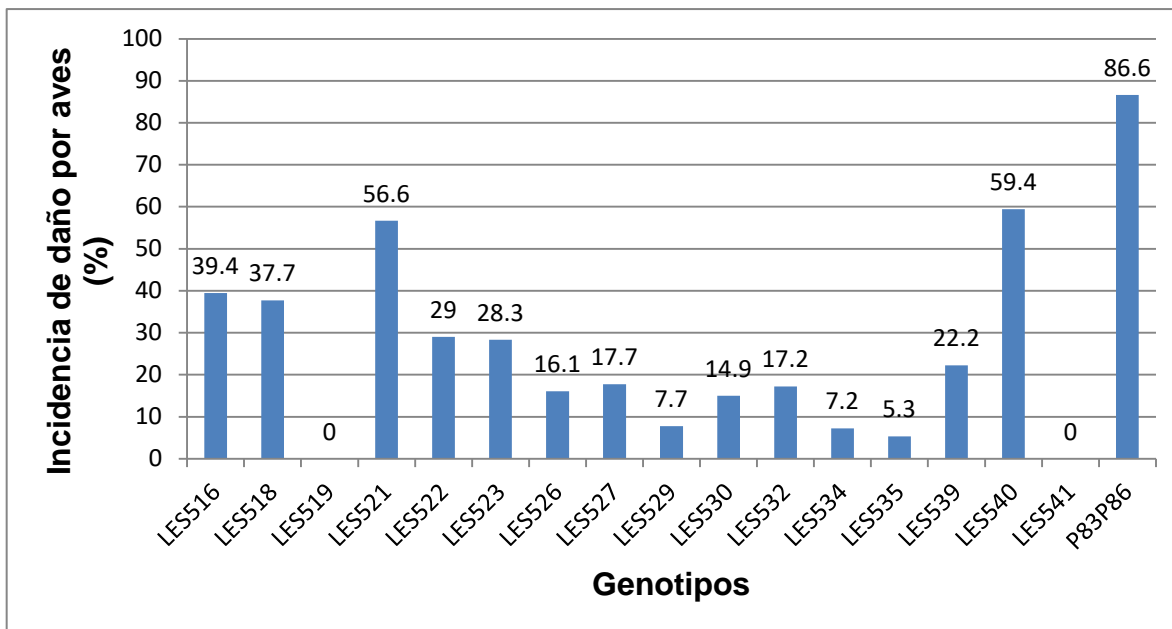
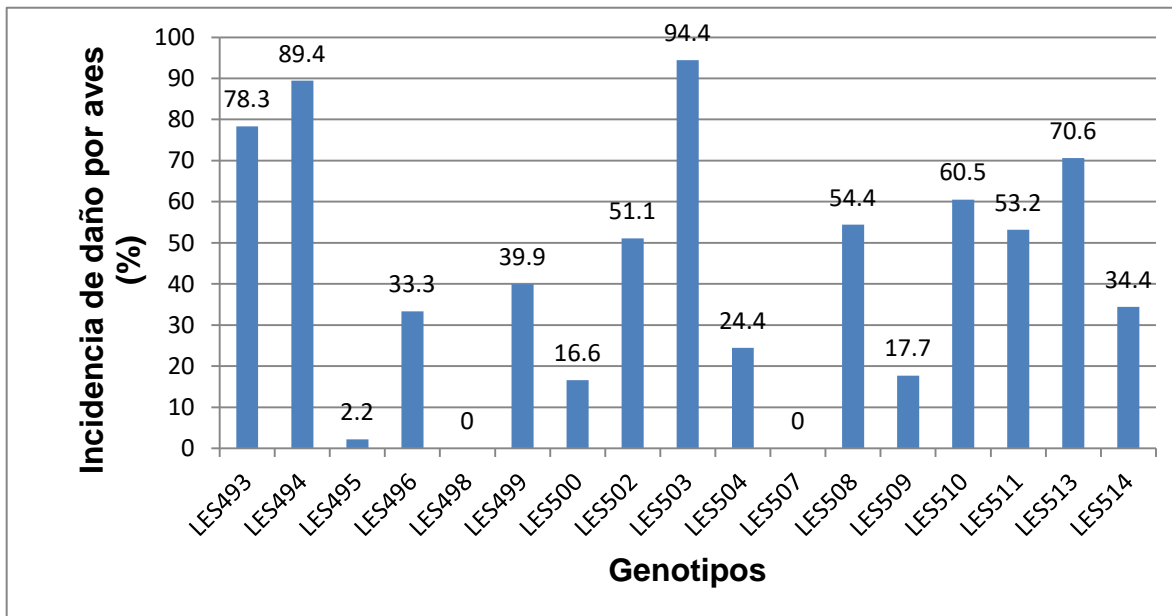


Figura 16. Comparación de medias para la variable incidencia de daño por aves en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.9 Incidencia de enfermedades foliares

En su experimento, Williams (2006) menciona que en el sur de Tamaulipas la presencia de las enfermedades foliares en el cultivo de sorgo es un problema muy importante y es un factor que afecta a la producción de grano.

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se evaluó la incidencia de enfermedades foliares, para así tener conocimiento, cuál fue el genotipo que presento mejor sanidad foliar y cuál fue el que presenta mayor daño de incidencia de enfermedades foliares.

En la Figura 17, se observa que nueve de nuestros genotipos obtuvieron la calificación de 1, el cual nos indica que es una planta completamente sana, sin presencia de enfermedades foliares los cuales fueron LES-493, LES-495, LES-496, LES-498, LES-499, LES-514, LES-522, LES-523 y LES-526, mientras que nuestros genotipos con mayor incidencia fueron LES-540 y LES-541 con un valor de 2.3, para ambos, el cual de acuerdo a la escala, nos indica que comprenden de 1 a 10 % de daño en enfermedades foliares.

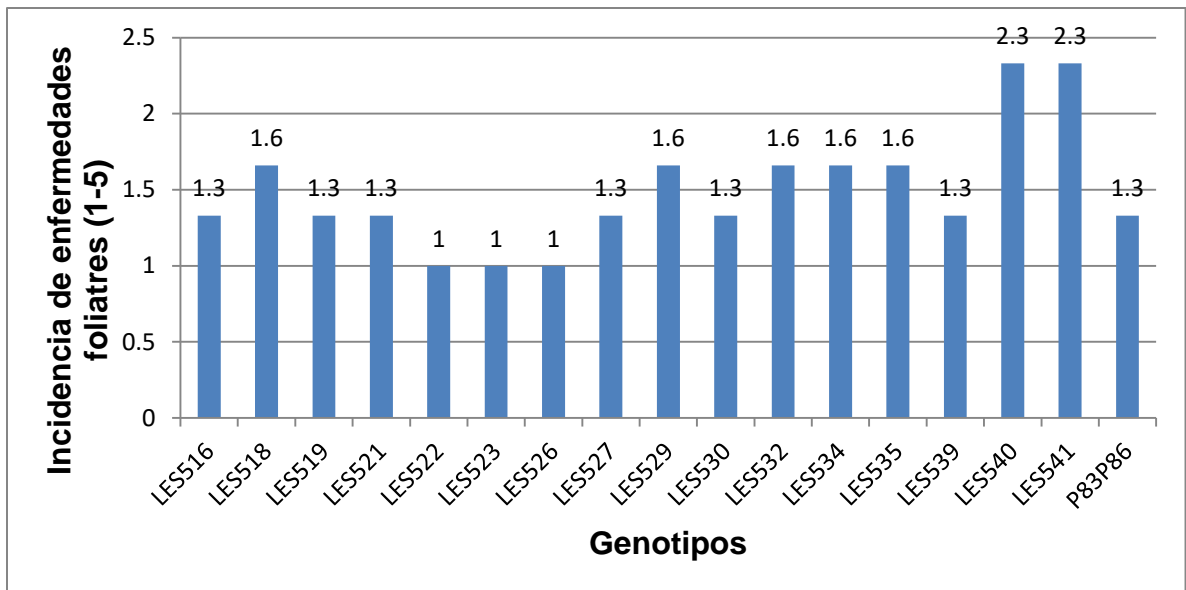
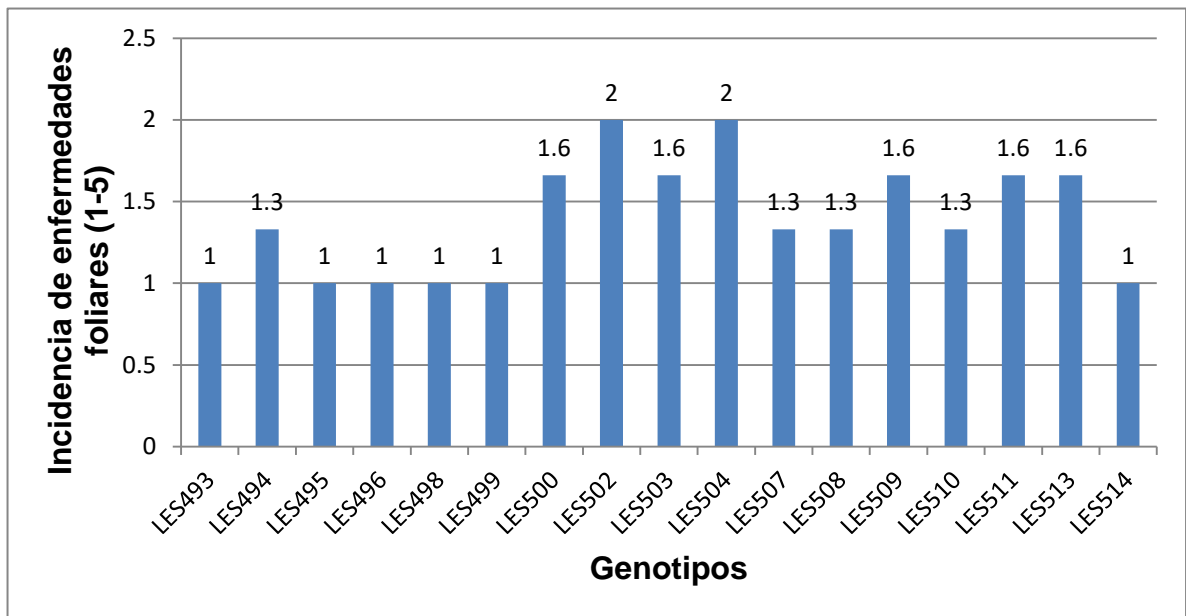


Figura 17. Comparación de medias para la variable incidencia de enfermedades foliares de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.10 Grados brix

De acuerdo con Flores *et al.*, (2013), mencionan que la determinación de grados brix muestra el contenido de sólidos solubles en el jugo de la planta de sorgo y que el porcentaje de azúcares está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas y ambiente de producción. Además, esto puede afectar los procesos fisiológicos y esto determinar el porcentaje contenido en azúcares en la planta.

Para la variable grados brix (GB) los resultados fueron muy similares, como se muestra en la Figura 18, por lo cual no se presentó significancia entre los 34 genotipos evaluados. Las líneas con el valor más alto fueron LES-534 con 10.7 % y LES-529 con 10.0 %, respectivamente. A su vez, LES-510, fue la que presentó menor contenido de grados brix con 5.26 %, mientras que el híbrido comercial presentó un promedio de 9.13 para esta variable.

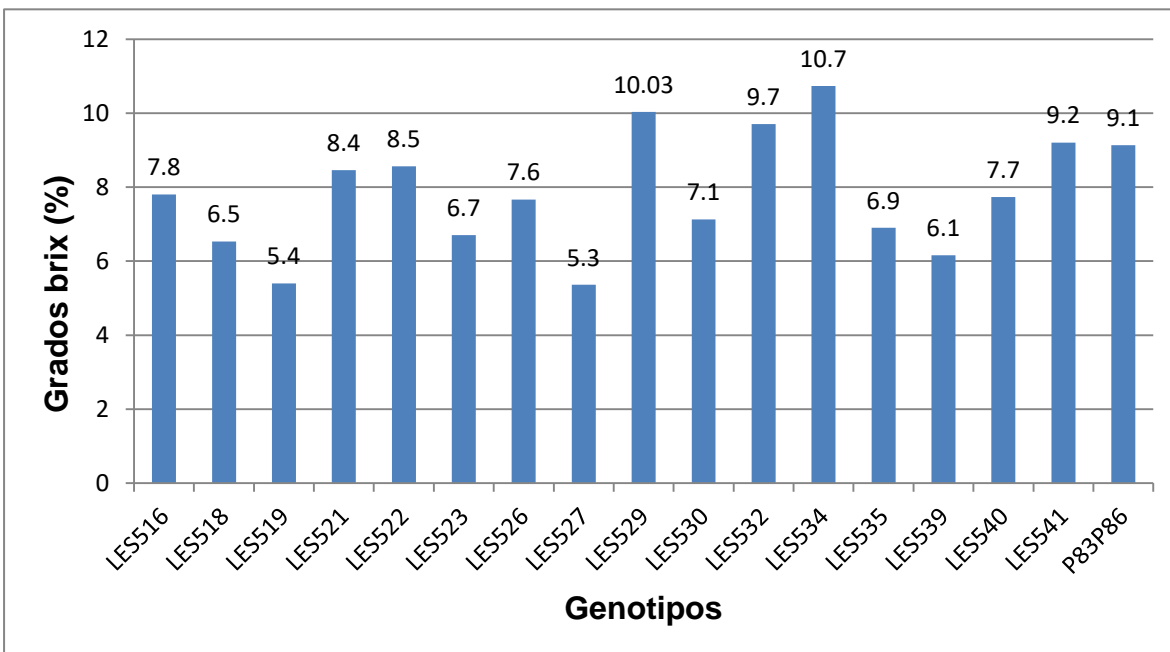
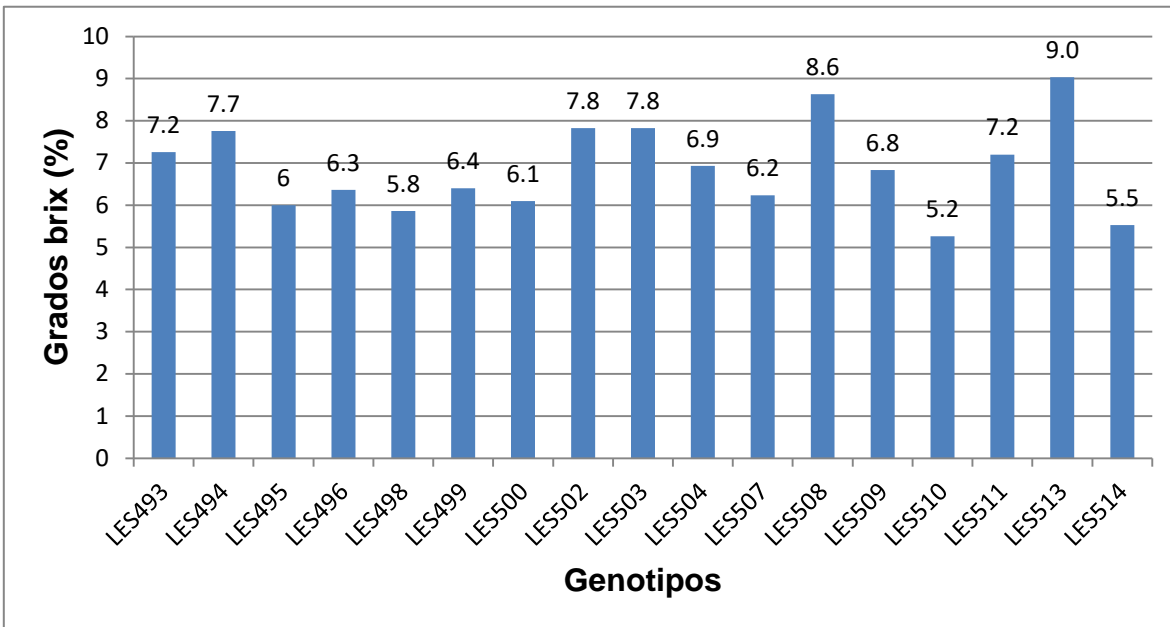


Figura 18. Comparación de medias para la variable grados brix de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

4.11 Rendimiento de grano en gramos por planta

El rendimiento de grano es el resultado final de un grupo de interacciones, donde intervienen el genotipo, el clima, el suelo y el manejo del cultivo, el impacto de los distintos parámetros que intervienen en estas variables del sistema definen la fenología y el rendimiento de los cultivos (Soto, 2009).

En la variable rendimiento de grano en gramos por planta, se encontró una diferencia altamente significativa. Cada genotipo tiene características distintas a los otros y debido a esto, presentan mayor o menor rendimiento, un ejemplo puede ser el tamaño de la panícula, ya que en algunas líneas son de mayor proporción. Además, de eso un factor biológico que afectó al rendimiento en las plantas fue el daño causado por las aves, ya que dentro de las líneas evaluadas unas se encontraban más dañadas que otras o en algunos casos, unas no presentaban daños en el grano de la panícula.

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación, no son similares a los reportados por Silvia (2022), ya que se encontraron genotipos con promedios de rendimientos más altos a los evaluados en su investigación, en donde reporta valores en un rango de entre 15.2 a 70.1 gramos por planta, mientras que los resultados del presente trabajo de investigación se encuentran en un rango de 21.1 g a 103.7 g rendimiento de grano por planta.

En la Figura 19 se reporta para la variable rendimiento de grano en gramos por planta, que la línea experimental con denominación LES-495, fue la que presentó mayor rendimiento con 103.7 gramos por planta, seguida de LES-498 con un valor de 101.8 gramos por planta, por lo contrario LES-493, fue la que presentó menor rendimiento con 21.1 g por planta, mientras que el testigo, presentó un valor de 67.2 g por planta.

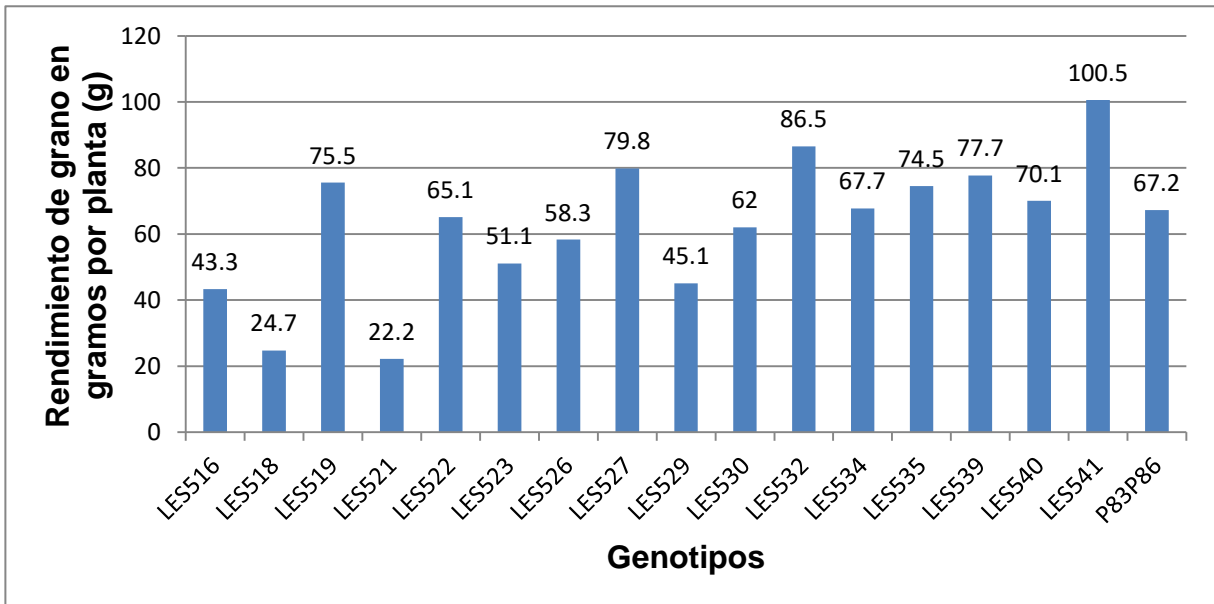
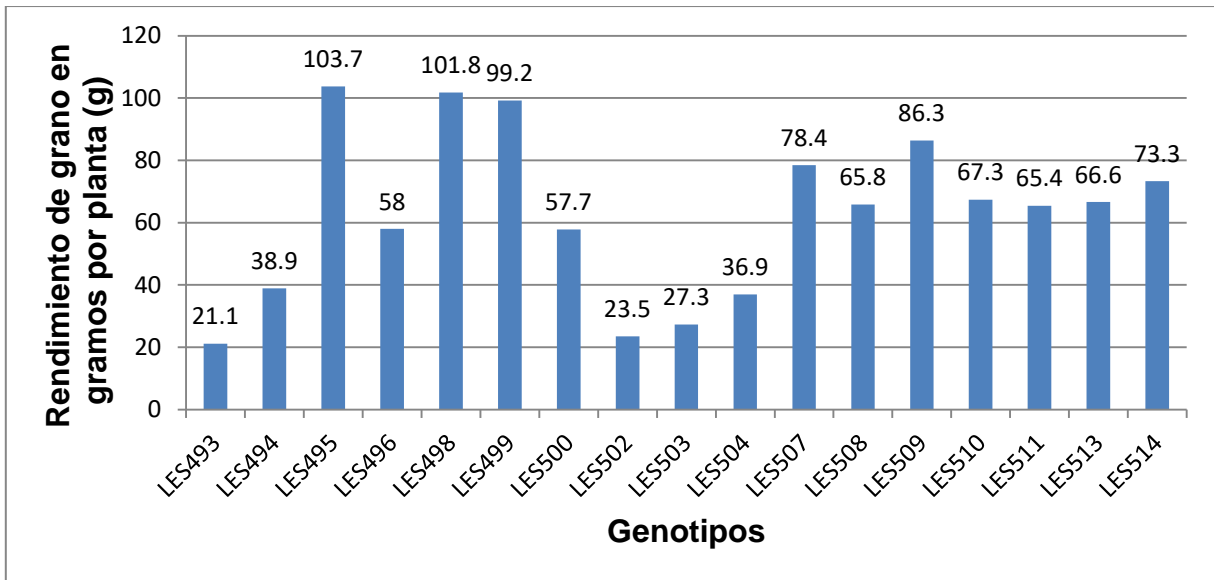


Figura 19. Comparación de medias para la variable rendimiento de grano en gramos por planta de Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la investigación, la línea experimental de sorgo LES-495, fue el genotipo más sobresaliente de los 34 evaluados, ya que presentó un buen comportamiento agronómico en cuanto a longitud de hoja, ancho de hoja, altura de planta, longitud de panícula, incidencia de daño por aves, incidencia de enfermedades foliares y un mayor rendimiento de grano.

La segunda mejor línea en rendimiento de grano fue LES-498 con un valor de 101.8 gramos por planta, además presentó un buen comportamiento agronómico para las variables índice de enfermedades foliares, incidencia de daño por aves, longitud de panícula y diámetro de tallo. A su vez, LES-541 presentó un aceptable rendimiento de grano con un promedio 100.56 g por planta, además de un aceptable comportamiento agronómico para las variables días a floración, longitud de ejerción, longitud de panícula, grados brix e incidencia de daño por aves.

En el experimento se lograron buenos rendimientos para las líneas LES-495, LES-498 y LES-541, por lo tanto, se recomienda la evaluación de estas líneas experimentales de sorgo en próximos ciclos agrícolas, con la finalidad de continuar con el proceso de selección de las mejores plantas, para producción de semilla mejorada, bajo las condiciones de producción en la región sureste de Coahuila.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre R., J. I., A. H. Williams, G. N. Montes, and H. M. Cortinas. (1997). First report of sorghum ergot caused by *Sphacelia sorghi* in México. Plant Dis. 81:31.
- Acosta, S. (1997). Sorghum ergot in México. In: U. S. Conference on Sorghum Ergot. Amarillo, Texas. June 11. pp: 7-8.
- Andrews, K. L. (1988). Latin America research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomol., 71 (4): 630-653.
- Bandyopadhyay, R., D. E. Frederickson, N. W. McLaren, and G. Odvody. (1996). Ergot: a global disease threat to sorghum. International Sorghum and Millet Newsletter. Vol. 37. 32 p.
- Belton, P.S., Taylor, J.R.N. (2004). Sorghum and millets: protein sources for Africa. Trends Food Sci. Technol. 15, 94–98.
- Bowling, R. D., M. J. Brewer, D. L. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N. E. Elliott, G. D. Buntin, M. O. Way, T. A. Royer, S. Biles, and E. Maxson. (2016). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. J. Integr. Pest. Manag. 7: 1-13.
- Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E, Gastaminza G. (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 69(3-4): 209-231.
- CENTA, (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). (2018). Programa de granos básicos. Libertad Republica de El Salvador, C.A.
- Dahlberg, J. A., R. Bandyopadhyay, W. L. Rooney, G. N. Odvody, and P. Madera-Torres. (2001). Evaluation of sorghum germplasm used in US breeding programmes for sources of sugary disease resistance. Plant Pathol. 50: 681-689

- De Almeida Sarmiento, R., R.W. de Souza Aguiar, R. De Almeida Sarmiento de Souza Aguiar, S.M.J. Vieira, H.G. de Oliveira and A.M. Holtz. (2002). Biology review, occurrence and control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) in corn in Brazil. *Biosci. J.*, 18: 41-48.
- De Melo, C., y Cheschini, J. (2012). Daños causados por las aves en sorgo (*Sorghum bicolor*) en Brasil Central. *Bioagro*, 24(1), 33-38.
- Dekal, Asgrow y Deltapine. (2021). Etapas de crecimiento del sorgo. 31 de enero del 2022, de Dekal Sitio web: <https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/sorghum-growth-stages.htm>
- De Wet, J.M.J. (1978). Systematics and evolution of sorghum (Gramineae) *Am. J. Bot.* 65:477- 484.
- Doggett, H. (1965). The development of cultivated Sorghum. Page 50 in *Essays on crop plant evolution* (Huchins, S.J.B., ed.). London, UK. Cambridge University Press.
- Doggett, H. (1998) *Sorghum*. 2nd edition. Longman Scientific and Technical, London. 512 p. 1998
- Fasae, Oladapo A.; Adu, Folu I.; Aina, Ayobami B.J.; Elemo, Kehinde A. (2009). Effects of defoliation time of maize on leaf yield, quality and storage of maize leaves as dry season forage for ruminant production. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4c (3): 353-357.
- Ferreira, A. S., N. F. J. Pinto, y C. R. Casela. (1996). Avaliação de fungicidas para o controle de ergot ou doença acucarada (*Claviceps africana*) em sorgo. Pesquisa em andamento. EMBRAPA. CNPMS. Brasil, Sete Lagoas-MG. pp: 23-25.
- FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario Sorgo 2019. 12 de agosto 2020, de Dirección de investigación y Evaluación Económica y Sectorial Sitio web:

<https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Sorgo-2019.pdf>

Flores-Naveda, A., Valdés-Lozano, C. G., Zavala-García, F., Olivares-Sáenz, E., Gutiérrez-Díez, A., y Vázquez-Badillo, M. E. (2013). Comportamiento agronómico de líneas para la producción de semilla de sorgo. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 111-118.

Frederickson, D. E., and P. G. Mantle. (1988). The path of infection of sorghum by *Claviceps sorghi*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 33: 221-234.

Galicia-Juárez, M., Sinagawa-García, S., Gutiérrez-Díez, A., Williams-Alanís, H., & Zavala-García, F. (2020). Termotolerancia en líneas de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para grano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 221-227.

García-Gutiérrez, Cipriano; González-Maldonado, María Berenice; Cortez-Mondaca, Edgardo. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, num. Septiembre-Diciembre, pp. 57-70.

Google Earth. (2020). Consultado en diciembre 2020, de Google Earth sitio web: <https://earth.google.com/web/@25.35918016,101.03848076,1732.22164898a,943.89095334d,35y,-58.79179349h,45.00000118t,-0r/data=KAE>

Hidalgo, J.C. (1997). Evaluación del control químico de cuatro malezas en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en el valle de Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingenieros Agrónomos. Zamorano, Honduras. En línea] <http://fai.unne.edu.ar/biología/plantas/Alelopatía.htm>. Consulta: 20/3/08.

House, L.R. (1985). A guide to Sorghum breeding. Segunda ed. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru, Andhra Pradesh, India.

- ICRISAT. (2020). Botánica del sorgo. 15 de agosto del 2020, de International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics Sitio web: <http://exploreit.icrisat.org/profile/Sorghum/193#>
- ICRISAT. (1996). The World Sorghum and Millet Economies: Facts, Trends and Outlook. ICRISAT/FAO, Patancheru, India/Rome, Italy, pp. 1–2
- Kimber, C.T. (2000). Origins of domestication sorghum and Its early diffusion to India and China. Pages 3–98 in C. W. Smith and R. A. Frederiksen, eds., Sorghum: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley y Sons Inc, New York.
- Montes-García, N., Williams-Alanís, H., Moreno-Gallegos, T., Cisneros-López, M., y Pecina-Quintero, V. (2012). 'RB-Paloma', variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. Revista Fitotecnia Mexicana, 35(2), 185-187.
- Muñoz, S. C. (2011). Mejoramiento Genético: La base del desarrollo agrícola. 15 de Agosto del 2022, de Universidad de Chile-Facultad de Ciencias Agronómicas Sitio web: [file:///C:/Users/Francisco20NC3A1jera/Downloads/presentacion20sr20carlos20munoz20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Francisco20NC3A1jera/Downloads/presentacion20sr20carlos20munoz20(2).pdf).
- Narro, S J, A Betancourt V, J I Aguirre R. (1992). Sorghum diseases in México. In: Sorghum and Millet Diseases. A Second World Review. Patancheru, India. ICRISAT. Pp: 75-84.
- NUSEED. (2019). Tendencias mundiales en la producción de sorgo. 31 de enero del 2022, de NUSEED Sitio web: <https://nuseed.com/eu/global-trends-in-sorghum-production/>
- Pacheco. (1998). D.R. (1998). Caracterización agronómica de dieciséis maicillos mejorados (*Sorghum bicolor* L. Moench) en diferentes localidades. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura. El Zamorano, Honduras.

- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., y Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastos y forrajes, 33(1), 1-1.
- Pfeiffer, W.H., McClafferty, B., (2007). HarvestPlus: breeding crops for better nutrition. Crop Sci. 47, S88–S105.
- Ponce Isaula, J.A. (2006). Producción y calidad de Sorgo Sureño con cinco densidades de siembra en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr., Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”. 22p.
- Rao, P.P., Birthal, P.S., Reddy, B.V.S., Rai, K.N., Ramesh, S. (2006). Diagnostics of sorghum and pearl millet grains-based nutrition in India. 47. International Sorghum and Millets Newsletter, pp. 93–96.
- Rodríguez del Bosque, L. A. and A. P. Terán. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in México. Southwestern Entomologist, 40: 433–434. Rodríguez, V. B., Rodríguez, V. J. M, Sarmiento, C. M. A. y B. H. C. Arredondo. 2015. Inventario de enemigos naturales de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae). In: Resúmenes del XXXVIII Congreso Nacional de Control Biológico. León, Guanajuato, México. 539 pp.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., and A. P. Terán. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): a new sorghum insect pest in México. Southwest. Entomol. 40: 433-434.
- Rooney, L. y Serna–Saldívar, S. (2000). Sorghum. En: Handbook of Cereal Science and Technology, (Kulp, K., Ponte, J., eds.). Marcel Dekker, New York, USA.
- Planeación Agrícola 2017-2030 (2017). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 31 de Enero del 2022, de SAGARPA Sitio web:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf

Saucedo, O.M. (2008). Sistema de control de daño de las aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Villa Clara. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (Cd-rom).

Serna–Saldívar, S. (2010). Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes. CRC Press. Boca Raton, FL.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2014). Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. México, D.F. Ficha técnica, No. 43, 15 p. SIAP. (2021). Producción Nacional de Sorgo para Grano. 27 de enero del 2022, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.

Singh, B. U., P. G. Padmaja, and N. Seetharama. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. Crop Prot. 23: 739-755.

Soto, F. Plana, R. y Hernández, N. (2009). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) y triticale (x *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. Cultivos Tropicales, 2009, vol. 30, no. 3, p. 32-36.

LFPCCS, (2007). Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. Consultada en línea el 31 de enero del 2022, de Ley Publica en el Diario Oficial de la Federación Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/551317/Ley_Semillas.pdf

- Torres, M. J. H., and G. N. Montes. (1999). Sorghum ergot in México. In: Global Conference on Ergot of Sorghum. Brazil, Sete Lagoas. June 1-8, 1997. pp: 101-108.
- Thomison, P. R. and Nafziger, E. D. (2003). Defoliation affects grain yield, protein, and oil of TopCross high-oil corn. Online. Crop Management doi: 101094/CM-2003-1027-01-RS.
- United Sorghum Checkoff. (2022) ¿Qué es el sorgo? 14 de agosto del 2020, de Sorghum the Smart Choice Sitio web: <https://www.sorghumcheckoff.com/sorghum-101/what-is-sorghum/>
- Uñate F.S.C. (2021). Selección de Genotipos de Sorgo por Caracterización Agronómica y Contenido de Compuestos Fenólicos en Grano, Tesis de Maestría en Ciencias de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, p.26.
- Valdés, L. C. G. S. (1997). Apuntes del curso: Metodologías tradicionales de mejoramiento genético de las plantas. Material no publicado. Facultad de Agronomía de la UANL. Marín, N. L., México.
- Velázquez P.D. (2019). Enfermedades del sorgo en el centro oeste de entre ríos. 1 de febrero del 2022, de Asociación Argentina de Fitopatólogos Sitio web: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/7154#>
- Williams-Alanís, H., Pecina-Quintero, V., Montes-García, N., Zavala-García, F., Arcos-Cavazos, G., y Gámez-Vázquez, A. J. (2009). Evaluación de Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] Para Resistencia a Pudrición Carbonosa *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. En Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 27(1), 69-72.
- Williams-Alanís, H., y Arcos-Cavazos, G. (2015). Comportamiento agronómico de híbridos y progenitores de sorgo para grano en las Huastecas. Agronomía Mesoamericana, 26(1), 88-97.

Zhang XJ, Zhang TS, (1983). 11 Callaphididae. The book of economic insects in China. Volumen 25. Homoptera. Aphides (Edited by Academia Sinical, Editorial Board of Chinese Fauna) China; Science Publishers, 156 183.

VII. ANEXOS

7.1. Croquis de campo del experimento de evaluación del comportamiento productivo en germoplasma de sorgo en la región sureste de Coahuila en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019.

bordo	bordo	Test	105	104	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89
89	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	Test	1	2	3	4	5	6	7	8
94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Test	105	104	103	102	101
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

* Distribución de las parcelas experimentales, utilizadas en el presente trabajo de investigación de Tesis.

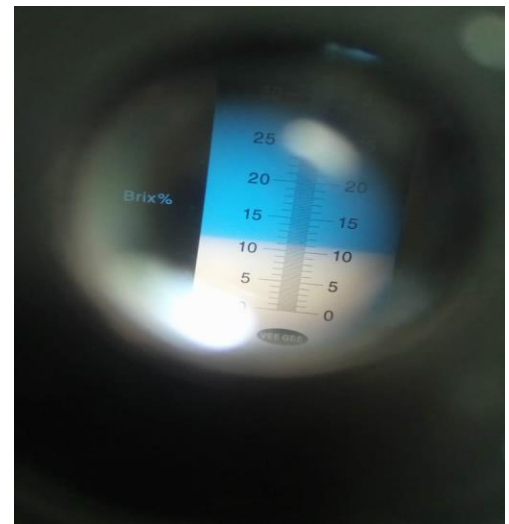
- 7.2.** Establecimiento de las parcelas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



- 7.3.** Fertilización granulada a base de la fórmula 18-46-00 y aplicación foliar de ácidos húmicos y fúlvicos en el lote experimental del cultivo de sorgo.



7.4. Toma de datos para las variables, longitud de panicula, altura de planta y grados brix en Lineas Experimentales de Sorgo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



7.5. Cosecha de las parcelas experimentales de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019 en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

