

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Líneas Experimentales de Sorgo [*Sorghum bicolor*  
(L.) Moench], Para Doble Propósito (Grano y Forraje)

Por:

**ROBERTO CARLOS ESPINOSA GONZÁLEZ**

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 Agronómica de Líneas Experimentales de Sorgo [*Sorghum bicolor*  
(L.) Moench], Para Doble Propósito (Grano y Forraje)

Por:

**ROBERTO CARLOS ESPINOSA GONZÁLEZ**

TESIS

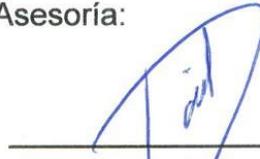
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda  
Asesor Principal Interno



Dr. David Sánchez Aspeytia  
Asesor Principal Externo



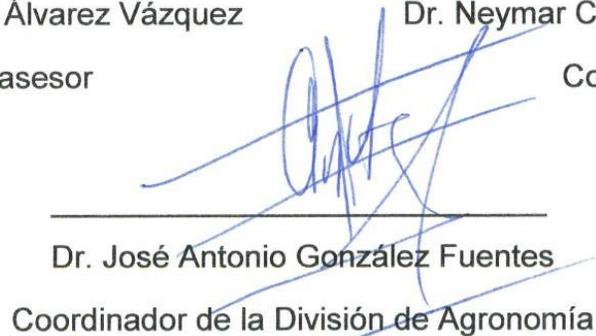
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo

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

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a central horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

---

Roberto Carlos Espinosa González

## AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** que me recibió con los brazos abiertos desde el primer día que llegue, gracias por brindarme todo lo indispensable para poder lograr mis metas, con cada uno de sus salones, jardines, bibliotecas, laboratorios, auditorios, buitres y como olvidar su comedor donde todos los días nos brindaba los alimentos para poder estar al día, a los maestros que me brindaron de su conocimiento y experiencia para ser un excelente profesionista, así como ser mejor persona, gracias por los mejores momentos de mi vida que me brindaste, ahora me voy con este sentimiento de alegría y nostalgia, pero siempre ocuparas una parte en mi corazón mi Alma Mater.

Mi total agradecimiento al **Dr. Antonio Flores Naveda** por haberme brindado su apoyo desde el inicio hasta el final del proyecto, por el tiempo que le dedicó a la revisión de mi tesis y con ello terminarla de una manera adecuada, por todo lo que me enseñó en campo y dentro del salón de clases, por darme la confianza al tener un lugar en sus trabajos.

A mis asesores **Dr. David Sánchez Aspeytia**, **Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez** y **Dr. Neymar Camposeco Montejo**, les agradezco por su participación en el comité de asesoría, aportaciones y sugerencias realizadas al presente trabajo de investigación de Tesis.

Así mismo, quiero agradecer a mi tutora **Norma Irene Hernández Figueroa** por sus consejos y su confianza que me brindo siempre y las actividades que realizamos durante mi estancia en la universidad que me ayudaron a crecer como una mejor persona.

Al **M.C Felicito Díaz Vázquez** y al **M.C Rubén Lecona García** que me apoyaron durante el transcurso de mi tesis, brindándome apoyo para poder lograr con éxito el trabajo, así también su apoyo como amigo dándome consejos para ser una mejor profesionista, le agradezco el tiempo que me apoyaron, les deseo éxito en todo lo que hagan.

A las personas que trabajan la Universidad por haber participado en el proyecto, el buen **Lorenzo Villa Sandoval** que dedicó muchas horas de trabajo a mi tesis, a la **M.C Graciela Alonso** que fue una excelente laboratorista y amiga, ayudando en todo momento para terminar con éxito mi proyecto.

A todos mis amigos **Francisco Javier Nájera Hernández, Raúl Orlando Nájera Velasco, Rodrigo Nájera Velasco, José Armando Hernández, Genaro Pérez Jiménez, Ximena Ramírez Leyva, Ángel Eduardo Chávez, Fernanda Espinosa Vilchis, Rosa Isela, Anayanci, Yazmín** y todos los demás compañeros de generación que si menciono no termino, gracias que estuvieron conmigo en todo momento que los necesite, por el apoyo brindado, por el tiempo que me prestaron, ustedes saben lo mucho que los aprecio, al igual que yo estaré con ustedes para apoyarlos, darles consejos, escucharlos, divertirnos, siempre los llevare conmigo en una parte de mi corazón y que esta amistad dure para toda la vida, que en un futuro volvamos a encontrarnos para poder recordar todos los momentos que convivimos juntos, de todo corazón les deseo éxito en la vida y el mayor de los éxitos en sus proyectos de vida.

## DEDICATORIA

### A Dios

Gracias padre por estar conmigo durante toda mi vida, por haberme permitido culminar con mis estudios de licenciatura, por cuidarme todo el tiempo que estuve fuera de casa, por cada día que vivo, por darme inteligencia y paciencia, para poder lograr cada uno de los obstáculos que se presentaron durante mi etapa de universidad, así como la vida que le brindas a mis padres ya que siempre están para apoyarme.

### A Mis Padres

Como siempre ustedes (**Roberto Espinosa Montoya** y **Josefina González Montoya**), esto es el fruto del esfuerzo que realizaron todos los días que estuve fuera de casa, apoyándome todo el tiempo tanto en lo económico como en lo sentimental, con su amor y comprensión logre mi meta, me siento orgulloso de tenerlos a ustedes conmigo y poder decirles lo logre, tengo una vida por delante y en ella siempre quiero que estén, para apoyarme, comprenderme, aconsejarme como siempre lo han hecho, los quiero mucho.

### A Mi Abuelita

A ti, mami carmelita gracias por todo lo que me apoyaste, por los consejos que siempre me dabas que me hicieron una mejor persona, no encuentro las palabras para describir lo mucho que te quiero, me siento afortunado de ser tu nieto, ya que durante toda mi vida siempre has estado ahí para todo, espero que Dios te brinde muchos años de vida para poder tenerte siempre conmigo.

### A Mis Hermanas

A mis amores **María del Carmen Espinosa González** y **Andrea Elizabeth Espinosa González** que siempre estuvieron conmigo apoyándome siempre, me siento feliz de ser su hermano mayor para poder brindarles de mi apoyo, aconsejándolas, ser un ejemplo de bien para ustedes y desearles el

mejor de los éxitos en todo lo que hagan, siempre estaré para apoyarlas las quiero mucho.

### **A Mis Tíos**

Gracias por todo el cariño y amor que me dieron y me siguen dando, **Elvira González, Mercedes González, Reyna González y Osvaldo González**, he logrado mi meta y puedo compartirlo con ustedes, sus consejos y su amor me sirvieron para seguir siempre adelante, de todo corazón se los agradezco.

### **Para el Mejor Abuelito, Hasta el Cielo**

Gracias papi **Tomas González Jiménez<sup>†</sup>** por todo lo que me apoyaste, tus consejos, amor, cariño, comprensión para mí siempre estarán presentes, esto va por ti, me parte el corazón y se me llenan los ojos de lágrimas por no tenerte acá conmigo, pero me siento feliz que he logrado mi meta y una gran parte es por ti, te recordare toda mi vida, te mando un abrazo hasta el cielo.

### **A Mi Alma Mater**

Mi agradecimiento a la **UAAAN** por todo lo que me brindaste durante mi etapa de licenciatura, desde su comedor hasta los maestros que me transmitieron conocimientos para poder ser un buen profesionalista, ahora con orgullo daré lo mejor de mí en cada lugar que vaya, poniendo en alto tu nombre, me diste los mejores momentos de mi vida y eso nunca olvidare, espero y algún día regresar a ti, con cariño tu buitre.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. <b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1. Origen del cultivo de sorgo e importancia .....	3
2.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.3. Producción de sorgo a nivel mundial.....	6
2.4. Producción de sorgo en México .....	6
2.5. Botánica del sorgo.....	8
2.6. Etapas fenológicas de la planta de sorgo.....	10
2.7. Mejoramiento genético del sorgo .....	11
2.8. Sorgo como forraje.....	12
2.9. Principales plagas y enfermedades.....	13
2.10. Tipos de sorgo .....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Localización del experimento .....	17
3.2. Germoplasma utilizado.....	17
3.3. Tratamientos .....	17
3.4. Preparación del suelo.....	19
3.5. Siembra y densidad.....	19

3.6.	Fertilización .....	19
3.7.	Control de malezas .....	19
3.8.	Control de plagas y enfermedades.....	19
3.9.	Riego.....	20
3.10.	Cosecha .....	20
3.11.	Trilla de la semilla.....	21
3.12.	Diseño experimental.....	21
3.13.	Variables evaluadas .....	22
3.13.1.	Días a floración (DF) .....	22
3.13.2.	Altura de planta (AP) .....	22
3.13.3.	Longitud de panícula (LP) .....	22
3.13.4.	Longitud de exersión (LE) .....	22
3.13.5.	Ancho de hoja (AH) .....	22
3.13.6.	Longitud de hoja (LH).....	22
3.13.7.	Número de hojas por planta (NHP) .....	22
3.13.8.	Número de entrenudos por planta (NEP) .....	23
3.13.9.	Diámetro de tallo (DT) .....	23
3.13.10.	Incidencia de daño por aves (IDA) .....	23
3.13.11.	Enfermedades foliares (EF) .....	23
3.13.12.	Grados brix (GB) .....	23
3.13.13.	Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP) .....	23
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
4.1.	Días a floración .....	29
4.2.	Altura de planta .....	31
4.3.	Longitud de exersión .....	33
4.4.	Longitud de panícula .....	35
4.5.	Longitud de hoja.....	37
4.6.	Ancho de hoja .....	39
4.7.	Diametro de tallo .....	41
4.8.	Incidencia de daño por aves .....	43
4.9.	Incidencia de enfermedades foliares.....	45

4.10.	Grados brix.....	47
4.11.	Número de hojas por planta .....	49
4.12.	Número de entrenudos por planta.....	51
4.13.	Rendimiento de grano en gramos por planta .....	53
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la planta de sorgo. ....	5
<b>Cuadro 2.</b> Principales países productores de sorgo a nivel mundial en 2019....	6
<b>Cuadro 3.</b> Principales estados productores de sorgo en México. ....	8
<b>Cuadro 4.</b> Genotipos de sorgo utilizados en el trabajo de investigación.....	18
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza de las variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	24
<b>Cuadro 6.</b> Promedio de las variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista Saltillo, Coahuila. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Etapas fenológicas de la planta de sorgo.....	11
<b>Figura 2.</b> Comparación de medias para la variable días a floración de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	30
<b>Figura 3.</b> Comparación de medias para la variable altura de planta de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	32
<b>Figura 4.</b> Comparación de medias para la variable longitud de exersión de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	34
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias para la variable longitud de panícula de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	36
<b>Figura 6.</b> Comparación de medias para la variable longitud de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	38
<b>Figura 7.</b> Comparación de medias para la variable ancho de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	40
<b>Figura 8.</b> Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	42
<b>Figura 9.</b> Comparación de medias para la variable incidencia de daño por aves de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	44

<b>Figura 10.</b> Comparación de medias para la variable incidencia de enfermedades foliares, de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	46
<b>Figura 11.</b> Comparación de medias para la variable grados brix de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ....	48
<b>Figura 12.</b> Comparación de medias para la variable número de hojas por planta, de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	50
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias para la variable número de entrenudos por planta de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	52
<b>Figura 14.</b> 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.....	54

## RESUMEN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se encuentra entre los cinco cultivos de mayor importancia a nivel mundial, ya que este cultivo logra cubrir las necesidades alimenticias de humanos como de animales, en él se pueden aprovechar los granos, tallos y hojas. Así mismo, dadas sus características fisiológicas diferentes, como su alta eficiencia fotosintética y adaptación a condiciones adversas, actualmente es uno de los cereales que presentan mejores características por su menor consumo de agua y por soportar los efectos de sequía.

El proyecto de investigación se llevó a cabo durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), bajo condiciones de campo abierto. Ubicado en Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Se utilizaron 32 Líneas Experimentales de Sorgo y un híbrido, utilizado como testigo.

Se evaluaron las variables días a floración (DF), altura de plantas (AP), longitud de panícula (LP), longitud de excursión (LE), ancho de hoja (AH), longitud de hoja (LH), diámetro de tallo (DT), incidencia de daño por aves (IDA), incidencia de enfermedades foliares (EF), grados Brix (GB), número de hojas por planta (NHP), número de entrenudos por planta (NEP) y rendimiento de grano por planta (RGP).

Los resultados muestran a LES-520 como el genotipo que presentó el mejor rendimiento, cabe mencionar que para las demás variables el comportamiento agronómico fue aceptable. Al igual, se encontraron a los genotipos LES-545 y LES-531 con buenas características agronómicas evaluadas como sorgo para doble propósito (grano y forraje).

**Palabras claves:** Genotipo, *Sorghum bicolor*, Grano, Rendimiento, Forraje.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales que por sus características agronómicas y nutricionales, aporta grandes beneficios en la alimentación, tanto humana como animal. Los híbridos de sorgo de tipo (forrajero, grano y producción de biomasa), presentan una amplia adaptabilidad a ambientes de estrés abiótico, por temperatura y humedad del suelo. Además, es una especie precoz de porte alto que produce gran cantidad de masa fresca y tallos con elevados contenidos de azúcares fermentables. (Dayakar *et al.*, 2004, Thawaro *et al.*, 2017).

Además, representa una alternativa forrajera, y pueden diferenciarse variedades aptas para producción de grano y aquéllas útiles para la obtención de forraje (Dahlberg, 2000). Algunas variedades son consideradas de doble propósito, ya que son cultivadas para producción de forraje y obtención de grano (USDA, 2020); (Bean *et al.*, 2013).

El cultivo presenta buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado el cereal del siglo XXI. A nivel mundial, a principio de los sesenta una gran producción de sorgo se empleaba directamente en la alimentación humana; mientras que en la actualidad la utilización de sorgo para el consumo animal se ha duplicado (Pérez *et al.*, 2016). Es adaptable a las condiciones ambientales extensas y proporciona forraje nutritivo apetitoso a los animales (Yuvaraja *et al.*, 2019). El sorgo es más resistente que el maíz en condiciones de sequía y, por lo tanto, crece en áreas semiáridas propensas al estrés, no aptas para el cultivo del maíz.

Es una planta de cereal con múltiples usos, considerada como una de las plantas más importantes para la producción de granos para consumo humano y alimentación animal (Vijayaxmi *et al.*, 2019). Es uno de los principales granos en nuestro país. Su importancia radica en que proporciona materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales (Loaiza *et al.*, 2008).

Por lo anterior, se plantean los objetivos e hipótesis del presente trabajo de investigación experimental.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas experimentales de sorgo para doble propósito (grano y forraje).

### **1.2. Objetivos específicos**

Evaluar el comportamiento agronómico de 32 líneas experimentales de sorgo y un híbrido, para grano y forraje.

Evaluar en genotipos de sorgo las variables de altura de planta, número de hojas y entrenudos por planta, ancho de hoja, estimación de grados brix y rendimiento de grano.

### **1.3. HIPÓTESIS**

Hi: Las líneas experimentales de sorgo evaluadas, presentan potencial agronómico para producción de grano y forraje en el ambiente de evaluación.

Ho: Las líneas experimentales de sorgo evaluadas, no presentan el comportamiento agronómico adecuado, para producción de grano y forraje en el ambiente evaluado.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del cultivo de sorgo e importancia

El origen del cultivo se remonta en África, particularmente en Etiopía, Sudán y la región este de África (Doggett, 1965). Semillas de sorgo fueron encontradas en excavaciones arqueológicas que datan de hace 6,000 años (Kimber, 2000). Se trata de un cereal reconocido como altamente productivo, resistente a la sequía; el cual provee a la humanidad alimento, forraje, fibra y energía, particularmente en las regiones semiáridas (Kimber *et al.*, 2013). Es una gramínea tropical de metabolismo tipo C4, que a través del mejoramiento genético se ha difundido a las regiones templadas del mundo, y se ha establecido como un cultivo de gran adaptación ambiental (Blum, 2004).

El sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, es un cultivo cada vez más utilizado como forraje, en México en el ciclo agrícola 2017 se sembraron 192 mil ha de sorgo forrajero con rendimientos promedio de 20 t MS ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019), esto se debe a su elevada tolerancia a sequía, especialmente en etapa vegetativa (Castro *et al.*, 2000), se ha adaptado mejor que el maíz, debido que produce mayor cantidad de materia seca (MS) por unidad de agua consumida, una planta de sorgo consume de 80 a 100 mililitros menos que el maíz en etapa reproductiva (Ajeigbe *et al.*, 2018).

Entre los cereales, el sorgo es reconocido por su adaptación a ambientes hostiles y propiedades antioxidantes (Wu *et al.*, 2017).

Como menciona (Rebollar *et al.*, 2016), el sorgo grano es uno de los tres granos básicos de importancia pecuaria en México, después del maíz, ya que se cultiva en casi todo el país, excepto en Tlaxcala y Ciudad de México.

El grano de sorgo se emplea como alimento humano, para la alimentación del ganado, las aves de corral y como materia prima en almidonería y la industria alcoholera. Es uno de los alimentos básicos para la población más pobre del mundo, que es también la que padece una situación de mayor inseguridad

alimentaria. Desde el punto de vista genético, el cultivo de sorgo se adapta bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales. En diversas zonas agroecológicas, el cultivo del sorgo cumple una doble finalidad, ya que tanto al grano como al rastrojo se les concede un alto valor. En diversas regiones del mundo en desarrollo, los residuos de la planta de sorgo forrajero, representa hasta el 50 por ciento del valor de la cosecha, especialmente en los años de sequía.

De acuerdo con (Fontanetto y Keller, 2015) mencionan que el sorgo granífero es un cultivo de gran importancia para las rotaciones o secuencias de los diferentes sistemas de producción, debido al aporte de rastrojos voluminosos al suelo. Además, contribuye a que los niveles de materia orgánica de los suelos, no disminuyan notoriamente como cuando no se tiene como integrante de las diferentes secuencias de cultivos. A su vez, es un cultivo que tolera mejor que otros, las deficiencias hídricas y se adapta a una amplia gama de condiciones de suelo, presentando así mismo una buena respuesta a la fertilización.

## 2.2. Clasificación taxonómica

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la planta de sorgo.

<b>Tribu</b>	<i>Andropogoneae</i>
<b>Subtribu</b>	<i>Sorghinae</i>
<b>Género</b>	<i>Sorghum Moench</i>
<b>Subgénero</b>	<i>Sorghum</i> <i>Chaetosorghum</i> <i>Heterosorghum</i> <i>Parasorghum</i> <i>Stiposorghum</i>
<b>Especie del subgénero</b>	<i>Sorghum</i> <i>Sorghumpropinquum</i> <i>Sorghum halepense</i> <i>Sorghum bicolor</i>
<b>Subespecies de sp. S. bicolor</b>	<i>Sorghum bicolor bicolor</i> <i>Sorghum bicolor drummondii</i> <i>Sorghum bicolor</i> <i>Verticilliflorum</i>
<b>Razas de subsp. S. bicolor bicolor</b>	Bicolor Guinea Durra Kafir Caudatum

Fuente: Kimber, 2000.

### 2.3. Producción de sorgo a nivel mundial

Este cereal constituye un excelente alimento para la nutrición humana y animal; como alimento animal se utiliza en la nutrición porcina, ganadera y aves de corral (Pérez *et al.*, 2010). Su cultivo se ha generalizado, ocupando el quinto lugar entre los cereales, después del trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.); (Zhao *et al.*, 2010).

El sorgo es el quinto cereal más cultivado y consumido en el mundo y presenta adaptación a los ambientes de baja precipitación y altas temperaturas (FAO, 2016).

**Cuadro 2.** Principales países productores de sorgo a nivel mundial en 2019.

Principales países productores de sorgo 2019 (millones de toneladas métricas)	
Estados Unidos	9.3
Nigeria	6.8
India	3.8
México	4.7
Etiopía	4.1
Sudán	4.0

Fuente: FIRA, 2019.

### 2.4. Producción de sorgo en México

En México, la superficie sembrada y cosechada de sorgo grano (*Sorghum bicolor* L. Moench.) al 31 de diciembre del 2020, fue con una superficie de 1, 475, 162 hectáreas con una producción de 4, 309, 407 toneladas de grano y de las cuales un total de 26,415 hectáreas, han sido siniestradas, una superficie cosechada de 1, 317, 399 hectáreas, y con un rendimiento promedio a nivel nacional de 3.27 toneladas por hectárea (SIAP, 2022).

Por otra parte, según estadísticas del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP, 2022) en relación a los avances de siembras y cosechas al 31 de diciembre del 2020, se contaba con una superficie sembrada de 153, 360 hectáreas para la producción de sorgo forrajero en verde, de las cuales un total de 4, 888 hectáreas, han sido siniestradas, una superficie cosechada de 127,472 hectáreas y una producción obtenida de 3, 031, 350 toneladas con un rendimiento promedio a nivel nacional de 23.78 toneladas por hectárea.

El noreste de México, que comprende Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, es la región con mayor producción de sorgo con 800 000 ha sembradas anualmente (SIAP, 2019), donde predominan las siembras con semillas híbridas, las cuales son desarrolladas para ambientes favorables al cultivo y son de alto costo en el mercado debido a que son producidas en EE. UU, resultando nuestro país dependiente de este insumo (Flores-Naveda *et al.*, 2013).

**Cuadro 3.** Principales estados productores de sorgo en México.

Estado	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
	Sembrada	Cosechada		
<b>Sorgo en grano y forraje</b>				
<b>Tamaulipas</b>	744,136	716,867	1,830,997	16.163
<b>Sinaloa</b>	126,516	126,283	895,370	20.122
<b>Guanajuato</b>	159,756	159,756	748,422	27.069
<b>Michoacán</b>	71,109	67,548	490,753	31.868
<b>Sonora</b>	17,568	32365	315,502	22.053

Fuente: SIAP, 2019.

## 2.5. Botánica del sorgo

El sorgo es un pasto 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 (CENTA, 2018).

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 nuevas ahora contienen 2-3 genes enanos, lo que resulta en plantas que son más fáciles de cosechar, ya que miden de 0.6 a 1.2 metros de altura. Las hojas cerosas que ruedan cuando la humedad está estresada ayudan a la planta a ser más tolerante a la sequía que otros cereales, como el maíz (CENTA, 2018).

Las espiguillas en la panícula de sorgo vienen en pares y tienen granos blancos, amarillos y marrones. Las semillas más marrones presentan alto contenido de taninos (CENTA, 2018).

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 para piensos y forrajes para el ganado (CENTA, 2018).

### **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 primordios 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 (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 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 1.5 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 semicompacta. Puede tener de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 800 granos, según el tipo de panícula (CENTA, 2018).

### **2.6. Etapas fenológicas de la planta de sorgo**

El desarrollo del cultivo de sorgo consiste de tres etapas: vegetativa, reproductiva y la de formación del grano. La duración de cada fase depende de la influencia del fotoperíodo; para variedades insensibles al fotoperíodo la duración de la primera fase es aproximadamente 30 días, la segunda fase de 30-60 días y la tercera fase de 60-90 días (Aguirre, 2013).

#### **Etapas 1**

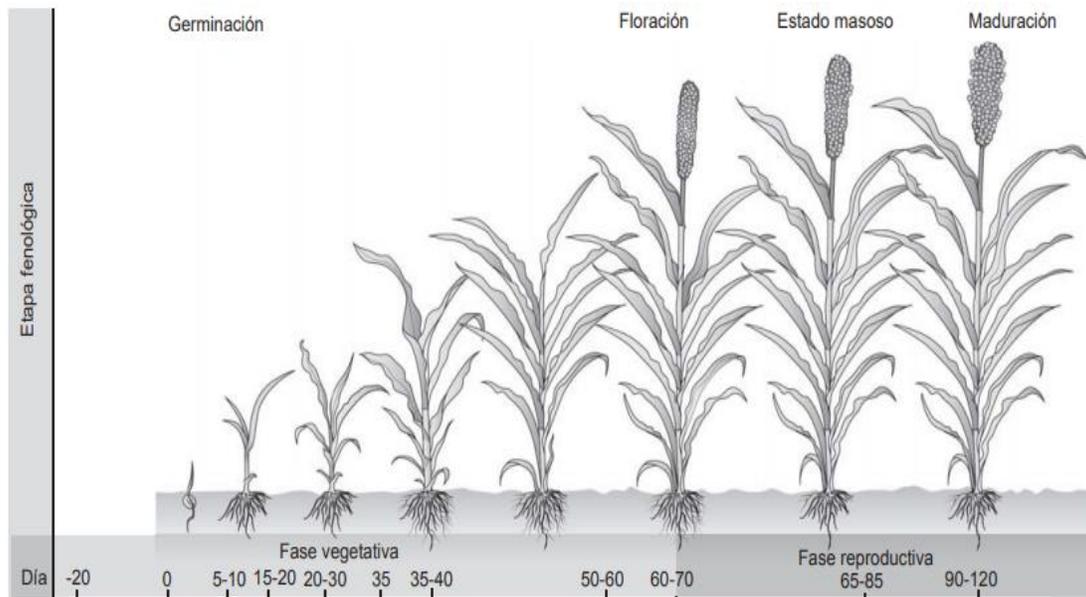
Vegetativa, comprende desde la siembra, hasta el inicio de los primordios florales. Inicia con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, del coleóptilo, crecimiento de hojas y tallo, finalizando al inicio del primordio floral.

#### **Etapas 2**

Reproductiva, se inicia con la emergencia del primordio floral, continúa con iniciación de ramas primarias, secundarias; agrandamiento del ápice floral, glumas, espiguillas, formación de florecillas con sus estambres y pistilos, finalizando con la maduración de los órganos reproductivos.

### Etapa 3

Comprende: polinización, fecundación del ovario, desarrollo y maduración del grano.



**Figura 1.** Etapas fenológicas de la planta de sorgo.

Fuente: INATEC, 2017.

### 2.7. Mejoramiento genético del sorgo

La investigación en mejoramiento genético de sorgo en el norte de México, por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA (hoy INIFAP); se inició en el Campo Experimental Río Bravo en 1974. Su ámbito incluyó, las regiones cálido-secas del país en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Sonora y Sinaloa (Williams *et al.*, 1995).

El sorgo de grano, ha sufrido modificaciones relacionadas con la arquitectura genética, lo que ha resultado en el desarrollo de cultivares tempranos con alto rendimiento de grano y altura de planta ideal, para la cosecha (Cisneros *et al.*, 2017).

El rendimiento de grano y sus componentes son caracteres de herencia cuantitativa; por lo tanto, es necesario estimar el tipo y la magnitud de acción de los genes involucrados para seleccionar el método apropiado de mejoramiento (Premalatha *et al.*, 2006).

## **2.8. Sorgo como forraje**

Existe poca información de sorgos forrajeros en el Altiplano Central de México (Bolaños *et al.*, 2013), los estudios realizados son principalmente en rendimiento de materia seca (Borghetti *et al.*, 2013). Sin embargo, para comprender mejor los factores fisiológicos que determinan el rendimiento y diferencias entre variedades, se requieren estudios detallados del crecimiento vegetal que permitan identificar y cuantificar la distribución de materia seca en etapas fenológicas, duración del ciclo de cultivo y determinar el momento óptimo de corte para producción de forraje (Egli, 2017).

Es un cultivo que requiere menos agua que el maíz, por ello tiene potencial como una planta forrajera que se puede cultivar en esta región, ya que además su valor nutricional es igual o ligeramente superior en comparación al maíz, y con una respuesta productiva superior (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2012).

El sorgo forrajero se utiliza principalmente como ensilaje para el ganado. Se recolecta en estado de masa blanda de desarrollo y se ensila. Contiene 52 a 65% de digestibilidad de materia seca, 8 a 12% de proteína cruda, 60 a 75% de fibra detergente neutra y 34 a 40% de fibra detergente ácida. El grano ensilado tiene una digestibilidad de aproximadamente el 90%. El ensilaje de sorgo contiene menos grano y es más alto en fibra que el ensilado de maíz.

El cultivo se caracteriza por un crecimiento rápido, alto rendimiento y contenido de materia seca, frondosidad y mejor palatabilidad (Mukherjee y Maiti, 2009).

En el trópico de México se promueve la conservación de forrajes como ensilaje como una alternativa para incrementar y mantener la producción de leche en el año. El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de elección para producir ensilajes

de alta calidad (Según Oliver y Reborá 2018); pero este cultivo presenta inconvenientes durante los períodos de estrés hídrico (Bolaños, 2012). Bajo este escenario, el sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] se utiliza como cultivo alternativo al ensilado de maíz reemplazado, porque se puede sembrar tarde, es mejor en el uso del agua, tiene un alto rendimiento de biomasa (Getachew y Oliver, 2016), aumenta el suelo cubre y tiene un menor requerimiento de nutrientes y pesticidas en comparación con el cultivo de maíz. El ensilado de sorgo tiene niveles aceptables de carbohidratos solubles (60-80 g kg<sup>-1</sup> de MS), capacidad amortiguadora relativamente baja, contenido de materia seca de más del 20% y estructura física para compactarse durante el llenado del silo y representa menores costos de producción en comparación con el maíz (Ribeiro *et al.*, 2007).

En el centro y norte de México, el ensilaje de sorgo se considera una alternativa al ensilaje de maíz para la producción de leche bovina, por altos rendimientos de materia seca (18 t ha<sup>-1</sup>), digestibilidad (56%) y lactancia energética neta (1.45 Mcal kg<sup>-1</sup>), el ensilado de sorgo es ampliamente utilizado por los productores de leche en estas áreas del país (Núñez *et al.*, 1999).

## **2.9. Principales plagas y enfermedades**

El pulgón amarillo del sorgo (*M. sacchari/ sorghi*) afecta al cultivo durante todas sus etapas de desarrollo. Según (Rodríguez del Bosque y Terán 2015), la colonización comienza por el envés de las hojas basales en la etapa de desarrollo vegetativo y posteriormente, se va desplazando gradualmente hacia las hojas superiores e infesta la panícula durante la oración y el llenado del grano. Además, afecta indirectamente la planta al disminuir el área fotosintética de la misma ya que sobre sus excreciones pueden desarrollarse manchas negras (fumagina).

El gusano cogollero, del género *Spodoptera* es una de las plagas que causan daños importantes, se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, provocando daños importantes, y de las 30 especies descritas, la mitad son plagas del sorgo y varios cultivos de importancia económica (Pogue, 2002). Según (Barros *et al.*, 2010) se alimenta inicialmente de las hojas, por lo que comienza a consumir granos en la etapa inicial de llenado en diversos cultivos.

El cornezuelo del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] Causado por el hongo *Claviceps africana* (Frederickson, Mantle y de Milliano) se reportó por primera vez en México en 1997 (Aguirre *et al.*, 1997). El hongo infecta los ovarios no fertilizados, impidiendo la formación de semilla. En general, las líneas androestériles utilizadas en la producción de semilla son susceptibles al cornezuelo, por lo que la producción de éstas se ve afectada con pérdidas de hasta 100% (Workneh y Rush, 2003).

Entre las royas que afectan al sorgo, la causada por *Puccinia purpurea* es la más ampliamente distribuida; está presente en todos los continentes (Frederiksen, 1986). El hongo se menciona, tanto en sorgos cultivados como en no cultivados, y en otras poáceas. Se caracteriza por pústulas (uredinios) castaño-rojizas, ferruginosas, en ambas caras de la hoja, rodeadas por un área púrpura, castaño oscura o rojiza según el genotipo, en ocasiones con áreas amarillentas, con urediniosporas en su interior. En general, la enfermedad se manifiesta a partir de floración y en condiciones de elevada humedad, las cuales favorecen su aparición y desarrollo epifítico.

## **2.10. Tipos de sorgo**

Actualmente, existen tres tipos principales de sorgo cultivable: el sorgo forrajero, produce más materia seca que el sorgo de grano, tiene tallos gruesos y se usa ampliamente para ensilaje (Rezende *et al.*, 2020), sorgo granífero, que tiene un potencial de producción intermedio y puede ser utilizado para pastoreo, heno o ensilaje (Ribeiro *et al.*, 2015), y sorgo híbrido con pasto Sudan, que tiene un tallo fino, excelente capacidad de macollamiento y regeneración después del pastoreo (Bath, 2019); (Simili *et al.*, 2011).

### **Forraje**

La producción de materia seca de un sorgo diferido, varía según genotipos y años, entre 4.000 a 9.000 kg de materia seca por hectárea. Este gran volumen de forraje, permite mantener una alta carga animal durante el período invernal, momento en el cual la producción de pasto de otros recursos se ve limitada principalmente por condiciones ambientales (INTA, 2011).

### **Grano**

Los sorgos del tipo graníferos son utilizados para aportar energía en los sistemas de engorda intensiva, para suplementación estratégica. Para la elección del híbrido es fundamental tener en cuenta su adaptación a la zona, largo del ciclo, fecha de siembra, necesidad de producir rastrojo de cobertura y fecha probable de cosecha. Otras alternativas de destino son: exportación directa de granos, industrias de alimentos balanceados, alimentación para aves o panificados para alimentación humana, en donde la calidad del grano de sorgo será diferente para cada tipo de demanda.

### **Ensilaje**

El ensilaje de sorgo es una reserva forrajera que aporta un gran volumen de forraje fresco, pero presenta un limitado aporte de proteína y en muchos casos también de energía. El híbrido a elegir, para hacer ensilaje debería ser del tipo silero azucarado, silero BMR o doble propósito, para obtener un buen equilibrio entre cantidad y calidad de forraje. Las diferencias en composición morfológica, y en la proporción de tallos, hojas y panojas que poseen los distintos tipos, podrían

generar diferencias en la composición química y en consecuencia en el valor nutritivo del recurso forrajero. De esta manera, se refuerza el concepto de la importancia en la elección del híbrido a emplear para producir alimento de calidad.

### **Verdeo**

La utilización del sorgo forrajero como verdeo es muy interesante ya que presenta mayor producción con respecto a otros verdeos, como el mijo, ya que se diferencia del maíz por la gran capacidad de rebrote que presenta. Un aspecto relevante de los cultivares forrajeros actuales es su alta producción de biomasa, su gran capacidad de rebrote y la alta relación hoja/tallo que beneficia el aprovechamiento directo por los animales y la posibilidad de confeccionar henos de buena calidad nutricional. Si, se requiere un material de alta producción de forraje, para consumir en más de una oportunidad, es deseable elegir un cultivar del tipo forrajero pudiendo ser los tipos fotosensitivo, azucarado, sudán o sudan BMR (o de baja lignina).

### **Sorgo para consumo humano**

Las variedades más cultivadas y consumidas son los sorgos blancos, amarillos y rojos, pero esto depende de la elección individual y la ubicación. La elección de los tipos de alimentos consumidos está estrechamente relacionada con los alimentos disponibles localmente y con la biodiversidad encontrada, ya que ambos factores contribuyen principalmente a los valores minerales nutritivos de las dietas (Panafiel *et al.*, 2011), así como a la composición de vitaminas. Se ha informado, que el sorgo contiene compuestos bioactivos que tienen un profundo efecto antiinflamatorio, antioxidante y anticáncer de colon (Vanamala *et al.*, 2018).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

El experimento se estableció el día 18 de mayo en el ciclo agrícola Primavera-Verano del 2019, dentro del Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), bajo condiciones de campo abierto. Ubicado en Buenavista Saltillo, Coahuila, con ubicación geográfica 25°21'33'' latitud norte, 101°02'20'' longitud oeste y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2020).

#### **3.2. Germoplasma utilizado**

Se utilizaron 32 Líneas Experimentales de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) del 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, así como un híbrido testigo de una empresa transnacional.

#### **3.3. Tratamientos**

Los tratamientos fueron los genotipos que se utilizaron y evaluaron, para la presente investigación, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano de 2019, los cuales se muestra a continuación en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Genotipos de sorgo utilizados en el trabajo de investigación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Genotipo</b>
T1	LES-444	T20	LES-512
T2	LES-445	T21	LES-517
T3	LES-446	T22	LES-520
T4	LES-447	T23	LES-524
T5	LES-448	T24	LES-525
T6	LES-449	T25	LES-528
T7	LES-462	T26	LES-531
T8	LES-464	T27	LES-536
T9	LES-465	T28	LES-537
T10	LES-469	T29	LES-538
T11	LES-472	T30	LES-543
T12	LES-478	T31	LES-544
T13	LES-482	T32	LES-545
T14	LES-489	T33	Testigo P-83P86
T15	LES-492		
T16	LES-497		
T17	LES-501		
T18	LES-505		
T19	LES-506		

### **3.4. Preparación del suelo**

La preparación de suelo se realizó con dos pases de rastra y uno de surcado, dejando el suelo en condiciones adecuadas para la siembra y para un óptimo desarrollo de las plantas.

### **3.5. Siembra y densidad**

La siembra de sorgo se llevó a cabo el día 18 de mayo esto con una buena humedad en el suelo, para que al momento de sembrar las semillas tuvieran una buena germinación y desarrollo, esto se realizó de forma manual y a una densidad de 12-14 plantas por metro lineal y una distancia de 0.80 metros entre surcos, que para marco de plantación de una hectárea es de 150,000 plantas/ha.

### **3.6. Fertilización**

La fórmula de la fertilización utilizada fue de 20-20-20 (NPK), Urea (46%N), se aplicaron en forma foliar ácidos húmicos y fulvicos en dosis de 1 ml/L de agua, durante las primeras etapas y 3 ml/L en las etapas de floración y madurez de grano, esto con aspersores de 16 L, y de forma granular se aplicaron fertilizantes en etapas de desarrollo a base de la fórmula 18-46-0. Así como, la aplicación de biorreguladores de crecimiento a base de citocininas y auxinas (Agromil V®).

### **3.7. Control de malezas**

El control de malezas se realizó de forma mecanizada (cultivadora) a los 54 dds, así como de forma manual en diferentes etapas del cultivo, esto para un mejor desarrollo de las plantas y evitar competencia por nutrientes, agua, luz entre plantas de sorgo y maleza, así también para tener un área experimental limpia, al igual se realizaron aplicaciones de herbicidas pre-emergentes, para evitar el desarrollo de malezas, con aspersores manuales.

### **3.8. Control de plagas y enfermedades**

El control de plagas y enfermedades se llevó a cabo durante todas las etapas del cultivo, esto con la finalidad de evitar daños a la planta, para ello se monitoreaban de 2-3 veces por semana, con el fin de identificar algún posible daño por plaga o enfermedad y así poder realizar el control preventivo a cada una

de ellas, evitando su propagación. Asimismo, se aplicaron insecticidas correspondientes a cada etapa fenológica del cultivo.

La primera aplicación fue cuando en el monitoreo se observó la plaga *Spodoptera frugiperda* en la mayoría de las plantas, así que se procedió a realizar el control preventivo mediante la aspersion a base del ingrediente activo spinetoram (Palgus®), con una dosis de 1ml/L en las primeras etapas y en la segunda aparición de esta misma plaga, se aplicó el mismo producto pero con dosis de 3ml/L en las etapas de floración y maduración. Otra de las plagas que se presento fue *Melanaphis sacchari* esto durante las etapas de floración y maduración, siendo un problema para la planta, para ello se realizó un control correctivo para evitar su reproducción, se procedió aplicar un insecticida con una mezcla de 2 insecticidas con diferentes ingredientes activos clorpirifos + cipermetrina (PirifosDEL® + Agrocin CE®).

Por otro lado, se realizaron monitores frecuentes para evitar posibles daños a la planta, logrando controlar enfermedades como *Puccinia purpurea*, mediante un control correctivo aplicando fungicidas al follaje a base del ingrediente activo cloratalonil con dosis de 3ml/L y como medida preventiva, para evitar el arribo del Ergot del sorgo se aplicaron fungicidas a base del ingrediente activo propiconazol (Sanadel®) en etapas de floración, fructificación y madurez del grano.

### **3.9. Riego**

El riego se efectuó con cintillas aplicando tres riegos por semana durante la etapa de germinación y posteriormente dos riegos por semana en etapas de desarrollo hasta floración, también se aplicaron riegos rodados según las necesidades hídricas del cultivo.

### **3.10. Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo de forma manual, cuando la semilla alcanzo la madurez fisiológica, esto a finales del mes de octubre y principios del mes de noviembre, a los 141 días desde su siembra, para cortar la panícula se utilizó navaja y cuchillos, finalmente se realizó el secado de forma natural exponiéndolo

al sol para disminuir el contenido de humedad de las semillas en un rango de 9-11%.

### **3.11. Trilla de la semilla**

El trillado se realizó una vez que las semillas disminuyeron su humedad, permitiendo que las semillas se desprendieran fácilmente de la panícula al momento de tallarlas, esto con ayuda de pequeñas tablas ásperas y recipientes de plástico, posteriormente con un ventilador se eliminaron las glumas e impurezas, finalmente las semillas limpias se registraron en bolsas de papel y se guardaron en el cuarto frío a una temperatura de 3°C.

### **3.12. Diseño experimental**

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, utilizando 32 genotipos de sorgo y un híbrido comercial con tres repeticiones para un total de 99 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:

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

En donde:

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

$\mu$  = es el efecto verdadero de la media general.

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = es el error experimental.

Se supone que:

- Los errores ( $\varepsilon_{ij}$ ) se distribuyen normal e independientemente con la media cero y la varianza igual a  $\sigma^2$ .

- No hay interacción entre los tratamientos y bloques, o sea que el efecto ti es el mismo en todos los bloques.

### **3.13. Variables evaluadas**

#### **3.13.1. Días a floración (DF)**

Los días a floración fueron contabilizados cuando las plantas de sorgo presentaron más del 50 % de panículas emergidas (antes media).

#### **3.13.2. Altura de planta (AP)**

Se evaluó la altura de la planta con una regla de madera graduada en cm, midiendo desde la base del tallo, hasta la base de la panícula.

#### **3.13.3. Longitud de panícula (LP)**

En esta variable se ocupó una regla graduada de 30 cm para medir desde el punto de inserción de la panícula hasta la parte apical.

#### **3.13.4. Longitud de exersión (LE)**

Esta variable se midió con una regla de 30 cm, desde la base hasta el punto de inserción de la panícula.

#### **3.13.5. Ancho de hoja (AH)**

Se seleccionó una hoja de la parte central de la planta, posteriormente se utilizó una cinta métrica y se midió el ancho en la parte central del foliolo, los resultados se expresaron en (cm).

#### **3.13.6. Longitud de hoja (LH)**

Para medir esta variable se seleccionó una hoja de la parte central de la planta y con ayuda de una cinta métrica se midió desde el ápice a la base del foliolo, el resultado se reportó en centímetros (cm).

#### **3.13.7. Número de hojas por planta (NHP)**

De forma manual se contaron el número de hojas, desde la superficie del suelo hasta la última hoja de la planta.

### **3.13.8. Número de entrenudos por planta (NEP)**

Para esta variable se contaron los entrenudos que tenía cada planta, se evaluó desde el suelo hasta el último entrenudo de la parte superior, esto después de la floración.

### **3.13.9. Diámetro de tallo (DT)**

Se midió el grosor del tallo utilizando un vernier electrónico en la parte inferior de la planta a una altura de 10 cm de la superficie del suelo, los resultados se expresaron en milímetros (mm).

### **3.13.10. Incidencia de daño por aves (IDA)**

Esta variable se evaluó de acuerdo al porcentaje de daño presentado por el ataque de aves en la panícula. Este parámetro se tomó en la etapa de madurez fisiológica final.

### **3.13.11. Enfermedades foliares (EF)**

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. En la etapa de madurez fisiológica.

### **3.13.12. Grados brix (GB)**

Se evaluaron tres muestras por planta, cada una tomada al azar, en donde se extrajo el jugo del tallo de la planta en el entrenudo de la parte central y se colocó en un refractómetro portátil. Posteriormente, se obtuvo la lectura correspondiente de la concentración de azúcares en grados brix en la planta de sorgo.

### **3.13.13. Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP)**

Para esta variable se registró el peso total, dividido entre el número de panículas por parcela, para estimar el rendimiento promedio de grano en gramos de semilla por planta en las líneas experimentales de sorgo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza Cuadro 5, reporta que existen diferencias altamente significativas entre variables y genotipos, entre los distintos tratamientos para las variables días a floración (DF), altura de planta (AP), longitud de exersión (LE), longitud de panícula (LP), longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), incidencia de daño por aves (IDA), grados brix (GB), numero de hojas por planta (NHP), numero de entrenudos por planta (NEP) y rendimiento de granos en gramos por panícula (RGP), en contraparte la variable incidencia de enfermedades foliares (IEF) presentó diferencias significativas entre tratamientos y para la variable diámetro de tallo (DT), no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

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

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>DF</b>	<b>AP</b>	<b>LE</b>	<b>LP</b>	<b>LH</b>	<b>AH</b>
<b>Genotipos</b>	32	122.67**	6729.63**	92.00**	1484.52**	2044.60**	77.32**
<b>Modelo</b>	34	115.86	6363.63	87.88	43.78	67.29	2.40
<b>Error</b>	64	11.88	504.05	6.89	2.94	20.35	0.63
<b>Total</b>	98						
<b>Media</b>		6.81	507.63	21.95	2.09	121.73	2.24
<b>CV %</b>		3.84	9.61	27.91	6.23	5.71	10.06

<b>DT</b>	<b>IDA</b>	<b>IEF</b>	<b>GB</b>	<b>NHP</b>	<b>NEP</b>	<b>Rto. g/P</b>
129.17	89628.57**	25.29*	702.23**	151.65**	183.51**	57350.98**
3.90	2645.30	0.78	22.45	4.50	5.40	1716.10
2.61	197.57	0.42	3.76	1.37	1.50	598.79
4.05	155.97	0.76	30.57	0.79	0.09	498.30
10.09	92.36	36.21	23.87	10.54	12.58	32.53

F.V= Fuentes de variación; G.L.= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de excursión; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta; IDA= Incidencia de daño por aves; IEF= Índice de enfermedades foliares; \*, \*\* = Significativos al ( $P \leq 0.05$ ) y ( $P \leq 0.01$ ) de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 6.** Promedio de las variables agronómicas en Líneas Experimentales de Sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista Saltillo, Coahuila.

Genotipo	DF	AP	LE	LP	LH	AH	DT	IDA	IEF	GB	NHP	NEP	Rto. g/P
LES444	92 a-g	219.3 b-i	9 c-m	28.57 a-f	79.33 a-d	7.77 a-d	15.3 a	99.67 a	1 a	8.8 a-e	11 a-d	10 a-d	31.67 b-d
LES445	92 a-f	288.63 ab	6.57 e-m	27.43 a-f	76 a-d	7.3 cd	15.67 a	0 b	2 a	8.03 a-g	11 a-d	11 a-c	74 a-d
LES446	95 a-c	290 ab	3.87 i-m	26.33 d-g	78.8 a-d	7.53 cd	15.2 a	0 b	1.7 a	9.13 a-e	14 a	12 a	81.33 a-d
LES447	94 a-e	290.56 ab	7.43 d-m	27.23 b-f	79.57 a-d	7.57 b-d	15.57 a	0 b	2.3 a	8.97 a-e	12 ab	11 a-c	75.73 a-d
LES448	85 b-i	136.66 jk	7.57 d-m	31.8 a-d	74.43 a-d	7.83 a-d	18.17 a	29.97 b	2 a	5.57 c-g	11 a-d	10 a-d	29.27 b-d
LES449	95 a-c	304.43 a	5.87 f-m	32.77 ab	82 a-d	8.5 a-d	16.33 a	0 b	2 a	9 a-e	11 a-d	10 a-c	68.43 a-d
LES462	94 a-f	289.66 ab	4.33 h-m	29.47 a-e	78.67 a-d	6.37 d	15.67 a	0 b	2 a	8.27 a-f	11 a-d	11 a-c	88.6 a-d
LES464	97 a	275.56 a-f	4.53 h-m	28.33 a-f	81.1 a-d	7.03 cd	15.53 a	0 b	1 a	11.07 a-c	13 ab	11 ab	60.4 a-d
LES465	95 a-d	290.53 ab	4.23 h-m	28.53 a-f	77.1 a-d	7.73 a-d	16.47 a	0 b	1.7 a	8.87 a-e	12 ab	11 a-c	70.33 a-d
LES469	93 a-f	199 g-j	4.13 i-m	19.3 h	80.23 a-d	10.13 ab	17.73 a	94.43 a	2.7 a	11.27 a-c	11 a-d	10 a-c	21.43 cd
LES472	93 a-f	278.33 a-e	3.77 j-m	28.53 a-f	71.9 b-d	7.43 cd	14.9 a	0 b	2.3 a	9 a-d	11 a-d	11 a-c	62.57 a-d

Continuación Cuadro 6

LES478	95 a-d	265.46 a-g	0.67 m	26.87 c-g	75.9 a-d	6.93 cd	17.17 a	0 b	1.7 a	11.27 a-c	12 ab	11 a-c	67.43 a-d
LES482	80 hi	232.76 a-i	12.67 a-h	21.53 gh	81.57 a-d	7.8 a-d	13.5 a	3.33 b	2 a	8.1 a-f	11 a-d	10 a-d	77.57 a-d
LES489	96 ab	290.43 ab	5.1 g-m	27.57 a-f	75 a-d	7.47 cd	16.1 a	4.43 b	2.7 a	9.63 a-e	12 ab	12 a	84.1 a-d
LES492	92 a-g	282.3 a-e	3 k-m	29.67 a-e	73 a-d	6.4 d	15.97 a	0 b	1.7 a	9.03 a-e	11 a-d	10 a-d	62.8 a-d
LES497	93 a-f	249.43 a-h	4.67 g-m	27.57 a-f	78.67 a-d	6.63 d	16.1 a	0 b	1.7 a	9.63 a-e	11 a-d	11 a-c	80.77 a-d
LES501	93 a-f	286.23 a-c	4.67 g-m	28.23 a-f	74 a-d	7.33 cd	16.33 a	0 b	2.3 a	8.97 a-e	12 ab	11 a-c	87.13 a-d
LES505	95 a-d	203.2 f-j	15.9 a-d	32.9 a	78.8 a-d	8.67 a-d	17.53 a	0 b	2 a	4.03 d-g	11 a-d	9 a-d	87.23 a-d
LES506	94 a-e	201.56 g-j	2.57 lm	18.77 h	82 a-d	9.43 a-c	16.9 a	93.3 a	1.7 a	11.93 ab	12 a-c	10 a-d	17.13 d
LES512	81 g-i	189.43 h-k	6.67 e-m	19.66 h	69.77 d	7.4 cd	16.6 a	0 b	1.7 a	10.3 a-d	10 a-d	8 a-d	76.67 a-d
LES517	79 hi	211.1 d-i	13.67 a-f	23.56 f-h	84.7 ab	7.77 a-d	14.17 a	3.3 b	2 a	7.43 b-g	11 a-d	10 a-c	72.23 a-d
LES520	87 a-i	248.23 a-h	13.1 a-g	32.86 a	85.57 ab	8.6 a-d	17.4 a	0 b	1 a	3.53 e-g	11 a-d	10 a-d	127 a
LES524	93 a-f	215 c-i	19.67 a	32.8 ab	84.67 ab	8.1 a-d	16.33 a	13.33 b	1 a	2.27 e-g	12 ab	10 a-c	102 ab
LES525	90 a-h	234 a-i	16.77 a-c	32.43 a-c	87.57 a	8.23 a-d	16.9 a	0 b	1.3 a	6.53 b-g	12 ab	9 a-d	90.47 a-d
LES528	95 a-d	206.8 e-j	18 ab	32.33 a-c	85.33 ab	8.3 a-d	17.53 a	0 b	1.7 a	1.77 g	12 a-c	10 a-d	99.67 a-c

Continuación Cuadro 6

LES531	96	208.1	16.2	26.2	84.53	10.23	16.2	11.67	1	6.63	11	10	123.97
	ab	e-j	a-c	e-g	a-c	a	a	b	a	b-g	a-d	a-d	a
LES536	83	209.33	9.67	27.1	72.23	8.23	16.13	2.77	2.7	7.4	9	8	89.67
	e-i	e-j	a-l	c-g	b-d	a-d	a	b	a	b-g	b-d	a-d	a-d
LES537	83	208.33	12.33	30.43	78.77	8.47	16.7	11.67	1.7	9.57	9	8	93.73
	f-i	e-j	a-i	a-e	a-d	a-d	a	b	a	a-e	b-d	b-d	a-d
LES538	76	207.76	17.77	25.67	69.97	8.27	15.23	28.87	2	6.47	8	7	69.33
	i	e-j	ab	e-g	cd	a-d	a	b	a	b-g	d	cd	a-d
LES543	78	201.3	11.33	25.33	82	7.63	14.67	15	2.3	7.3	10	9	79.33
	i	g-j	a-k	e-g	a-d	b-d	a	b	a	b-g	a-d	a-d	a-d
LES544	78	173.1	17.67	26	78.87	8.93	13.87	2.2	1	5.27	8	6	71.33
	i	i-k	ab	e-g	a-d	a-d	a	b	a	c-g	cd	d	a-d
LES545	85	202.2	14.8	23	81.53	7.97	16.3	1.67	2.3	14.17	11	9	91.33
	c-i	g-j	a-e	f-h	a-d	a-d	a	b	a	a	a-d	a-d	a-d
P83P86	84	120.43	12.23	29.23	79.53	7.77	13.8	86.6	1.3	9.13	10	6	67.23
	d-i	k	a-j	a-e	a-d	a-d	a	a	a	a-e	a-d	d	a-d
Media	6.81	507.63	21.95	2.09	121.73	2.24	4.05	155.97	0.71	30.57	0.79	0.09	498.30

Valores con la misma literal dentro de cada columna son estadísticamente iguales. DF= Días a floración; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de exersión; AH= Ancho de hoja; LH= Longitud de hoja; DT= Diámetro del tallo; IDA= Índice de daño por aves; IEF= Incidencia de Enfermedades foliares; GB= Grados brix; NHP= Numero de hojas por planta; NEP= Número de entrenudos por planta; Rto.g/P= Rendimiento de grano en gramos por planta.

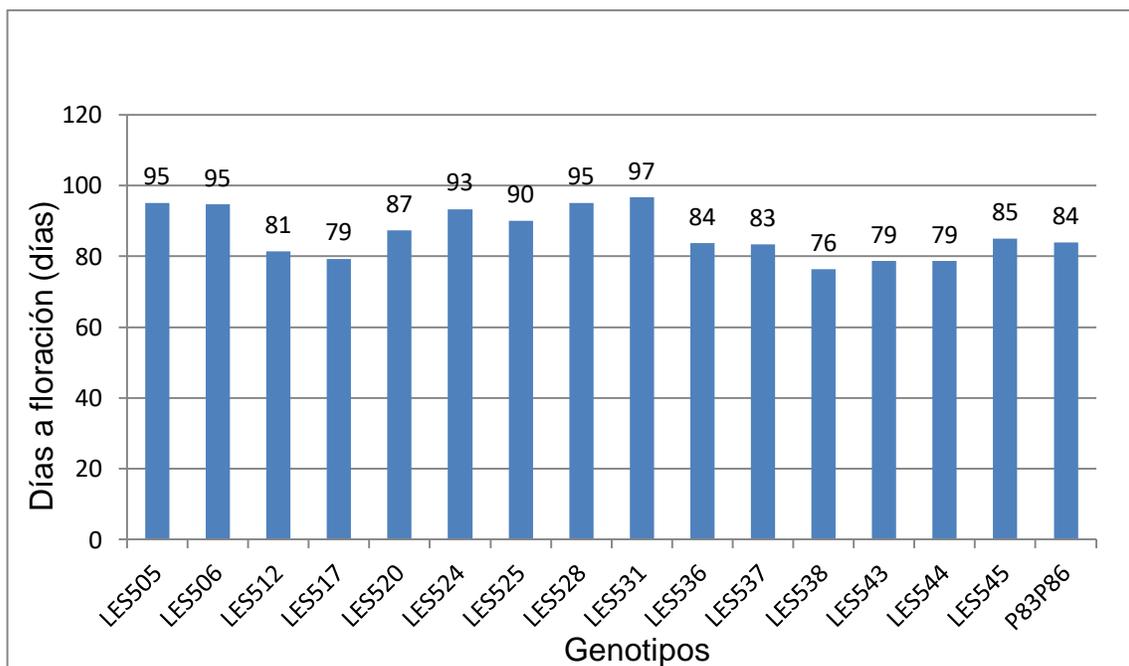
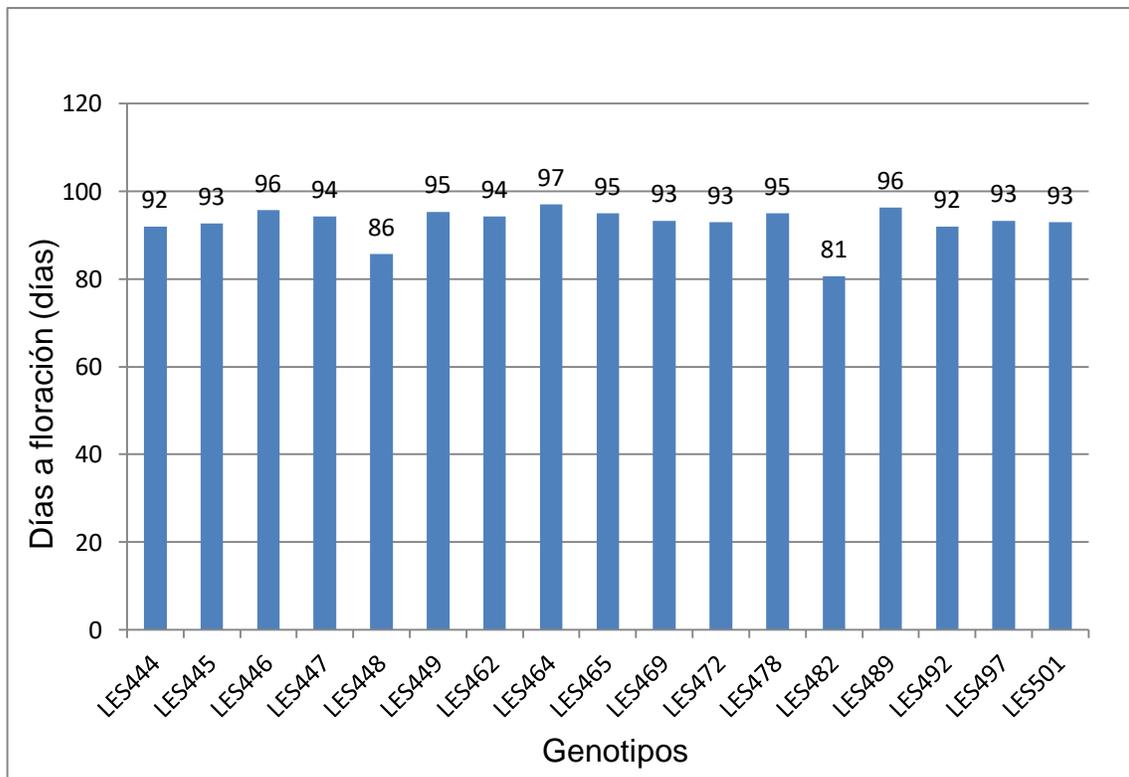
#### 4.1. Días a floración

El análisis de varianza de acuerdo al Cuadro 5, se observó que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos). El coeficiente de variación fue de 3.84 %.

En la Figura 2, se registraron las medias de la variable días a floración representados en una gráfica, el cual se observa que LES538 fue el genotipo con menos días a floración (76 días) y también se observa que LES464 y LES531, fueron los genotipos que más tardíos para la variable días a floración (97 días) con una diferencia de 9 días.

Según González *et al.*, (2005), reportan 57-69 dds a inicio de floración en nueve cultivares de sorgo forrajero (Mohankumar *et al.*, 2013), al evaluar 48 líneas de sorgo, reportan de 67 a 95 días a floración.

Lo anterior, no concuerda con González *et al.*, (2005), puesto que ellos tuvieron una media de 63 días a floración, en cambio los resultados de (Mohankumar *et al.*, 2013) obteniendo una media de 81 días a floración, muy semejantes con la media de 86.5 días a floración del presente trabajo, pero algo que es muy importante mencionar la duración de las etapas fenológicas del sorgo está determinada por genotipo y ambiente dentro de los cuales, temperatura y precipitación, muestran mayor influencia y pueden atrasar o alargar el ciclo de vida de las plantas (Solórzano, 2007).



**Figura 2.** Comparación de medias para la variable días a floración de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

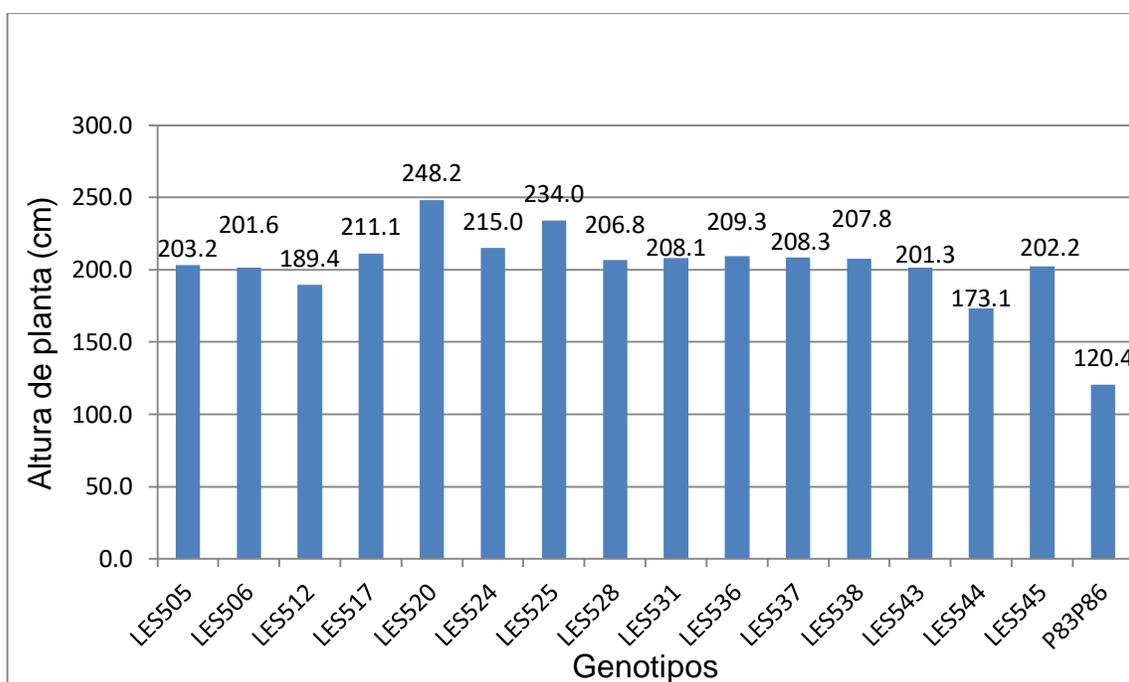
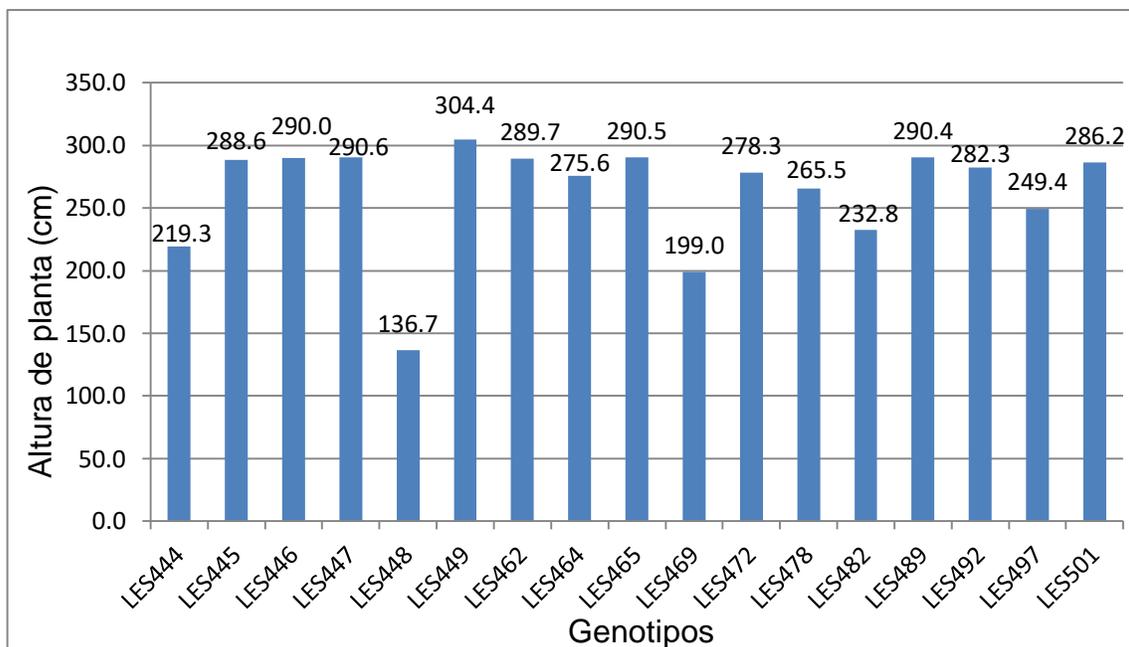
## 4.2. Altura de planta

La altura de la planta es un parámetro importante ya que es un indicativo de la velocidad de crecimiento y está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que se translocan seguidamente a las raíces (Pereira, 1999).

Para la variable altura de planta se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, el genotipo LES-448, fue el que presentó un promedio de altura de 136.7 cm siendo este el de menor altura, que comparado con el testigo con un promedio de 120.4 cm, la diferencia entre ellos es de 16.3 cm es decir que es poca, en cambio el que presentó una mayor altura LES-449 con un promedio de 304.4 cm, fue superior con respecto a los tratamientos antes mencionados, una diferencia de 167.7 cm entre el más alto y el más bajo.

Se ha reportado, que los sorgos más altos tienden a producir mayor rendimiento de grano, debido a que su área fotosintética es mayor (Doggett, 1967).

De acuerdo con Afzal *et al.*, (2012), reportan para la variable altura de planta (AP) de 194 cm en sorgo forrajero, a 150 días; respecto a los datos de la (Figura 3), existe una diferencia muy alta, respecto a LES-449 con un promedio de 304.4 cm.



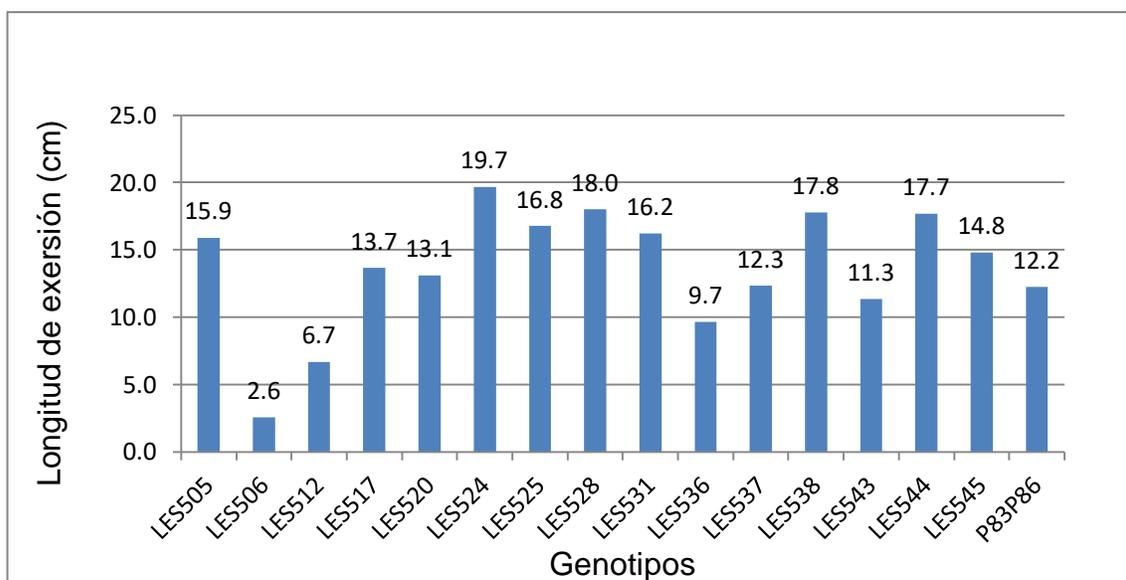
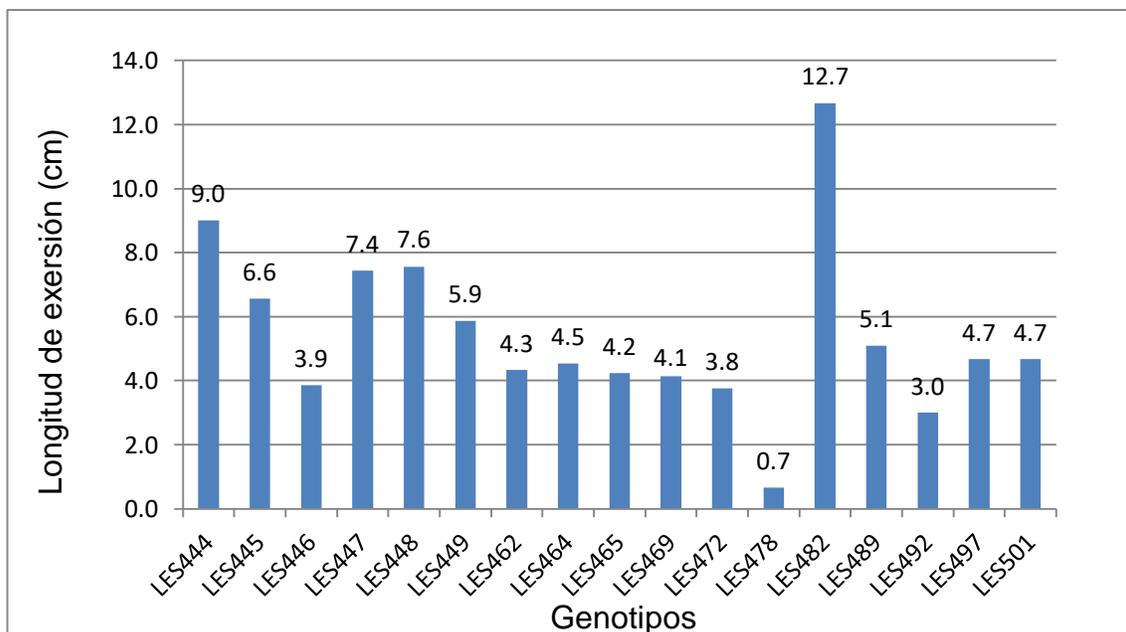
**Figura 3.** Comparación de medias para la variable altura de planta de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

### **4.3. Longitud de exersión**

La uniformidad en la altura de la panícula y la exersión de la misma son dos caracteres que se registran por su incidencia en la eficiencia de cosecha. Debido a que en los genotipos con mayor longitud de exersión se logrará una cosecha más eficiente, disminuyendo la entrada de material extraño (tallos, hojas) ocasionando una alta calidad de cosecha (Villeda, 2014).

En relación a la longitud de exersión (LE) ver Figura 4, los resultados muestran diferencias altamente significativas entre los genotipos, destacando a LES-524 con un promedio de 19.7 cm, siendo este el tratamiento más alto, seguido de LES-528 con un promedio de 18.0 cm, por otra parte el genotipo que tuvo el menor valor fue LES-478 que presentó un promedio de 0.7 cm, comparado con el híbrido testigo, existe una diferencia de 11.5 cm un rango bastante amplio.

Además, Salvador (2007), menciona que la exersión garantiza la cosecha mecanizada y tolerancia, ante la presencia de enfermedades y plagas. Ya que, si la longitud de exersión es mayor, hace que los granos queden fuera de la hoja bandera, limitando el daño por agentes patógenos en el inferior de la panícula (Villeda Castillo, 2014).



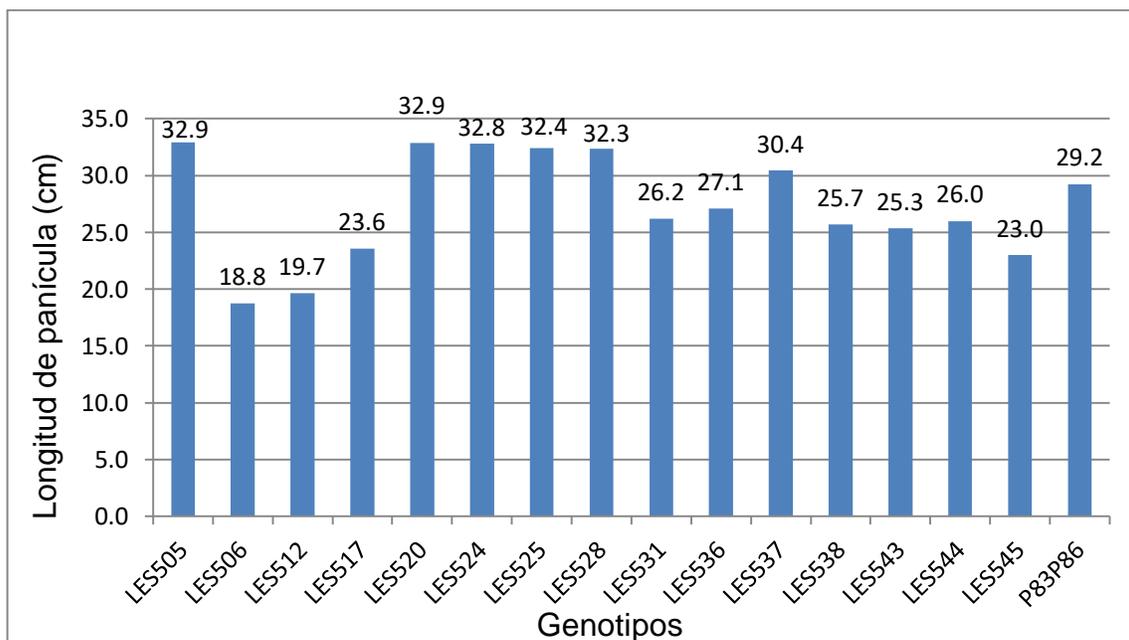
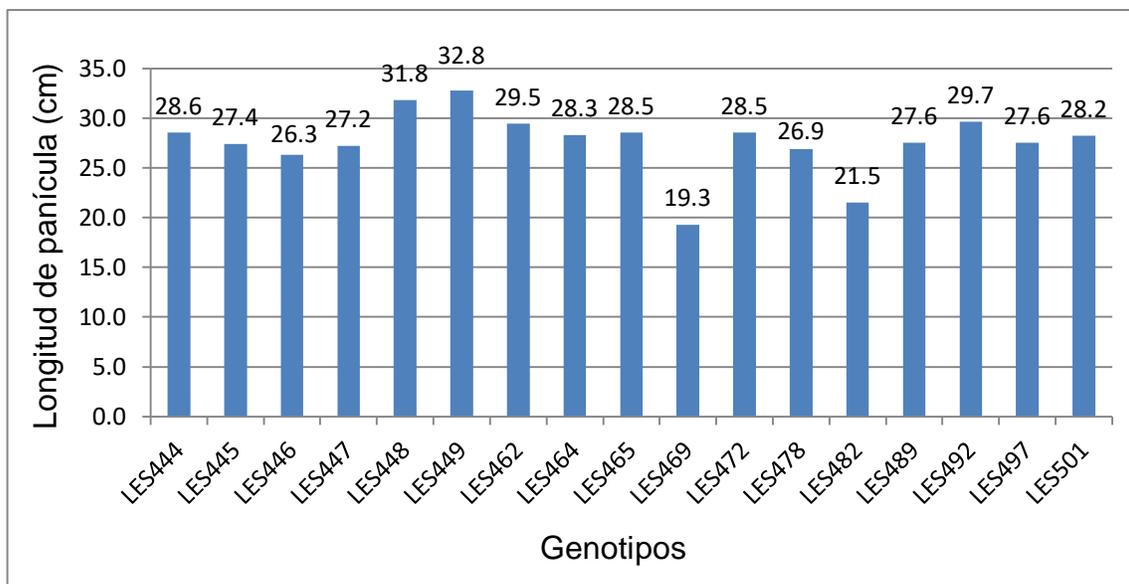
**Figura 4.** Comparación de medias para la variable longitud de exersión de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.4. Longitud de panícula**

De acuerdo al análisis de varianza de esta variable y representados en la Figura 5, se presentó una diferencia de 14.1 cm para la Línea Experimental de Sorgo denominada LES-506 que presentó la menor longitud de panícula con un promedio 18.8 cm, mientras que el genotipo LES-520 con un promedio de 32.9 cm fue el de mayor tamaño para esta variable.

Los sorgos con buena exersión son aquellos que presentan más de 10 cm; por lo tanto, todos los genotipos presentan una excersión adecuada para la cosecha mecánica del grano (House, 1985).

De acuerdo con Medina (2016), menciona que la longitud de la panícula está ligada a los escenarios ambientales, nutrición y fotoperiodo, como aspectos condicionantes para el desarrollo de la panícula.



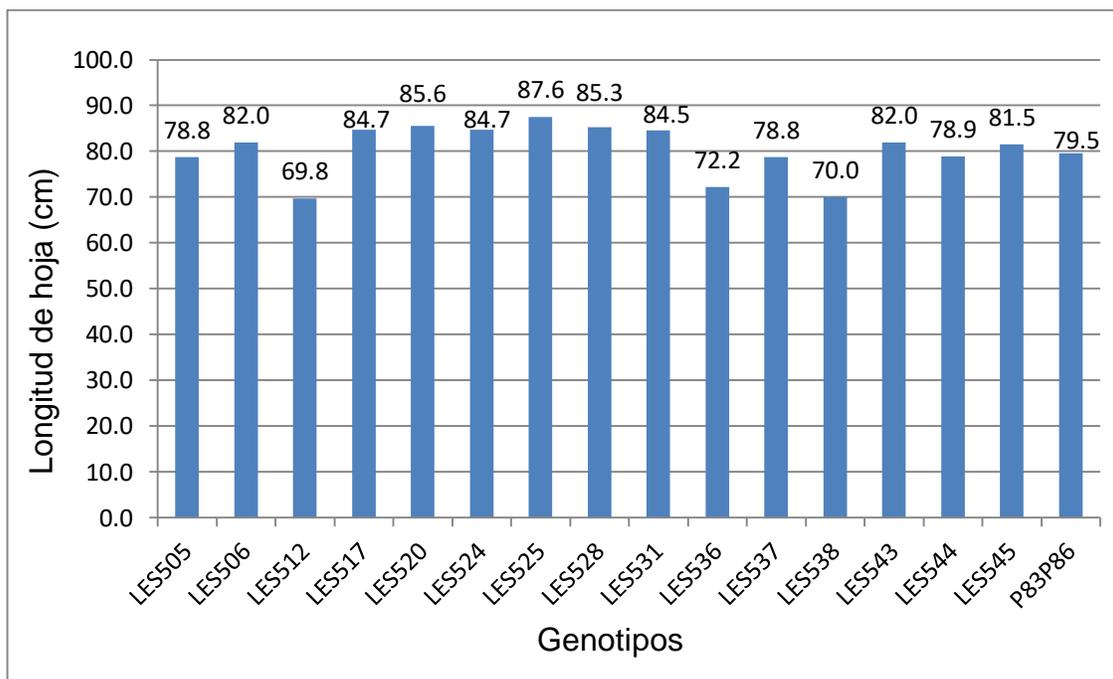
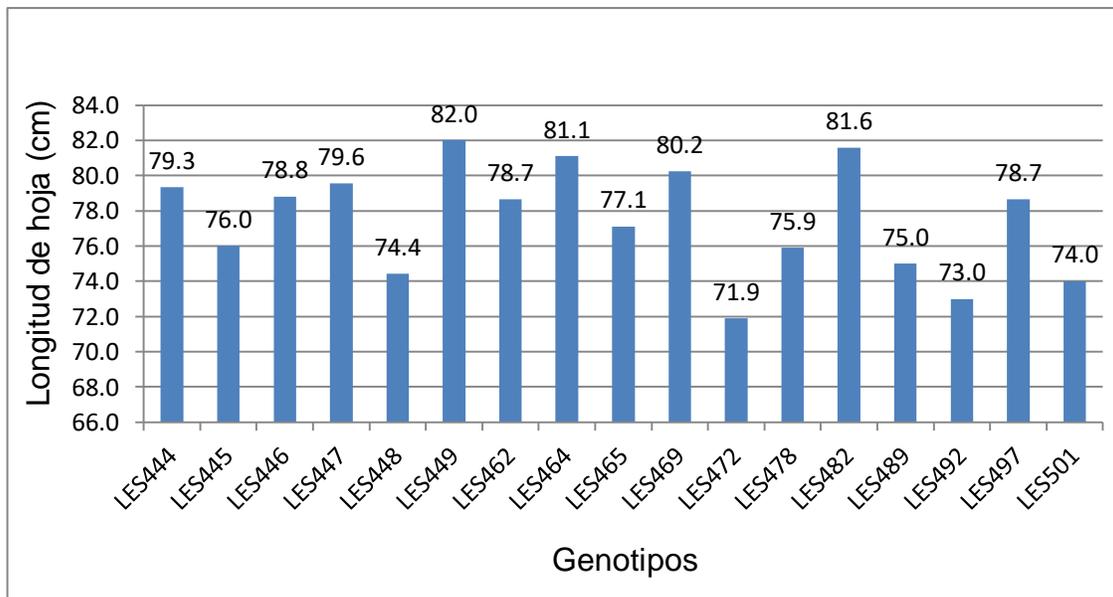
**Figura 5.** Comparación de medias para la variable longitud de panícula de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Se puede observar en la Figura 5, que el testigo comercial P83P86, resulto superior a varios genotipos evaluados con una longitud de panícula promedio de 29.2 cm.

#### **4.5. Longitud de hoja**

En cuanto a la longitud de hoja (LH), podemos observar en los resultados (Figura 6), que el genotipo LES-525, fue el que presentó el mayor tamaño con un promedio de 87.6 cm de esta variable, mientras LES512, fue el de menor tamaño con un promedio de 69.8 cm de longitud, presentando diferencias estadísticamente altamente significativas entre los distintos genotipos participantes, destacando el híbrido comercial P83P86 con un promedio de longitud de hoja de 79.5 cm.

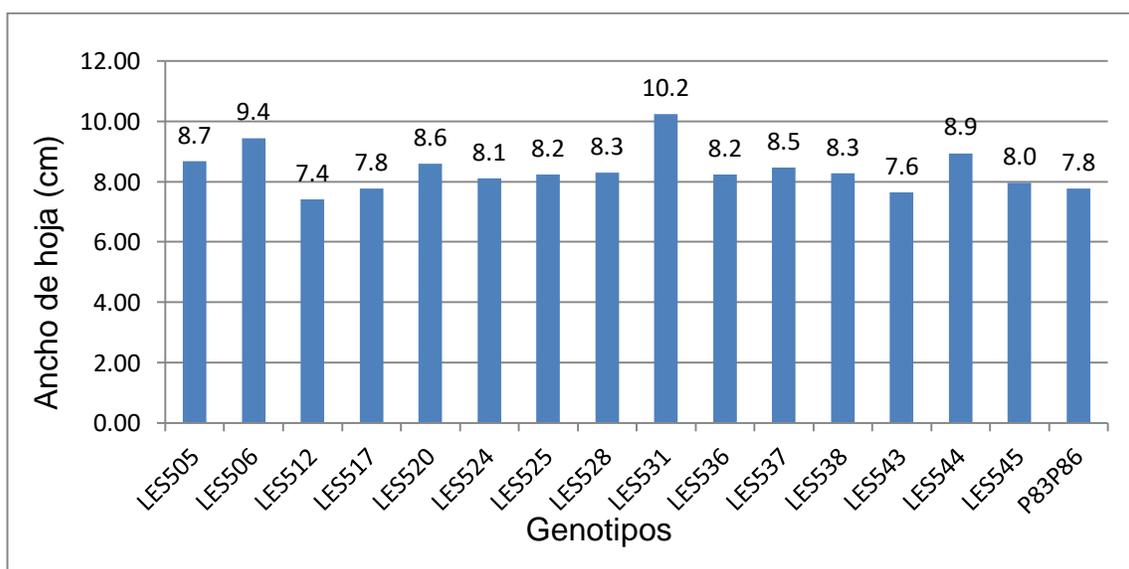
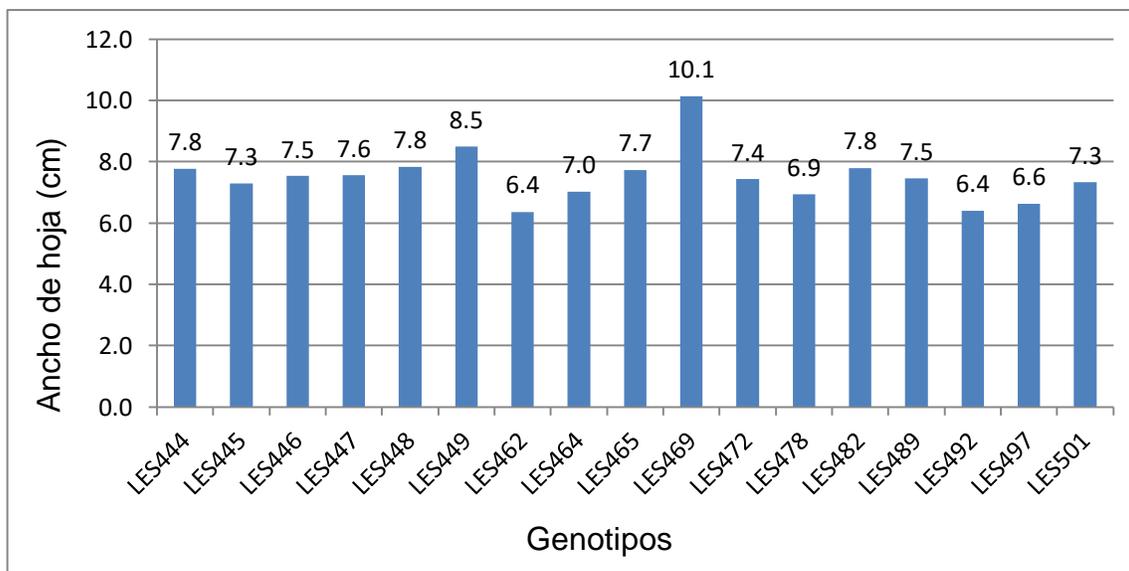
De acuerdo con (Rincón y Carruyo *et al.*, 1997), atribuyen al área foliar de la planta una gran importancia en el crecimiento, producción de biomasa seca, así como en la persistencia de la planta, teniendo en cuenta que determina las diferencias en la captación de energía lumínica, durante el ciclo de crecimiento del cultivo.



**Figura 6.** Comparación de medias para la variable longitud de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.6. Ancho de hoja**

En el presente estudio, los genotipos con mayor ancho de hoja (AH), lo presentaron LES-531 con un promedio de 10.2 cm y LES-469 respectivamente, con un promedio de 10.1 cm, los cuales presentaron una mayor cantidad de área foliar, lo cual coincide con Zhang y Wang (2015), quienes encontraron que los genotipos presentaron mayor producción de forraje, en condiciones de buena humedad, las variedades tardías, tienen mayor tiempo de fotosintetizar y almacenar nutrientes, para generar mayor producción de grano y forraje, en cambio las Línea Experimental de Sorgo denominada LES-462 presentó el menor ancho de hoja con un promedio 6.4 cm, por otro lado, se puede observar que el híbrido comercial P83P86, presentó un promedio de 7.8 cm, para esta variable.



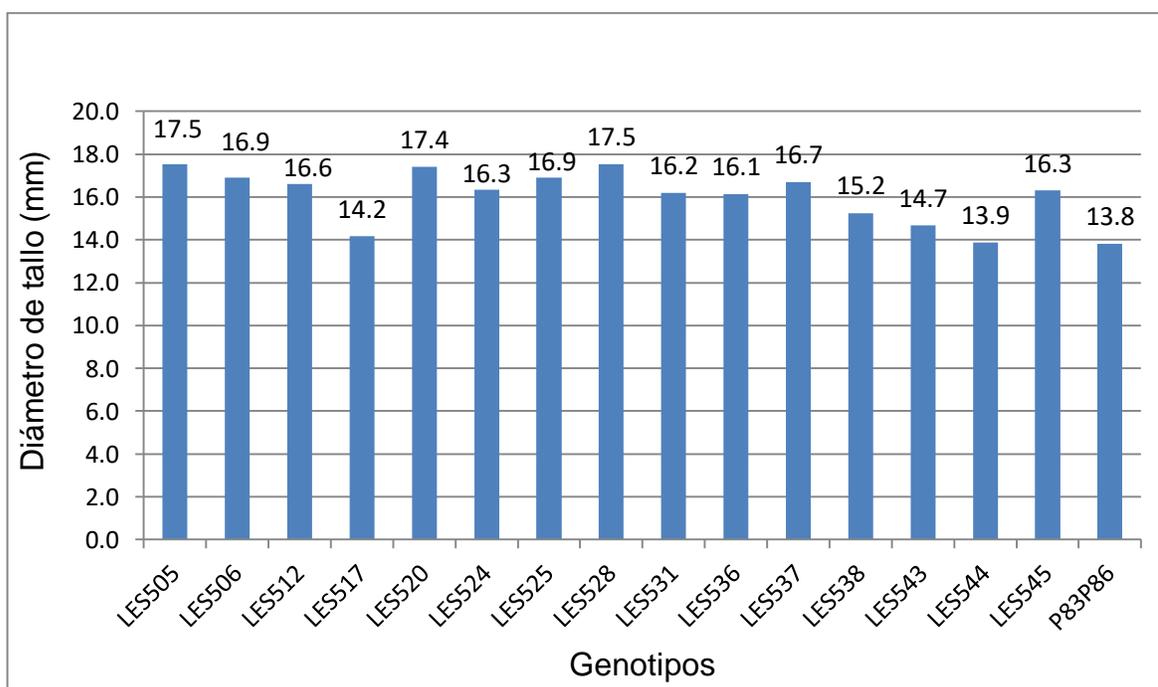
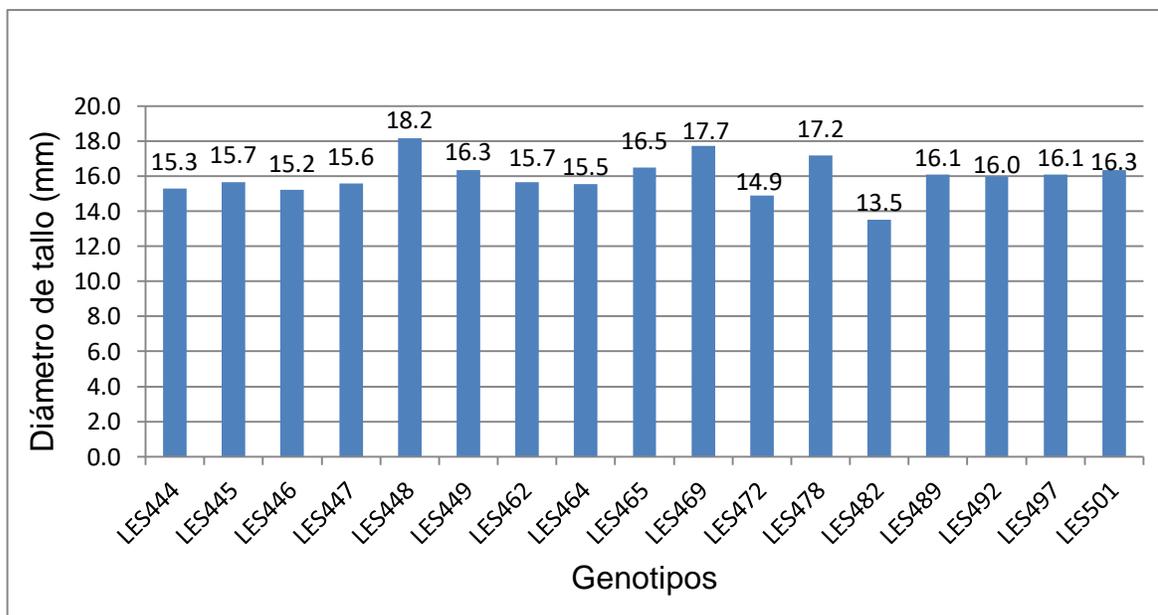
**Figura 7.** Comparación de medias para la variable ancho de hoja de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.7. Diámetro de tallo**

En la Figura 8 se aprecia que los tallos de mayor grosor los manifiestan los tratamientos LES-448 con un promedio de 18.2 mm, seguido de LES-505 y LES-528 con un promedio de 17.5 mm respectivamente, y el genotipo LES-482, fue el que presentó el menor grosor con un promedio de 13.1 mm, mientras que el híbrido comercial, presentó un promedio de 13.8 mm, lo que indica que no hay diferencia significativas entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por (Martínez *et al.*, 2016) quien reporta en su trabajo de investigación diámetro de tallo de 2.8 cm, sin embargo, se encuentra dentro del rango de diámetro de tallo del sorgo forrajero. Por su parte, (Salvador *et al.*, 2007) mencionan que el diámetro de tallo en sorgo es de 0.5 hasta 5 mm, el cual varía dependiendo de la variedad y el ambiente que se encuentre.

El diámetro de tallo (DT) es importante para la obtención de buenos rendimientos. Este se ve influenciado por el contenido de nitrógeno en el suelo, dosis óptimas de nitrógeno, influyen positivamente en esta variable (Cantero y Martínez, 2002).

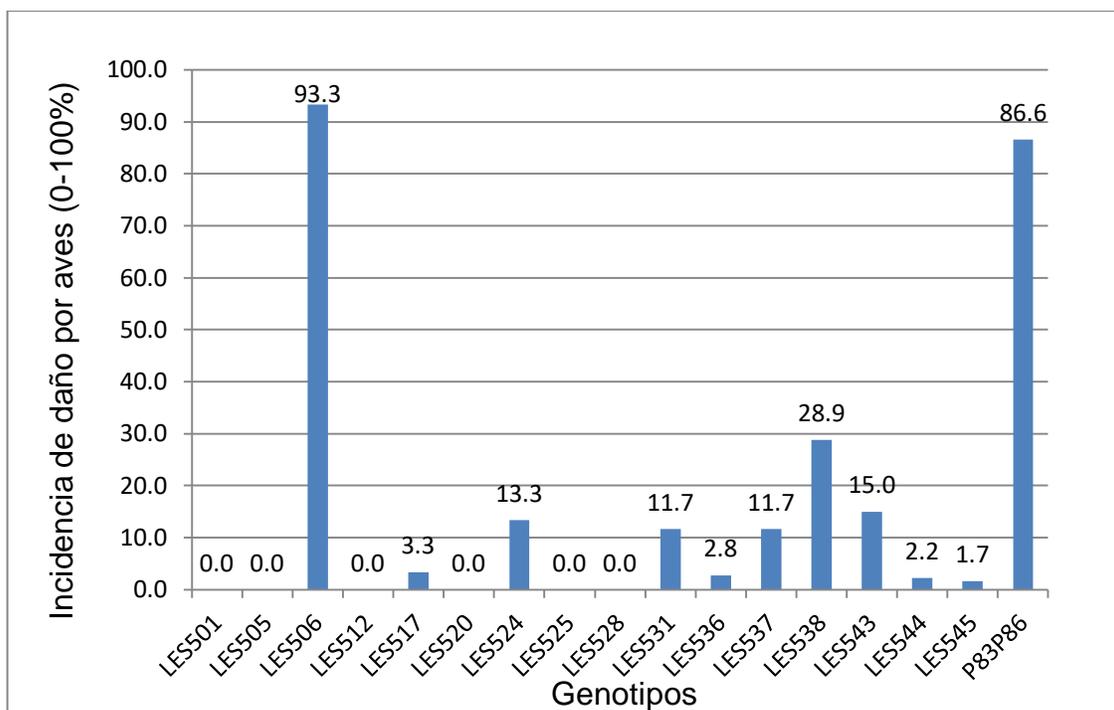
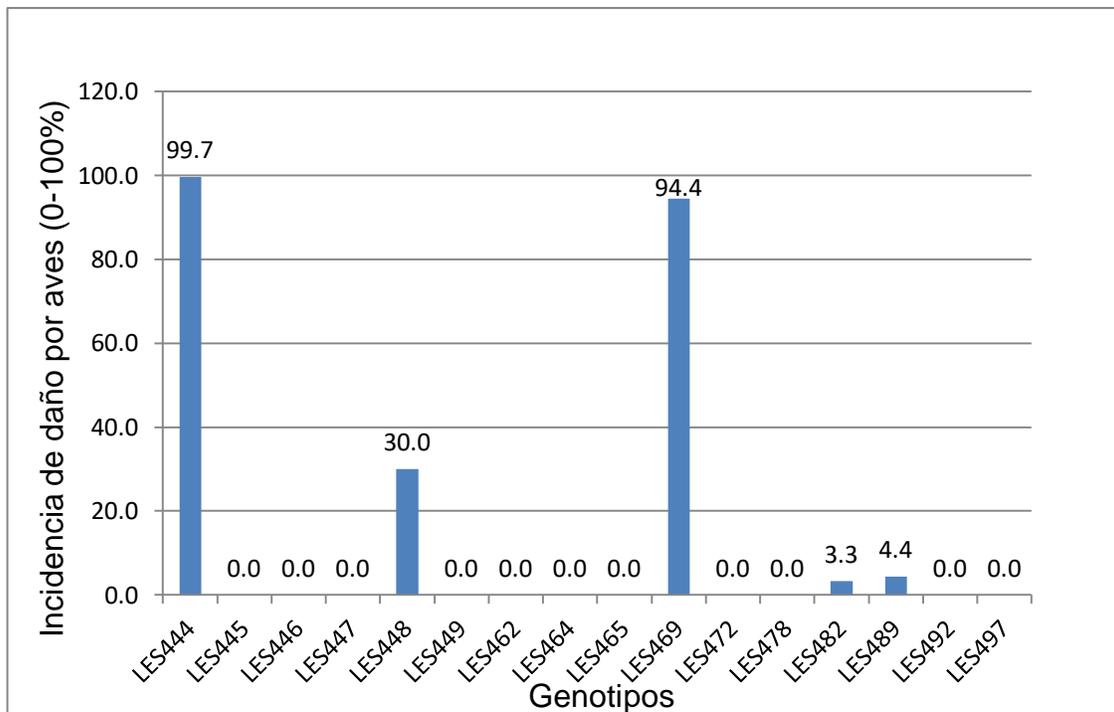


**Figura 8.** Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.8. Incidencia de daño por aves**

Para la variable incidencia de daño por aves, presenta diferencias altamente significativas. En la Figura 9 se muestra que las Líneas Experimentales de Sorgo con promedio de 0% de incidencia de daño por aves, fueron 17 genotipos, los cuales presentaron una mayor cantidad de taninos que es una característica en sorgo que hace menos atraídas para las aves, otro factor que se puede considerar es el color del grano. Compton (1990), se refiere a que el grano maduro con altas concentraciones de taninos, es resistente al ataque de daño por aves.

En la Figura 9 se muestra que la Línea Experimental de Sorgo con denominación LES-444, fue la que presentó mayor incidencia de daño con un promedio de 99.7 %, seguido por LES-469 con un promedio de 94.4 y el híbrido comercial P83P86, presentó un promedio de 86.6 % para esta variable.



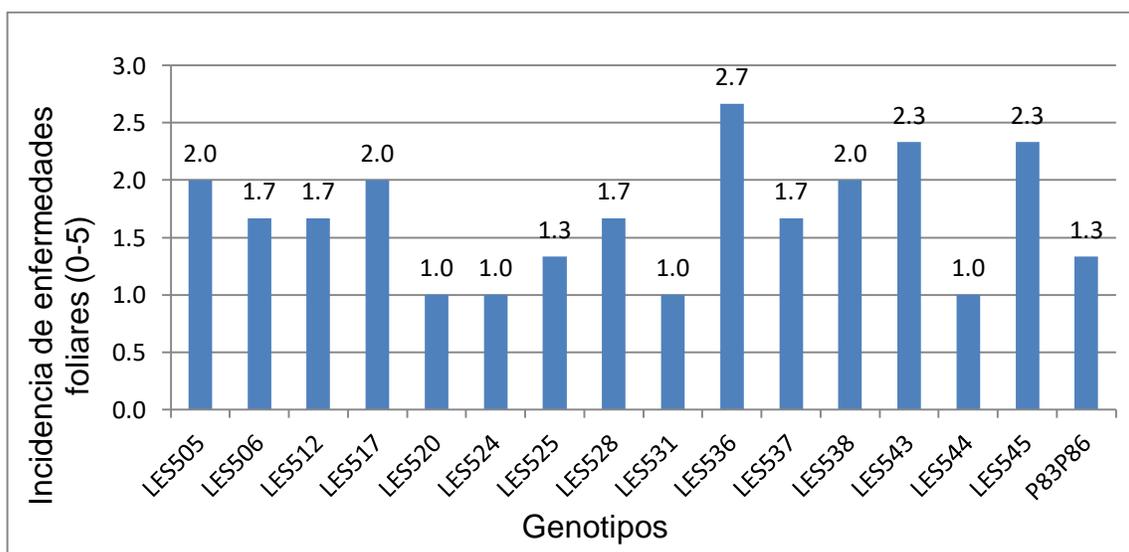
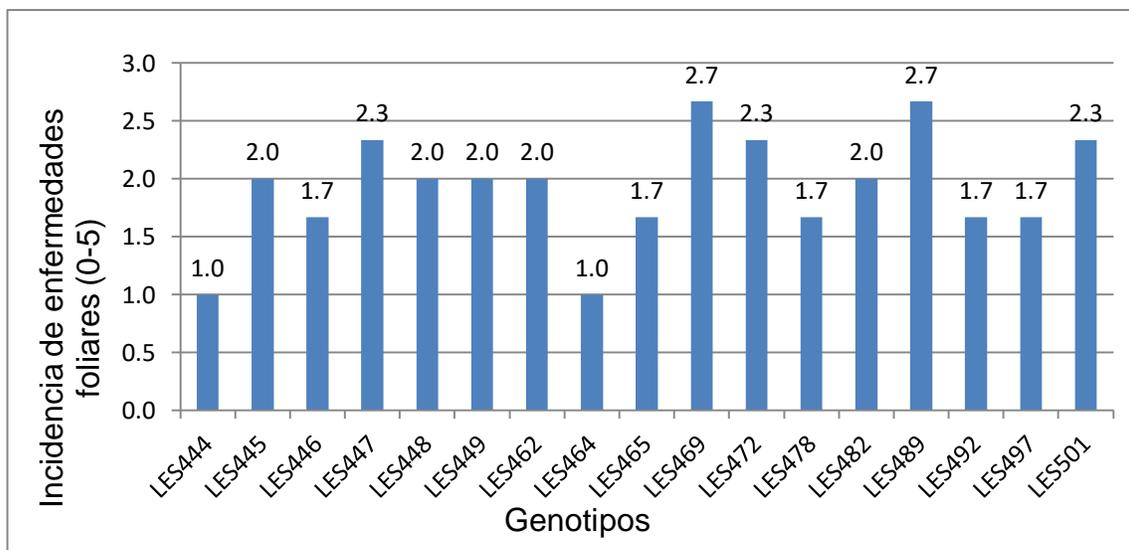
**Figura 9.** Comparación de medias para la variable incidencia de daño por aves de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.9. Incidencia de enfermedades foliares**

En la incidencia de enfermedades foliares (IEF) en el cultivo de sorgo, se puede observar en la Figura 10 que las Líneas Experimentales de Sorgo LES-469, LES-489, LES-536, resultaron ser los genotipos con una mayor incidencia de enfermedades con un promedio de 2.7 % (1-5), también se registraron seis líneas experimentales con el menor promedio 0 % (1-5), para la variable incidencias de enfermedades en área foliar de la planta en comparación con el híbrido comercial P83P86 que presentó un promedio de 1.3 % (1-5) en la escala evaluada.

En la Figura 10, se pueden observar diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza, ver Cuadro 5.

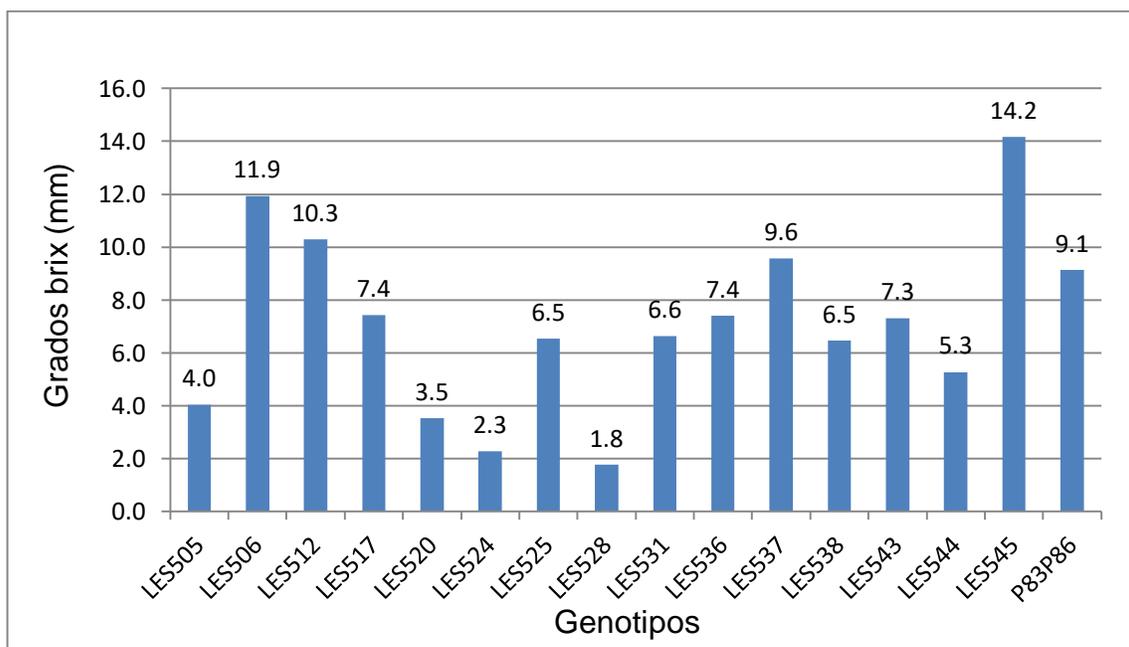
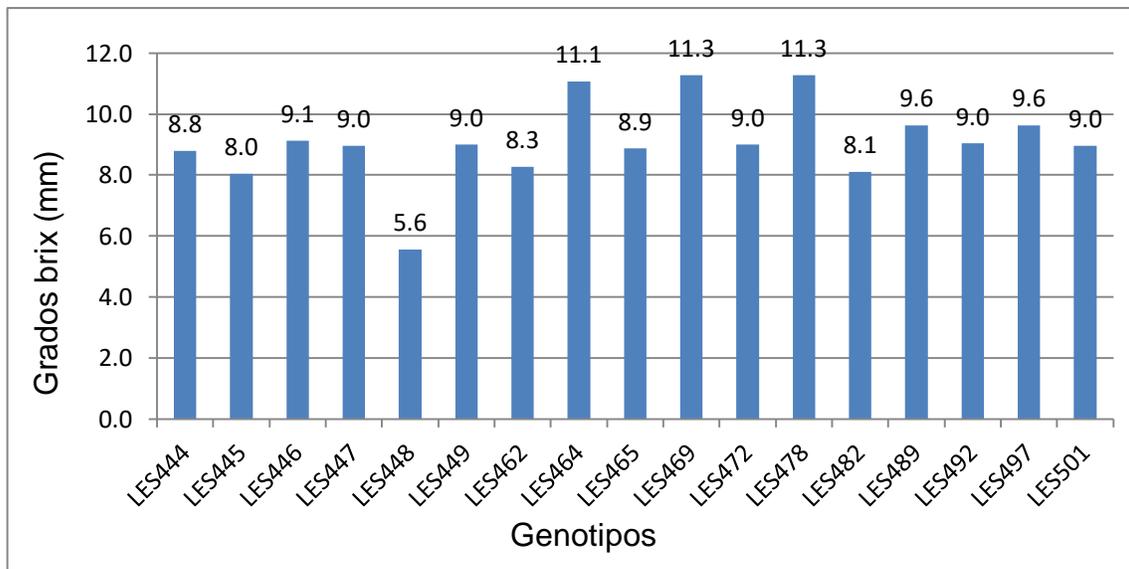
Para la medición de la severidad de las enfermedades se propuso una escala, en la cual se describe numérica, las clases o categorías que se distinguen en la evaluación de cada enfermedad (House, 1985).



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

#### **4.10. Grados brix**

El análisis de varianza Cuadro 5, detectó diferencias altamente significativas para la variable grados brix (GB), se observó diferencia entre los genotipos, obteniendo el mayor valor (GB) el genotipo LES-545 con un promedio de 14.2 (GB), estos datos son similares a los obtenidos por (Perales *et al.*, 2019) en su trabajo de investigación, los resultados obtenidos se presentaron en un rango de 12.8 a 5.9 (GB), por otro lado el genotipo que presentó el segundo valor más alto fue LES-506 con un promedio de 11.9 (GB), y los menores valores lo obtuvieron LES-528 y LES-524 con un promedio de 1.8 y 2.3 (GB) respectivamente, mientras que el híbrido comercial P83P86 presentó un promedio de 9.1 (GB) para esta variable.



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

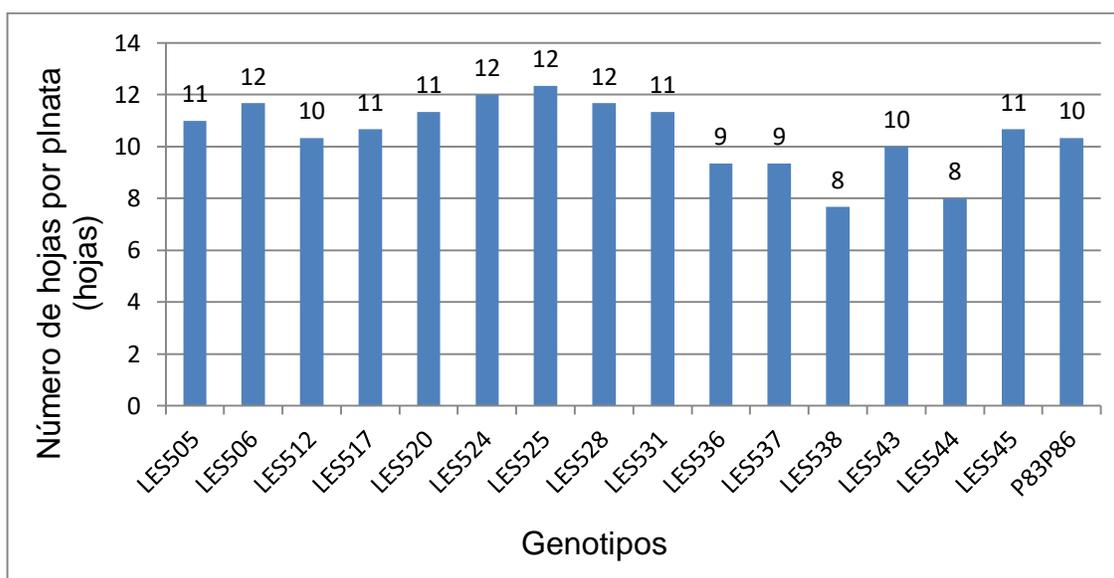
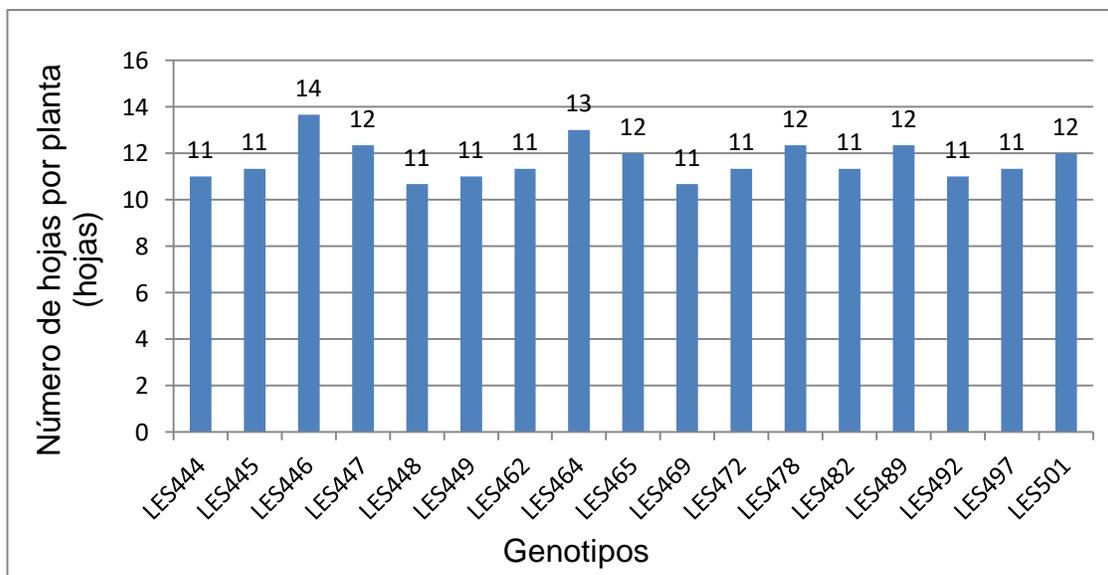
#### **4.11. Número de hojas por planta**

De acuerdo al análisis de varianza Cuadro 5, se mostró un efecto estadístico altamente significativo entre los tratamientos con respecto al número de hojas por planta.

Las hojas son los principales órganos para la realización de la fotosíntesis en la planta y en la concentración de nutrientes en los mismos influyen en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Barahona y Gago, 1996).

El número de hojas de la planta de sorgo es variable, siempre en dependencia de la variedad y dependiendo de la altura de la planta. Sorgos con altura promedio de 160 cm a 200 cm tienen promedio de 8 hojas, y sorgos con alturas mayores de 200 a 250 cm pueden tener entre 12 a 20 hojas (López y Cuadra, 2010).

En la Figura 12, para la variable número de hojas por planta (NHP), se observa que el tratamiento LES-446 presentó un promedio de 14 hojas, el cual supero al híbrido comercial P83P86 que presentó un promedio de 10 hojas; por otro lado, se encuentra los tratamientos LES-538 y LES-544, que presentaron los menores valores para la variable número de hojas por planta con un promedio de ocho hojas, respectivamente.

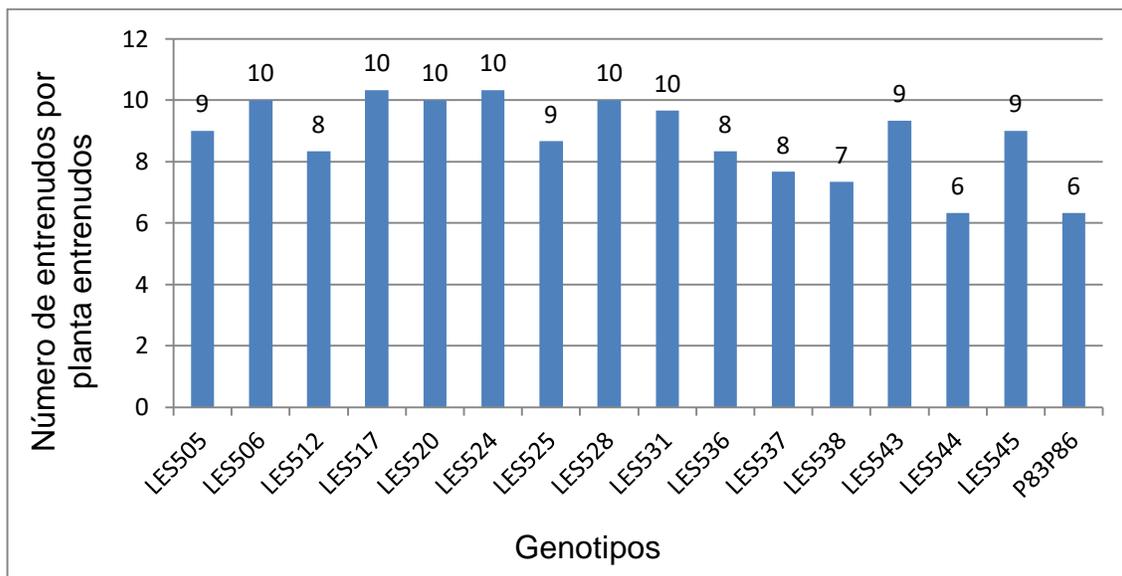
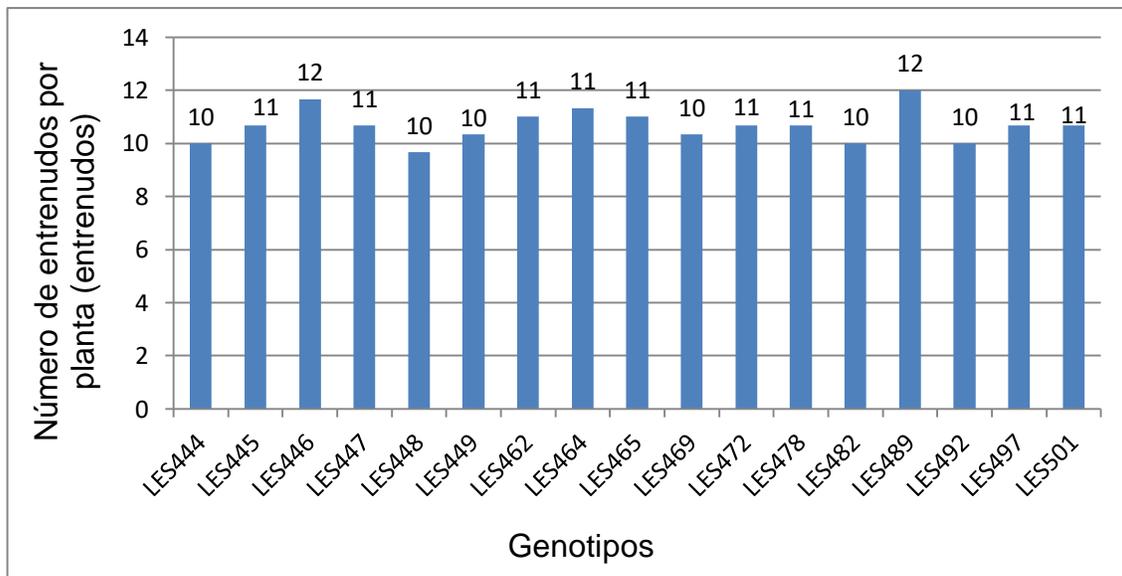


**Figura 12.** Comparación de medias para la variable número de hojas por planta, de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.12. Número de entrenudos por planta**

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

En la Figura 13, para la variable número de entrenudos por planta (NEP) se muestra que la Línea Experimental de Sorgo con denominación LES-489 y LES-446, fueron las que presentaron el mayor número de entrenudos con un promedio de 12 entrenudos, por otro lado, se puede observar que el híbrido comercial P86P83 y el genotipo LES-544, presentaron el mismo valor con un promedio de seis entrenudos, siendo este, el de menor valor.



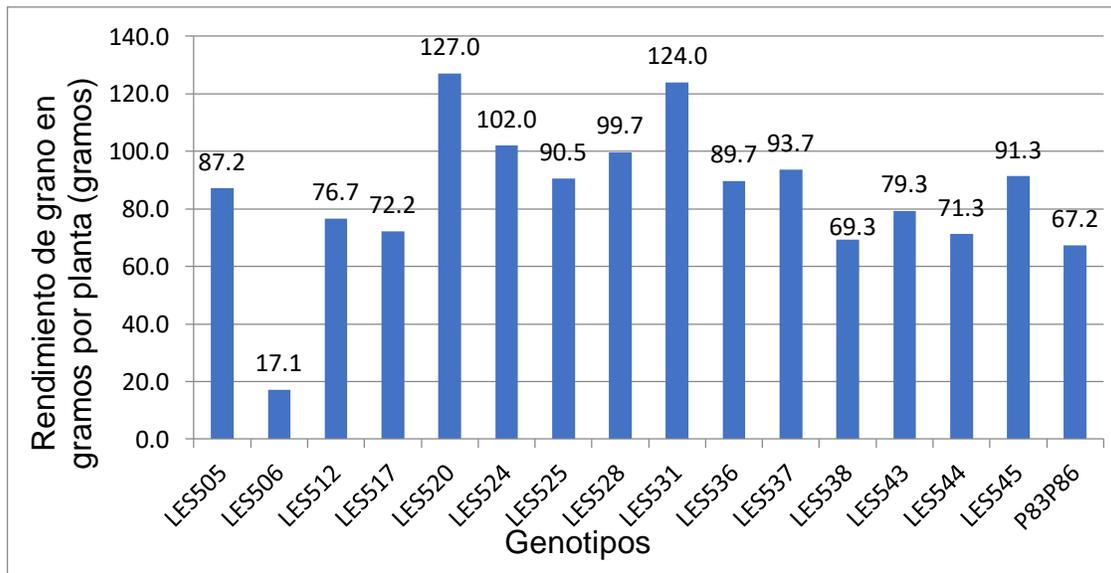
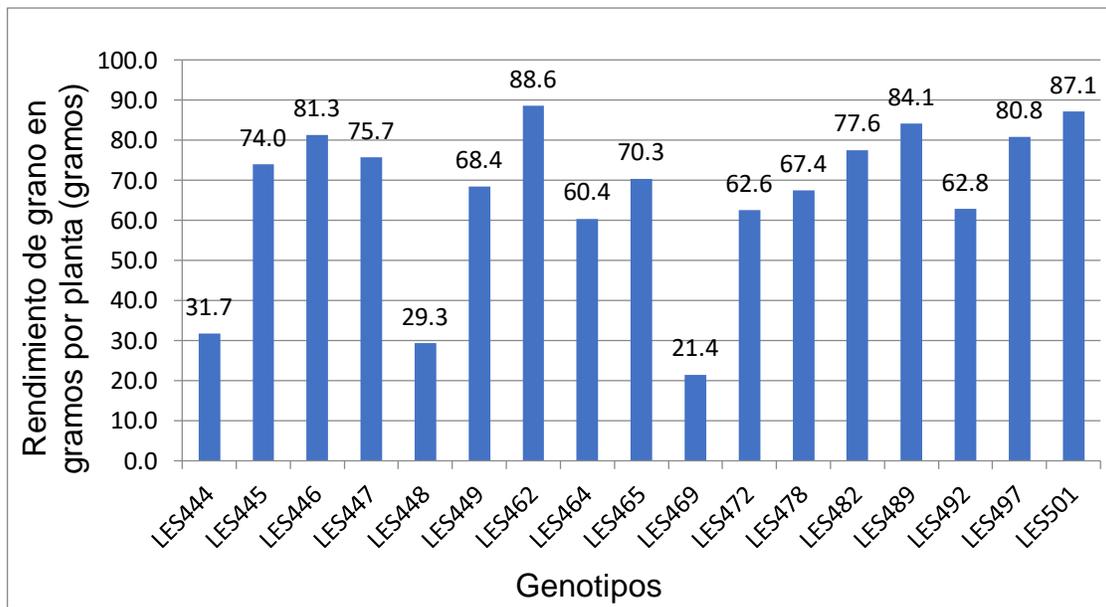
**Figura 13.** Comparación de medias para la variable número de entrenudos por planta de Líneas Experimentales de Sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Campo Experimental, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

#### **4.13. Rendimiento de grano en gramos por planta**

De acuerdo al análisis de varianza Cuadro 5, los resultados obtenidos fueron altamente significativos, se observa que el rango de los resultados obtenidos es muy amplio oscilando desde 17.1 a 127.0 g siendo, LES-506 la que presenta un menor rendimiento de grano.

El rendimiento del grano es el resultado de un sin número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan para luego expresarse en producción por hectárea (Compton, 1985). El rendimiento, determina la eficiencia en la utilización que las plantas hacen de los recursos existentes en el medio, así como el potencial genético que estas tengan. Aproximadamente, el 90 % del rendimiento de grano se debe a la fotosíntesis en la panícula y a las cuatro hojas superiores (Fischer y Wilson, 1971).

En la Figura 14, para la variable rendimiento de grano en gramos por planta, se muestra que la Línea Experimental de Sorgo con denominación LES-520, fue la que presentó un mayor rendimiento de grano con un promedio de 127.0 g, seguido de LES-531 con un promedio de 124.0 g, estos resultados son más altos que los obtenidos por Jabereldar *et al.*, (2017), donde reportan promedios de 45.2 y 50.9 g respectivamente en genotipos I-R1, por otro lado, se puede observar que el híbrido comercial P83P86, presenta un rendimiento de grano en gramos por planta que oscila en una media de 67.2 g.



**Figura 14.** 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 obtenidos en la presente investigación, se seleccionó a LES-520 como el genotipo que presentó el mejor rendimiento de grano, cabe mencionar que en las demás variables el comportamiento agronómico fue aceptable en las que destacaron días a floración (DF), diámetro de tallo (DT), incidencia de enfermedades (IE), sin embargo en la variable grados brix presentó valores bajos.

Los genotipos con mayor altura y mayor número de entrenudos, fueron LES-449, LES-447, LES-465 y LES-446, estas características son ideales competitivas para la producción de forraje, comparado con un híbrido comercial, por lo que se recomienda seguir sembrando estas líneas en próximos ciclos agrícolas.

A su vez, se encontraron a los genotipos LES-545 y LES-531 con buenas características agronómicas evaluadas como sorgo para doble propósito (grano y forraje), lo que nos indica que son aptas para las condiciones ambientales del sureste de Coahuila de acuerdo a los resultados de esta investigación.

## VI. LITERATURA CITADA

- Afzal, M; Ahmad, A; Ahmad, AU. (2012). Effect of nitrogen on growth and yield of *sorghum* forage (*Sorghum bicolor* (L.) Moench CV). Under three cuttings system. *Cercetari Agronomice in Moldova* 45(4):57-64.
- Aguirre, F. A. (2013). Evaluación de Etapas Fenológicas en Genotipos de Sorgo. Jutiapa. p.12.
- Aguirre, R.J., Williams, A.H., Montes, G.N., and Cortinas, E.H.M (1997). First report of *sorghum* ergot caused by *Sphacelia sorghi* in México. *Plant Disease* 81:831.
- Ajeigbe, H. A.; Folorunso Mathew Akinseye, Kunihya Ayuba, Jerome Jonah. (2018). " Productividad y eficiencia en el uso del agua del sorgo [ *Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivado bajo diferentes aplicaciones de nitrógeno en la zona de Sabana de Sudán, Nigeria ", *International Journal of Agronomy* , vol. 2018 , artículo ID 7676058 , 11 páginas. <https://doi.org/10.1155/2018/7676058>.
- Barahona O, y Gago H.F, (1996). Evaluación de diferentes prácticas culturales en soya (*Glycine max* L. Merr) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L) y su efecto sobre la cenosis de las malezas. Tesis de Ing. Agron. UNA, FAGRO–E.P.V, Managua, Nicaragua, 69 p.
- Barros, E. M.; Torres, JB; Bueno, AF. (2010). Ovoposición, desarrollo y reproducción de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en diferentes hospedantes de importancia económica. *Entomología Neotropical*, v.39, n.6, p.996-1001, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600023>.
- Bean BW, Baumhardt RL, McCollum III FT, McCuistion KC. (2013). Comparison of *sorghum* classes for grain and forage yield and forage nutritive value. *Field Crop Res*; (142):20-26.

- Bhat, B. V. (2019). Breeding forage *sorghum*. Breeding *Sorghum* for Diverse End Uses, 175–191, Hyderabad, India. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00011-5>.
- Blum, A. (2004). In: H. T. Nguyen, ed. Physiology and biotechnology integration for plant breeding. New York: Marcel Dekker Inc. p. 141-223.
- Bolaños, A. E. D. y Jean, C. E. (2013). Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad de forraje de sorgo. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4(2):161-176.
- Bolaños, E. D.; Emile, J. C.; Audebert, G. (2012). Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3: 441-449.
- Borghì, E.; Crusciol, C. A. C.; Nascentec, A. S.; Sousa, V. V.; Martins, P. O.; Mateus, G. P. and Costa, C. (2013). *Sorghum* grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. Eur. J. Agron. 51:130-139.
- Cantarero, R; Martínez, O; (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6. Managua, NI. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Trabajo de Diploma. 52 pp.
- Castaño Zapata, J., y Del Río, L. (1993). Diagramas de severidad para cuantificar daños provocados por *Stenocarpella* sp. en maíz (*Zea mays* L.). CEIBA, 3(2), 249-260.
- Castro, J.; Ortiz, J.; Mendoza, M. C. y Zavala, F. (2000). Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. Rev. Fitotec. Méx. 23:321-334.

- CENTA. (2007). (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova,” sv). (Guía Técnica) del Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). La Libertad El Salvador, 38 p.
- CENTA. (2018). (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Programa de granos básicos. Libertad Republica de El Salvador, C.A.
- Cisneros-López, M. E.; Valencia-Botín, A. J.; Estrada-Girón, Y. (2017). *Sorghum* (*Sorghum bicolor*) pollen availability and seed set under different proportion malefemale plants in Mexican highlands. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 49(2): 51-66.
- Compton L.P, (1985). La investigación en sistema de producción con sorgo en Honduras. Aspectos Agronómicos. INISOKM, CIMMYT, México, D.F. 35 p.
- Compton, L. P. (1990). Agronomía del sorgo. Programa de Mejoramiento de Sorgo del ICRISAT para América Latina. ICRISAT/LASIP (ed.), 145 p.
- Dahlberg J. (2001). Classification and characterization of *sorghum*. In: Smith CW, Frederiksen RA editors. *Sorghum: Origin, history, technology, and production*. New York, NY, USA: John Wiley y Sons, Inc.: 99-130.
- DayakarRao, B., C.V. Ratnavathi, K. Karthikeyan, P. K. Biswas, S.S. Rao, B.S. Vijay Kumar, and N. Seetharama (2004). Sweet *sorghum* cane for biofuel production: A SWOT analysis in Indian context. NRCS Technical Report no. 21/2004. National Research Centre for *Sorghum*, Rajendranagar, Hyderabad 500 030, AP, India. 20.
- Doggett, H. (1965). The development of cultivated *Sorghum*. Essays on crop plant evolution (Huchins, S.J.B., Ed.). London, UK. Cambridge University Press. 50 pp.

- Doggett, H. (1967). Yield increase from *sorghum* hybrids. Nature Research journals, 216, 798-799.
- Egli, D. B. (2017). Seed biology and yield of grain crops. 2nd Edition. CABI. Wallingfor, UK. 232 p.
- FAO. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. ProdStat database, yearly production. Sitio web: <http://faostat.fao.org>.
- FIRA, (2019). Fidecomiso Intituidos en Relacion con la Agricultura. Programa agroalimentario. Sorgo 2019. p 5. Sitio web: <https://www.inforural.com.mx/wpcontent/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Sorgo-2019.pdf>.
- Fischer K.S. y Wilson G.L, (1971). Studies of grain production in *Sorghum vulgare*. II. Sites responsible for grain dry matter production during the post-anthesis period. Aust.J. Agric. Res. 22:39-47.
- Flores-Naveda, A.; Valdés-Lozano, C. G. S.; Zavala-García, F.; Olivares-Sáenz, E.; GutiérrezDíez, A. y Vázquez-Badillo, M. E. (2013). Comportamiento agronómico de líneas para la producción de semilla de sorgo. Costa Rica. Agron. Mesoam. 1(24):111-118.
- Fontanetto, H., y Keller, O. (2015). Fertilización en sorgo. Disponible en [http://www.maizar.org.ar/documentos/291\\_fertilizacionensorgo.pdf](http://www.maizar.org.ar/documentos/291_fertilizacionensorgo.pdf)
- Frederiksen R.A. (1986). Compendium of *Sorghum* diseases. APS Press, St. Paul, MN. 82 p.
- G. Wu, J. F. Bornman, S. J. Bennett, M. W. Clarke, Z. Fang and S. K. Johnson. (2017). Individual polyphenolic profiles and antioxidant activity in *sorghum* grains are influenced by very low and high solar UV radiation and genotype, J. Cereal Sci., 77, 17-23.

- Getachew, G.; Putman, D.; De Ben, C.; De Peters, E. (2016). Potential of *sorghum* as an alternative to corn forage. *American Journal of Plant Sciences*. 7: 1106-1121.
- González, TR,; WY; Graterol, EY. (2005). Comportamiento de nueve cultivares de sorgo forrajero en Portuguesa, Venezuela. *Pastos* 35(2):151-162.
- Google Earth, (2020). Consultado en agosto 2020. Sitio web: <https://earth.google.com/web/@25.35918016,101.03848076,1732.22164898a,943.89095334d,35y,-58.79179349h,45.00000118t,-0r/data=KAE>
- House, L. R. (1985). *A Guide to Sorghum Breeding*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- INATEC, (2017). Granos básicos. Boletín Estadístico Agropecu. N0 27. Ser. Cronológica, 2013-2016. 94.
- INTA. (2011). *Manual de Sorgo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1ª edición. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_sorgo\\_renglo\\_1991.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglo_1991.pdf).
- Jabereldar, A. A., A. M. El Naim, A. A. Abdalla, and Y. M. Dagash. (2017). Effect of water stress on yield and water use efficiency of *sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in semi-arid environment. *International Journal of Agriculture and Forestry* 7(1): 1-6. <https://doi:10.5923/j.ijaf.20170701.01>
- Kimber, C. T. (2000). Origins of domestication *sorghum* and its early diffusion to India and China. In: C. W. Smith, R. A. Fredericksen (Ed). *Sorghum Origin, History, Technology and Production*. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY.
- Kimber, Clarissa T.; Dahlberg, J. A. y Kresovich, S. (2013). The genepool of *Sorghum bicolor* and its improvement. In: A. H. Paterson, ed. *Genomics of the Saccharinae*. New York: Springer. p. 23-42.

- Loaiza, M. A.; Reyes, J. J. E.; Moreno, G. T. y Martínez, A. C. O. (2008). Tecnologías para mejorar la productividad de los ranchos ganaderos. Resultados de proyectos de investigación. Fundación Produce Sinaloa, A. C. 25-28 p.
- Martínez. Medina, S. J., Gómez-Kosky, R., Rodríguez Valdés, G., Veitia Rodríguez, N., Saucedo Castillo, O., y Gil Díaz, V. (2016). Caracterización morfoagronómica de plantas de sorgo granífero variedad CIAP 132R-05 regeneradas vía embriogénesis somática en condiciones de campo. *Centro Agrícola*, 43(3), 73-79.
- Mohankumar, HK; Ramasamy, P; Robert, MA; Thomas, JH; Scott, RB; Christopher, RL. (2013). Analyses of *sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) lines and hybrids in response to early-season planting and cool conditions. *Can. J. Plant Sci* 93:773-784.
- Moreno Gallegos, Tomas, Melgoza Villagómez, Claudia María, Hernández Espinal, Luis Alberto, López Guzmán, Jesús Asunción, Moreno Hernández, Jesús Martín, Montes García, Noé y Pecina Quintero, Víctor. (2018). VCS-Diamante: cultivar de sorgo blanco para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1833-1838. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1726>.
- Mukherjee A.K. and Maiti S. (2009). Production technology of forage crops. In. *Forage crops Manual del sorgo*, 2011. Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura Sustentable en los Territorios del CERBAS. Ediciones INTA 2011. production and conservation, Kalyani Publishers, Ludhiana-New DelhiKolkata. pp 44-53.
- Núñez, G.; Contreras, F. E.; Faz, R.; Herrera, R. (1999). Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. INIFAP. CIRNC. CE La Laguna. Matamoros. Coahuila. México. 51 p.

- Penafiel, D; Lachat, C; Espinel, R; Van Damme, P; Kolsteren, P (2011). A Systematic Review on the Contributions of Edible Plant and Animal Biodiversity to Human Diets. *Ecohealth*. 8:381– 399.
- Pereira, J. F; (1999). *Fisiología de la yuca*. Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. Jusepín, VE. 123 pp.
- Perales-Rosas, D., Hernández-Pérez, R., Guillén-Sánchez, D., López-Martínez, V., AliaTejacal, I., y Juárez-López, P. (2019). Tratamiento con insecticidas a semillas de *Sorghum bicolor* para el control de *Melanaphis sacchari/sorghum* en Morelos, México. *Centro Agrícola*, 46(4), 5-12.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., y Milián, I. (2016). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y forrajes*, 33(1), 1-1.
- Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Wencomo, H.; Reyes, F.; Oquendo, G. y Milán, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)Moench.). *Pastos y Forrajes*, 33: 1-17.
- Pérez, H. A.; Quero, C. A. R.; Escalante, E. J. A. S.; Rodríguez, G. M. T.; Garduño, V. S. y Miranda, J. L. (2018). Fenología, biomasa y análisis de crecimiento en variedades de sorgo forrajero en valles altos. *Agron. Costarric*. 42(2):107-117.
- Pogue, GM. (2002). Una revisión mundial del género *Spodoptera* (Guenée) Lepidoptera: Noctuidae. *Memorias de la Sociedad Entomológica Estadounidense* , v.43, p.1-201.
- Premalatha, N., N. Kumaravadivel, and P. Veerabathiran. (2006). Heterosis and combining ability for grain yield and its components in *sorghum* [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Indian J. Gen.* 66: 123-126.
- Rebollar, R. S.; Hernández, M. J. y Guzmán, S. E. (2016). Optimización espacial y temporal de la producción y comercialización del sorgo grano en

México. Revista RAITES (antes Panorama Administrativo). 2(4):39-59.

- Rebora, C.; Iburguren, L.; Barros, A.; Bertona, A.; Antonini, C.; Arenas, F.; Calderón, M.; Guerrero, D. (2018). Corn silage production in the northern oasis of Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 50(2): 369-375.
- Rezende, R. P., Golin, H. O., Abreu, V. L. da S., Theodoro, G. F., Franco, G. L., Brumatti, R. C., Fernandes, P. B., Bento, A. L. L., y Rocha, R. F. A. T. (2020). Does intercropping maize with forage *sorghum* effect biomass yield, silage bromatological quality and economic viability. *Research, Society and Development*, 9(4), 46942818. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2818>.
- Ribeiro, L. G.; Rodríguez, N. M.; Gonçalves, L. C.; Pires, D. A. (2007). Consideraciones sobre ensilajes de sorgo. In: Jornada sobre producción y utilización de ensilajes. 51-68 p. Conferencias. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina.
- Ribeiro, M. G., Costa, K. A. P., Souza, W. F., Cruvinel, W. S., Silva, J. T., y Santos Júnior, D. R. (2017). Silage quality of *sorghum* and *Urochloa brizantha* cultivars monocropped or intercropped in different planting systems. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 243–250. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.33455>
- Rincón-Carruyo, Xomaira R., Clavero, T. J., Rincón, E., Quintero, C. F., y Márquez, A. T., (1997). Evaluación de parámetros agronómicos y fisiológicos en cuatro cultivares de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en macetas. II. Planta adulta. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 14, pp. 649-656.

- Rodríguez del Bosque, L.A. y Terán, V.A. (2015). Manejo Integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. INIFAP/ CIR-Noreste. 77 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/le/394239/Manejo\\_integrado\\_del\\_pulg\\_n\\_amarillo\\_del\\_sorgo\\_en\\_Tamaulipas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/le/394239/Manejo_integrado_del_pulg_n_amarillo_del_sorgo_en_Tamaulipas.pdf).
- López y Cuadra, (2010). Entrevista. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA, INTA).
- Rosetti, L., y Zuil, S. (2021). Resultados de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Híbridos de Sorgo en INTA Rafaela. Campaña 2020-21. Producción Vegetal, 16.
- Salvador, H., Hernández, M., Ayala, J., Guzmán, R., Borja, C., Alvarado, M., & Calderón, V. (2007). Guía técnica del sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Ministerio de Agricultura y Ganadería. CENTA.
- SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 8 de agosto de 2019. Sitio web: <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/ResumenDelegacion.do>.
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 20 de enero de 2022. Sitio web: <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/ResumenDelegacion.do>.
- Simili, F. F., Lima, M. L. P., Moreira, A. L., Soares, P. V., Roma Júnior, L. C., & Reis, R. A. (2011). Forage mass production and grazing loss of *sorghum* hybrid in response to the density of the sowing and the spacing between planting lines. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(7), 1474–1479. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700011>.
- Solórzano, EV. (2007). Guías fenológicas para cultivos básicos. México DF, Ed. Trillas. 152 p.
- Thawaro, N. (2017). Sweet *Sorghum* and Upland Rice: Alternative Preceding Crops to Ameliorate Ethanol Production and Soil Sustainability

Within the Sugarcane Cropping System. Sugar Tech, 19, 64-71.  
DOI: doi.org/10.1007/s12355-016-0437.

USDA. (2020). United States Department of Agriculture-Farm Service Agency. Determining eligibility of grain sorghum varieties. Notice: LP-1834. USDA Farm Service Agency, Washington, DC. USA. [http://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA\\_Notice/lp\\_1790.pdf](http://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_Notice/lp_1790.pdf).

Vanamala, JKP; Massey, AR; Pinnamaneni, SR; Reddivari, L; Reardon, KF (2018). Grain and Sweet *Sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench) Serves as a Novel Source of Bioactive Compounds for Human Health, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 58(17): 2867-2881.

Vijayaxmi, Pahuja S K, Kumardi. U, and Joshi. U. N. (2019). Genetic divergence studies for agromorphological, insect pestt and quality parameters in mini corecolection for forage *Sorghum* Forage Res. 44 237-41.

Villeda Castillo, D. A. (2014). Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con bajo contenido de lignina. Universidad de El Salvador.

Williams, H., R. Rodríguez-Herrera, y N. Montes-García. (1995). 20 años de investigación en sorgo en el Campo Experimental Río Bravo. Germen 11:1-35.

Workneh, F., and Rush, C.M. (2003). Status of *sorghum* ergot in the Texas Pandhandle and efforts towards development of risk forecasting model. In: Proceeding of the 23rd Biennial Sorghum Industry Conference. Albuquerque, New Mexico, USA. 47 p.

Yuvaraja A, Chinthiya A, Sangeetha R, Bharathy S V and Rajarajan K, (2019). Diversity analyses of forage traits in *sorghum* (*Sorghum bicolor* L.) Germplasm Forage Res. 44 242-6.

Zhang, B., y Wang, Q. (2015). MicroRNA-based biotechnology for plant improvement. *Journal of Cellular Physiology*, 230, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1002/jcp.24685>.

Zhao, L.; Liu, S. and Song, S. (2010). Optimization of callus induction and plant regeneration from germinating seeds of sweet *sorghum* (*Sorghum bicolor* L. Moench). *African Journal of Biotechnology*, 9: 2367-2374.