

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación del Comportamiento Agronómico de Líneas Experimentales de
Sorgo en la Comarca Lagunera

Por:

HUGO FRANCO LUNA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Enero, 2020.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Comportamiento Agronómico de Líneas Experimentales de
Sorgo en la Comarca Lagunera

Por:

HUGO FRANCO LUNA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



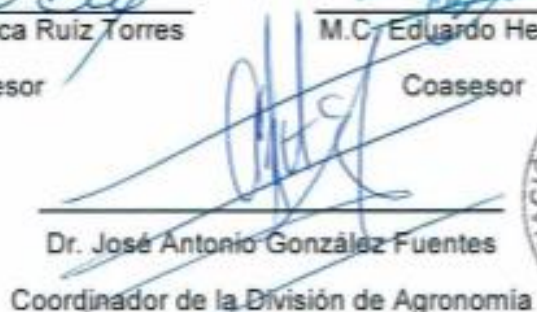
Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal



Dra. Norma Angélica Ruiz Torres
Coasesor



M.C. Eduardo Hernández Alonso
Coasesor



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



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Enero, 2020.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento, a la hermosa institución que me cobijo durante esta etapa de mi vida hablo de la incomparable **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** que día a día me enseñó sobre la nobleza que fue fundada, que permeaba el ambiente de un sentido de identidad, y que poco a poco fue provocando este sentido de pertenencia que ahora yace en mí, gracia por todos los hermosos momentos que me brindaste, los excelente docentes que me fuero educando y llenando de conocimiento sin duda alguna con todos estoy muy agradecido, excelentes seres humanos.

Mi agradecimiento total al **Doctor Antonio Flores Naveda** por estar hasta el final apoyando sin usted no hubiera sido posible terminar mi tesis de una manera adecuada, gracias por la ayuda, además por la confianza que me tiene en poner uno de sus proyectos en mis manos. A mis sinodales **Doctora Norma A. Ruiz Torres , M.C. Eduardo Hernández Alonso y Dr. Josué García López** gracias por el apoyo en la revisión de tesis y confianza.

A la próxima Ingeniera **Maryana Barrios Meza** que me apoyo en todo momento para culminar mi tesis y sobre todo estuvo conmigo en todo momento hasta cuando sentía que no podía más, gracias por todo de verdad haz sido un aliciente para poder culminar con mi titulación, estaré ahí cuando tú lo hagas lo prometo, eres una gran persona, sabes lo mucho que significas para mí en este instante en mi vida.

A mis amigos que siempre me brindaron la mano cuando necesite de ellos ustedes sabrán que siempre podrán contar con un amigo fiel, leal y sincero, y aunque no sea mucho yo siempre les brindare una sonrisa y escuchare en todos sus problemas me llena de orgullo saber que están cumpliendo cada uno sus metas que están desarrollándose como personas y sobre todo que están engordando bastante, gracias por todas las experiencias vivida y cada vez que después de verlos el mundo ere mejor mención especial para ustedes chicos **El equipo codiciado Eduardo Vargas Corona, Leonardo E. Ortiz Avalos, Steven Alejandro, Osbel Romo Castro** todas las experiencias vividas con ustedes son incomparables e inigualables batos los voy a extrañar un montón, tampoco podría faltar mi amiga tan querida **Marlene Orozco** gracias por tu apoyo, **Jesús Izaguirre**, gracias por la amistad.

A las personas que me ayudaron a concluir la Tesis Hermanos del alma **Edu, y Leo, Steven**, también al **wolverine, gudy, monjita, el amigo del wolverine, los**

pelones También al trabajador de mi institución, el buen **Lorenzo Villa Sandoval** claro ejemplo de cuando te gusta el trabajo lo haces y estas ahí sobre todo la ayuda en la recolección de datos.

A todas las personas del equipo representativo de **futbol americano**, en especial a **Franco** por la gran amistad que trascendió más allá del deporte. A mi coach **Seco**, me llevo de usted muchas buenas lecciones gracias por el apoyo.

DEDICATORIA

Al Universo

Gracia por permitirme estar en esta ocasión una vez más salvando mis sueños, por todas las personas que pusiste en mi camino, ya fueran buenas malas, porque de cada ella me llevo algo importante, una lección de vida, cito “Nunca me eh ido a dormir sin aprender nada nuevo”

A Mis Padres

Esta va una vez más por ustedes Adriana Luna Hernández, y Saúl Franco palacios, que siempre me han apoyado en todo lo que hago y lo que quiero, que con su amor y dedicación me han ayudado a sobresalir en la vida, de verdad que les debo mucho quiero verlos felices y quiero regresarles un poco de lo mucho que me han dado, sin duda alguna los Amo incondicionalmente.

A Mis Hermanas

Por siempre quererme y por siempre apoyarme a ti **Nadia (yaya)** por todo lo que has hecho por mi esta va por ti deberás, y **Adri** por hacerme ser un ejemplo para ti

Especial Para Mi Abuelo hasta el cielo con amor

Que siempre me hacía sentir como un chingo, que tanta alegría le daba mirarme, y que creía en mí, que sería lo que yo quisiera ser y siempre me aconsejaba, lamento no poderme despedirme de usted don Rubén Luna (Gabriel), y si existe un cielo espero me esté mirando como sigo creciendo, y si no sabe que siempre estará presente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVOS.....	3
1.1.1.	Objetivo general	3
1.1.2.	Objetivos específicos.....	3
1.2.	HIPÓTESIS.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	Origen del cultivo de sorgo e importancia.....	4
2.2.	Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.....	5
2.3.	Producción de sorgo a nivel mundial	6
2.4.	Producción de sorgo en México.....	8
2.5.	Descripción de la planta y usos	9
2.6.	Descripción botánica y escala fisiológica.....	11
2.7.	Tipos de sorgo	20
2.8.	Requerimientos edafo-climáticos	22
2.8.1	Suelo.....	22
2.8.2	Altitud.....	22
2.8.3	Humedad del suelo.....	22
2.8.4	Temperatura	23
2.8.5	Fotoperiodo	23
2.9	Principales plagas del cultivo de sorgo	23
2.10	Recomendaciones generales para el control de plagas	26
2.11	Principales enfermedades del cultivo de sorgo.....	29
2.12	Control de las enfermedades en el sorgo	31
2.13	Mejoramiento genético del sorgo.....	32

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1	Germoplasma utilizado	34
3.2	Localización del sitio experimental	34
3.3	Diseño experimental	34
3.4	Variables evaluadas	35
3.4.1	Altura de la planta (AP)	35
3.4.2	Longitud de panícula (LP)	36
3.4.3	Longitud de excursión (LE).....	36
3.4.4	Rendimiento de grano en g/planta (RGP)	36
3.4.5	Indicé de daño por aves (IDA).....	36
3.4.6	Indicé de enfermedades foliares (IDF)	37
3.4.7	Color de grano (CG)	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1.	Altura de planta (AP).....	45
4.2.	Longitud de la panícula (LP)	46
4.3.	Longitud de excursión (LE)	47
4.4.	Rendimiento de grano en gramos por planta (RGP).....	48
4.5.	Índice de daño por aves (IDA)	49
4.6.	Índice de enfermedades foliares (IEF).....	50
4.7.	Color de grano (CG)	51
V.	CONCLUSIONES	52
VI.	LITERATURA CITADA.....	53
VII.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de sorgo.....	5
Cuadro 2. Principales países productores de sorgo a nivel mundial.....	8
Cuadro 1. Principales estados productores de sorgo en México.....	9
Cuadro 4. Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	41
Cuadro 5. Cuadro 5. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo. En el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción botánica de la planta de sorgo (Vanderlip, 1993).....	11
Figura 2. Etapa del crecimiento y desarrollo del sorgo, según la escala de (Vanderlip, 1993).....	12
Figura 3. Etapa de emergencia de la plántula de sorgo.....	13
Figura 4. Tres hojas visibles 15-20 días después de la emergencia.....	14
Figura 5. Etapa de 5 hojas en la planta de sorgo.....	15
Figura 6. Etapa diferenciación punto de crecimiento.....	16
Figura 7. Etapa de emergencia de la panícula de sorgo.....	17
Figura 8. Etapa de 50% de floración.....	18
Figura 9. Etapa de grano masoso.....	19
Figura 10. Etapa de madurez fisiológica final de grano.....	19
Figura 11. Comparación de medias, para la variable altura de planta en (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de la Colonias, Coahuila.....	45
Figura 12. Comparación de medias para la variable Longitud de panícula en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en evaluadas en San Pedro de las Colonias.....	46
Figura 13. Comparación de medias para la variable longitud de excursión en (cm) de la planta en genotipos de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	47
Figura 14 Comparación de medias para la variable rendimiento de grano en g/planta en los genotipos de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	48
Figura15. Comparación de medias para la variable índice de daño por aves de los genotipos de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.....	49

Figura 16. Comparación de medias para la variable índice de enfermedades foliares en genotipos de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.....50

VII. Anexo 1.....57

RESUMEN

El cultivo de sorgo es originario de África, aunque se ha cultivado desde tiempos milenarios en diferentes culturas antiguas como Asia, India y China. Este grano es considerado como el quinto cereal que más se produce en el mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada. Es uno de los cultivos de gran importancia, debido a sus mecanismos de tolerancia al calor y sequía.

El presente trabajo de investigación se planteó con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de Líneas Experimentales de Sorgo (LES), bajo las condiciones agroecológicas de la Comarca Lagunera en el Municipio de San Pedro, Coahuila para evaluar el potencial de rendimiento de grano. A nivel de campo, se evaluaron las siguientes variables agronómicas: altura de planta (AP), longitud de panícula (LP), longitud de excursión (LE), rendimiento en gramos por planta (RGP), incidencia de daño por aves (IDA), índice de enfermedades foliares (IEF) y color de grano (CG).

Se evaluaron veintisiete líneas experimentales de sorgo, bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. El registro de los datos de campo para cada genotipo se realizó en la etapa de madurez fisiológica final del grano y en etapa de postcosecha a nivel de laboratorio. Para el análisis estadístico de las variables se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0, donde se realizó un Análisis de Varianza y una prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey a una probabilidad de $P \leq 0.05$.

Los resultados muestran que la línea experimental de sorgo que resultó superior con base en su comportamiento agronómico, fue la LES-267, seguido por la LES-232. Ambas líneas mostraron tener mayor adaptabilidad en la zona evaluada, buena sanidad, poca incidencia de enfermedades y un aceptable potencial de rendimiento de grano.

Palabras clave: Genotipos, Sorgo, Rendimiento, Grano, Ambientes.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es una planta originaria de la India, se adapta a climas cálidos áridos y semiáridos. El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, por el volumen de producción y la superficie cultivada. (FAO, 2017). Según el informe estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la superficie sembrada en México durante el año agrícola 2018, fue de 801,916 hectáreas, en donde se cosecharon 781,152 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.9 toneladas por hectárea (SIAP, 2018).

En la economía mundial del sorgo se pueden distinguir dos grandes sistemas de producción y utilización. En el mundo desarrollado y en partes de América Latina y el Caribe, predomina la producción intensiva, objeto de comercialización, destinada principalmente a la alimentación del ganado. En este sistema se utilizan abundantemente las semillas híbridas, los fertilizantes y tecnologías mejoradas de aprovechamiento del agua y los rendimientos oscilan entre las tres y cinco toneladas por hectárea. Estos sistemas de producción comercializada, abarcan menos del 15 por ciento de la superficie mundial de sorgo, pero de ellos procede más del 40 por ciento de la producción total.

Aproximadamente el 40% de ese cereal es objeto de comercio en los mercados internacionales. Existe un marcado contraste entre estos sistemas y los que predominan en la mayor parte del mundo en desarrollo (excepto en algunos lugares de América Latina y el Caribe), donde el sorgo se cultiva principalmente para la alimentación humana. Aunque en esos sistemas se están introduciendo variedades mejoradas, particularmente de Asia. A su vez, el uso de fertilizantes es escaso y la aplicación de tecnologías a la producción de sorgo es limitada. Por ello, el rendimiento medio oscila en muchas zonas entre 0, 5 y 1, 0 toneladas por hectárea (FAO, 2004).

En la actualidad, el sorgo (*Sorghum bicolor*) representa el principal grano en algunas partes de África, Asia, India, Pakistán y China, donde constituye gran parte de la dieta humana. Se emplea también en alimentación animal, así como en la producción de forrajes y para la elaboración de bebidas alcohólicas.

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

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. Además, el sorgo está provisto de una estrategia de latencia que le permite suspender el crecimiento hasta que se restablezcan nuevamente las condiciones favorables. Por otro lado, son muy variados sus posibles usos para la alimentación ganadera, pudiendo ser utilizado como verdeo, bajo sistemas de pastoreo directo y como reservas en forma de silo de grano húmedo y de planta entera o como concentrado. (INTA, 2011).

El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz, por su resistencia a enfermedades virosas, fungosas y poca demanda de agua. La importancia de este cultivo, ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a su utilización en la alimentación humana. En la industria de la panificación se puede utilizar la harina de sorgo, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la harina de trigo en las mezclas para la elaboración de pan artesanal, sin afectar la calidad de éste. (CENTA, 2007).

Por lo antes mencionado, se presentan a continuación los objetivos del presente trabajo de investigación.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de líneas experimentales de sorgo y su potencial de rendimiento de grano en la región de la Comarca Lagunera.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo, para estimar su potencial de rendimiento.

Evaluar la incidencia de enfermedades foliares en líneas experimentales de sorgo, para estimar su capacidad de adaptación en el ambiente de evaluación.

1.2. HIPÓTESIS

Hi. Al menos un genotipo de sorgo, a través de la evaluación del comportamiento agronómico en sus diversas etapas fenológicas y el rendimiento de grano, permitirá estimar su capacidad de adaptación en la región de la Comarca Lagunera.

Hi. La evaluación del comportamiento agronómico a través de varias etapas fenológicas y el rendimiento de grano, permitirán identificar al menos un genotipo de sorgo con capacidad de adaptarse a la región de la Comarca Lagunera,

Ho. Ninguno de los genotipos de sorgo a través de su evaluación agronómica y su estimación de rendimiento de grano, se pueden adaptar a las condiciones agroecológicas de la región de la Comarca Lagunera.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo de sorgo e importancia

Los primeros informes muestran que el sorgo existió en India en el siglo I después de Cristo. Las esculturas que lo describen se hallaron en ruinas asirias de 700 años a. C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central (Etiopía o Sudán), pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad genética.

El sorgo como cultivo domesticado, llegó a Europa aproximadamente hacia el año 60 d. C., pero nunca se extendió en este continente. A su vez, no se tiene conocimiento cuándo se introdujo, la planta por primera vez en el continente americano. Las primeras semillas probablemente se llevaron al hemisferio occidental en barcos de esclavos procedentes de África.

Este cultivo de sorgo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz, en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para consumo animal.

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 muchas zonas 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.

El sorgo (*Sorghum bicolor*), 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 (Rodríguez *et al.*, 2006.)

2.2. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de sorgo.

FAMILIA	POACEAE
TRIBU	<i>Andropogoneae</i>
SUBTRIBU	<i>Sorghinae</i>
GENERO	<i>Sorghum Moench</i>
SUBGÉNERO	<i>Sorghum</i>
	<i>Chaetosorghum</i>
	<i>Heterosorghum</i>
	<i>Parasorghum</i>
	<i>Stiposorghum</i>
ESPECIE DEL SUBGÉNERO	<i>sorghum</i> <i>Sorghumpropinquim</i>
	<i>Sorghum halepense</i>
	<i>Sorghum bicolor</i>
SUBESPECIES DE SP. S. BICOLOR	<i>Sorghum bicolor bicolor</i>

	<i>Sorghum bicolor drummondii</i>
	<i>Sorghum bicolor verticilliflorum</i>
RAZAS DE SUBSP. S. BICOLOR BICOLOR	<i>Bicolor</i>
	<i>Guinea</i>
	<i>Durra</i>
	<i>Kafir</i>
	<i>Caudatum</i>

Fuente: Kimber, 2000.

2.3. Producción de sorgo a nivel mundial

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

En África una parte importante se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado (Ostrowski, 1998; Salerno, 1998; Oramas *et al.*, 2002), en aves de corral (Caballero, 1998a; Oramas *et al.*, 1998a; Gilbert, 1999), además de ser muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera (Vitale *et al.*, 1998)

La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11.9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9.5 Mt), Nigeria (7.5 Mt) y México (6.4 Mt), que se consideran como productores líderes.

En la economía mundial del sorgo se pueden distinguir dos grandes sistemas de producción y utilización. En el mundo desarrollado y en partes de América Latina y el Caribe predomina la producción intensiva, objeto de comercialización, destinada principalmente a la alimentación del ganado. En este sistema se utilizan abundantemente las semillas híbridas, los fertilizantes y tecnologías mejoradas de aprovechamiento del agua y los rendimientos oscilan entre las 3 y las 5 toneladas por hectárea. Estos sistemas de producción comercializada abarcan menos del 15 por ciento de la superficie mundial de sorgo, pero de ellos procede más del 40 por ciento de la producción total. Alrededor del 40 por ciento de ese cereal es objeto de comercio en los mercados internacionales de pienso. Existe un marcado contraste entre estos sistemas y los que predominan en la mayor parte del mundo en desarrollo (excepto en algunos lugares de América Latina y el Caribe), donde el sorgo se cultiva principalmente para la alimentación humana. Aunque en esos sistemas se están introduciendo variedades mejoradas, particularmente en Asia, por lo general el cultivo es menos intensivo que en los sistemas cuya producción se comercializa. El uso de fertilizantes es escaso y la aplicación de tecnologías mejoradas de conservación de la humedad limitada. Por ello, el rendimiento medio oscila en muchas zonas entre 0.5 y 1.0 toneladas por hectárea (FAO, 2004).

Las estadísticas extraídas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT) clasificaron a los Estados Unidos como el principal productor mundial de sorgo, con un total de producción de 11.5 millones de toneladas métricas. Como cereal, el sorgo es el 3rd la mayoría de los granos producidos en el país. El país tiene varias regiones que producen grandes cosechas de sorgo, incluyendo Colorado, Dakota del Sur, Oklahoma, Texas y Kansas. Los agricultores usan principalmente el cultivo como alimento para el ganado y en la producción de etanol.

Cuadro 2. Principales países productores de sorgo a nivel mundial.

País	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/Ha)
Cosechada			
Estados Unidos	2,041,660	9,241,760	4.526
Nigeria	5,820,000	6,939,000	1.192
México	1,427,801	4,853,110	3.399
Etiopia	1,840,018	4,815,595	2.617
India	5,862,000	4,570,000	0.779

Fuente: FAOSTAT, 2018.

2.4. Producción de sorgo en México

En México el principal uso del sorgo es para la producción de grano, y como forraje, ya que es el principal ingrediente en la formulación de alimentos balanceados en el sector pecuario. La superficie utilizada para este cultivo alcanzó un promedio de 1.8 millones de hectáreas, con un volumen cercano a los 5.2 millones de toneladas anuales en el año 2016, con un rendimiento obtenido por este cultivo de 3.59 toneladas por hectárea. Sin embargo, para el año 2018 la superficie dedicada a este cultivo se redujo a 801,916 mil hectáreas, con un volumen cercano a los 2.4 millones de toneladas anuales y con un rendimiento obtenido de 2.9 toneladas por hectárea en el mismo año (SIAP, 2018).

Cuadro 3. Principales estados productores de sorgo en México.

Estado	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Tamaulipas	666,239	648,842	1,832,956	2.825
Nayarit	35,550	35,529	151,318	4.456
S.L.P.	25,606	23,446	69,753	2.975
Campeche	24,464	23,882	70,551	2.954
Veracruz	12,123	12,123	41,815	3.449

Fuente: SIAP, 2018.

2.5. Descripción de la planta y usos

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], se cultiva en áreas tropicales y subtropicales del mundo y se caracteriza por sus altos contenidos de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) y de azúcares solubles (sacarosa, fructosa y glucosa) que pueden emplearse para producir etanol (Murray *et al.*, 2009).

El sorgo tiene hábito y fisiología vegetal (metabolismo de las plantas C₄) similares a los del maíz (*Zea mays*). El género *Sorghum* presenta un sistema radical profuso que le brinda una estructura de soporte muy desarrollada, lo que permite acumular gran cantidad de reservas; además le confiere una mayor capacidad de penetración y mejor persistencia en climas secos, donde la escasez de agua se mantiene por períodos prolongados; su tallo es grueso, con espinas que nacen por pares, y la altura puede oscilar de 1 a 3 m. Los nudos presentan abundantes

pilosidades. Las hojas son alternas, aserradas, lanceoladas, anchas y ásperas en su margen (González, 1961; Duke, 1983).

La enzima carboxilasa fosfoenolpiruvato es la responsable de que esta planta tenga habilidad para mantener la eficiencia fotosintética bajo estrés (Maranville y Madhavan, 2002). También se plantea que cuando el tejido experimenta estrés hídrico, en este se produce un cierre estomático para restringir la pérdida de agua, o debe ajustar el tamaño de la célula o el potencial osmótico, de manera tal que el potencial hídrico de la célula baje para mantener la fluidez del agua líquida (Krieg, 2000).

El sorgo durante el periodo de su cultivo requiere un mínimo de 250 mm para producir grano. Asimismo, pueden obtenerse buenos rendimientos con 350 mm, pero para lograr una alta producción el requerimiento de agua varía entre 450 a 600 mm, dependiendo del ciclo del cultivar y de las condiciones ambientales (Giorda *et al.*, 1997) (INTA, 2011).

Actualmente, el sorgo representa el principal grano en algunas partes de África, Asia, India, Pakistán y China donde constituye gran parte de la dieta humana. Se emplea también en alimentación animal, en la producción de forrajes, y para la elaboración de bebidas alcohólicas. En la industria de extracción se emplea fundamentalmente para la obtención de almidón, alcohol y glucosa, además se utiliza en la fermentación aceto-butílica, donde se producen tres solventes importantes, alcohol, acetona y butanol.

2.6. Descripción botánica y escala fisiológica

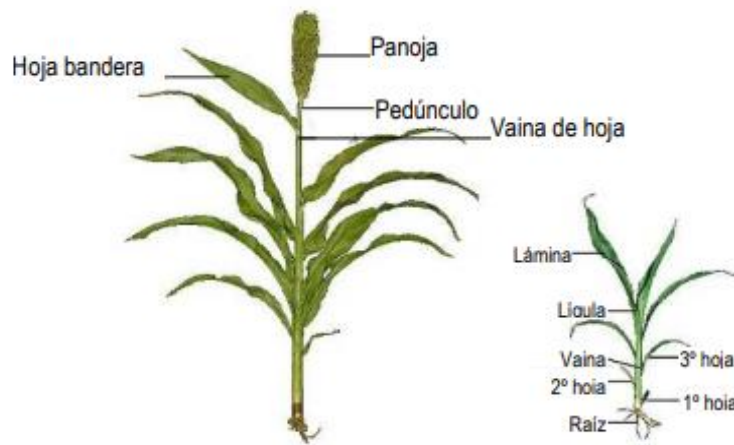


Figura 5. Descripción botánica de la planta de sorgo (Vanderlip, 1993).

2.6.1 Raíz

El sistema radical adventicio es fibroso y se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de la raíz es de aproximadamente un metro con 80% de las raíces en los primeros 30 centímetros. El número de pelos absorbentes puede ser el doble que la planta de maíz, las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes.

2.6.2 Tallo

El sorgo es una planta de un solo tallo, pero puede desarrollar otros tallos, 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. Los tallos presentan en promedio de 7 a 24 nudos.

2.6.3 Hojas

El número de hojas varía de 7 a 24, según el genotipo 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.

2.6.4 Inflorescencia

Es una panícula de racimo con un raquis central completamente escondido por la densidad de sus ramas o totalmente expuesto. La excersión 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.

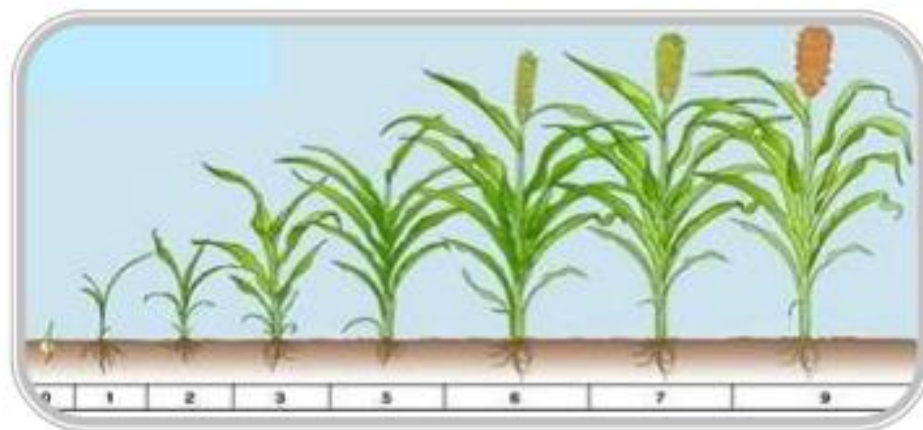


Figura 6. Etapa del crecimiento y desarrollo del sorgo, según la escala de (Vanderlip, 1993).

Etapa 0. Emergencia. Esta etapa ocurre cuando el coleóptilo es visible en la superficie del suelo, que es por lo general 3 a 10 días después de la siembra. Para lograr una buena emergencia es fundamental lograr un rápido crecimiento, que se alcanza con una correcta temperatura, humedad del suelo, profundidad de siembra, y un buen vigor de la semilla. La siembra debe realizarse con una temperatura del suelo de por lo menos 20°C a 5 cm de profundidad, e idealmente de 25-32°C, para asegurar la germinación ya que el sorgo es una planta de origen tropical. En esta etapa es posible realizar tratamiento a las semillas con fungicidas, insecticidas y fitohormonas para promover su germinación (Figura 3).



Figura 7. Etapa de emergencia de la plántula de sorgo.

Etapa 1. Estado de tres hojas: La etapa de tres hojas se produce cuando las lígulas de tres hojas se pueden ver sin tener que romper la planta. Esta etapa se produce aproximadamente 10 días después de la emergencia, dependiendo de la temperatura. Es importante que la fecha de siembra sea lo suficientemente tarde como para asegurar que las plantas crezcan rápidamente en esta etapa. El crecimiento lento y deficiente control de malezas puede reducir considerablemente los rendimientos ya a partir de este momento. En esta etapa, aunque la parte aérea sea eliminada por, por ejemplo, una helada, la planta se recupera bien ya que el punto de crecimiento se encuentra debajo de la superficie del suelo, y no se ve afectado (Figura 4).



Figura 8. Tres hojas visibles 15-20 días después de la emergencia.

Etapa 2. Etapa de las 5 hojas. Esta etapa se produce cuando las lígulas de cinco hojas se pueden ver sin necesidad de romper la planta, y se produce cerca de 3 semanas después de la emergencia (Figura 5). El sistema radical se desarrolla rápidamente en esta etapa. La materia seca se acumula a una velocidad constante con condiciones de crecimiento satisfactorias. Durante esta etapa se determina el desarrollo potencial de la planta, ya que se establece el número total de hojas que tendrá. Los rendimientos se pueden disminuir drásticamente, si no se toman medidas para evitar la competencia de las malezas, la carencia de nutrientes, de agua o el ataque de plagas y enfermedades.



Figura 5. Etapa de 5 hojas en la planta de sorgo.

Etapa 3. Diferenciación del punto de crecimiento. En esta etapa el punto de crecimiento de la planta de sorgo cambia de vegetativo a reproductivo, que es cuando la planta ha alcanzado el 5% de su crecimiento total, y ha tomado el 10-15% de todos los nutrientes que tomará durante el ciclo. A partir de este momento se define el tamaño potencial de la panoja. La absorción de nutrientes es rápida, por lo que el suministro adecuado de nutrientes y agua son necesarios para proporcionar el máximo crecimiento. Las plantas de sorgo crecen muy rápidamente y son muy competitivas en esta etapa, ayudando a mantener un buen control de malezas hasta el final del ciclo. Esta etapa se produce aproximadamente 30 días después de la emergencia, cuando el cultivo ha llegado a un tercio del ciclo (Figura 6).

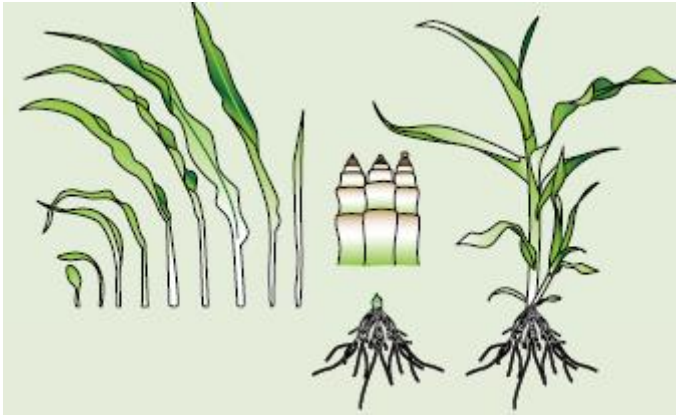


Figura 6. Etapa diferenciación punto de crecimiento.

Etapa 4. Última hoja visible. En este punto, todas, excepto los últimas 3 o 4 hojas se han expandido totalmente, es decir, se ha determinado el 80% del área foliar. Las últimas 2-5 hojas (inferiores) se han perdido.

Etapa 5. Emergencia de la panícula. En esta etapa todas las hojas se han expandido totalmente, lo que significa que la planta se encuentra en sus niveles máximos de área foliar e intercepción de luz. El tamaño potencial de la panoja se ha determinado, y la misma se encuentra embuchada en la vaina de la hoja bandera. Continúa un rápido crecimiento y absorción de nutrientes. El estrés por falta de humedad o por acción de algún herbicida puede provocar que la panoja no termine de salir de la vaina de la hoja bandera, provocando así una polinización incompleta. En esta etapa comienza el período crítico de definición del rendimiento, donde una carencia en esta etapa se traduce directamente en menores rendimientos (Figura 7).



Figura 7. Etapa de emergencia de la panícula de sorgo.

Etapa 6. Floración. Esta etapa se define cuando la mitad de las plantas están en la etapa de floración, la cual comienza en la parte superior de la panoja, y baja en 4-9 días. En esta etapa, la planta ha formado la mitad del peso seco total. El cultivo ha cumplido el 60% del tiempo total entre la siembra y madurez fisiológica. A partir de este momento, la producción de fotoasimilados se destina exclusivamente al grano (Figura 8).

Los fotosintatos almacenados en el tallo también se mueven hacia el grano. Un estrés hídrico severo puede causar una pobre producción de fotosintatos, por lo cual el llenado de los granos se verá afectado, sin embargo, si las condiciones ambientales son favorables, la planta de sorgo puede compensar las limitaciones que hayan sucedido durante el ciclo, y que hayan causado un menor tamaño de la planta, área foliar o número de plantas mediante el aumento del número de granos por panoja, así como el peso de los mismos.



Figura 8. Etapa de 50% de floración.

Etapa 7. Llenado de grano. En esta etapa, el grano tiene una consistencia pastosa y el llenado de granos se produce rápidamente. Aproximadamente la mitad del peso seco del grano se acumula entre las etapas 6 y 7. Las hojas inferiores siguen envejeciendo, entre 8 a 12 hojas mueren en esta etapa (Figura 9).

Figura 9. Etapa de grano masoso.



Etapa 8. Grano duro. En esta etapa se alcanza las tres cuartas partes del peso seco del grano. La absorción de nutrientes en este momento es prácticamente nula. Un estrés hídrico severo, así como una helada temprana se traducirá en un grano chuzo.

Etapa 9. Madurez fisiológica. En esta etapa se alcanza el máximo peso seco de la planta. En los granos se forma un punto oscuro. La humedad del grano depende del híbrido, con valores que oscilan entre 25% y 35%. Esta madurez fisiológica no es la madurez de la cosecha, ya que el grano aún debe perder humedad antes de poder ser cosechado para un almacenamiento convencional. En cambio, si lo que se busca es un grano húmedo, o cosechar temprano para luego hacer un secado artificial, el sorgo se puede cosechar en cualquier momento a partir de esta (Figura 10).



Figura 10. Etapa de madurez fisiológica final de grano.

2.7. Tipos de sorgo

Un punto fundamental a tener en cuenta para conseguir un bajo costo de la ración es prever con anterioridad el uso que se la dará al mismo, ya que un manejo diferenciado según tipo de sorgo, permite atender los requerimientos del cultivo, según sus especificaciones (selección del lote, fecha de siembra, distanciamiento entre líneas, fertilización), logrando que el cultivar seleccionado exprese al máximo su potencial, con la consecuente disminución en el costo de la ración. La elección de sorgos y la forma de utilización de los mismos (en pie verde, diferido, ensilado, o grano) va a depender del tipo de sistemas de producción al que estemos apuntando: cría, recría, engorde, así como a las categorías que lo utilizarán. Se presentan a continuación las características de cada tipo de sorgo:

1.- Sorgo para grano

Son utilizados para aportar energía en los sistemas de engorde intensivo, 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, fecha probable de cosecha, etc. Otras alternativas de destino son: exportación directa de granos, industrias de alimentos balanceados alimentación para aves ó panificados para alimentación humana, en donde la calidad del grano de sorgo será diferente para cada tipo de demanda.

2.- Sorgo para ensilaje

El ensilaje de sorgo es una reserva forrajera que aporta un gran volumen de forraje volumen de forraje volumen de forraje fresco, pero presenta un limitado aporte de proteína y en muchos casos también de energía. El híbrido a elegir para hacer silaje 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.

3.- Producción de sorgo en diferido

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. Las variedades que se han empleado habitualmente con este destino han sido del tipo forrajero azucarados, los cuales ofrecen una gran producción de materia seca, pero que en muchos casos no logran ser aprovechada de manera eficiente por parte del animal. En cambio, los híbridos doble propósito (DP) cuando son utilizados en forma diferida, presentan una serie de ventajas con respecto a los forrajeros, que pueden mejorar su aprovechamiento. En este sentido, los híbridos DP poseen una mayor relación grano/planta entera, con similar producción total de materia seca. Esto se traduce en una mayor proporción de grano, mejorando así la calidad nutritiva de la dieta con respecto a los materiales forrajeros, debido a un mayor aporte a nivel ruminal de nutrientes rápidamente degradables y menor contenido de fibra (presentes en mayor medida en las hojas). Los complementos proteicos pueden ser pasturas base alfalfa, girasol, sales de urea o verdeos invernales.

4.- Sorgo para verdeo

La utilización del sorgo forrajero como verdeo estival es muy interesante ya que presenta mayor producción con respecto a otros verdeos, como el mijo y 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 ó sudán BMR (ó de baja lignina).

2.8. Requerimientos edafo-climáticos

2.8.1 Suelo

El sorgo es bastante susceptible a la deficiencia de Hierro, Zinc y Manganeso especialmente en suelos vertisoles con altos niveles de Carbonato de Calcio. Estas deficiencias pueden ser observadas en los cultivos cuando la planta se pone clorótica o con manchas rojizas a lo largo de las hojas. Responde muy bien a una diversidad de suelos aún con características adversas de fertilidad, textura, pendiente, pedregosidad y pH (5.5-7.8).

2.8.2 Altitud

El sorgo puede cultivarse de 0 – 1000 msnm, sin embargo, las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 – 500 msnm.

2.8.3 Humedad del suelo

Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado de grano; comparado con los fotosensitivos (criollos) que necesitan una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente estas etapas de desarrollo. En general el sorgo requiere 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción.

2.8.4 Temperatura

Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta a temperaturas que oscilan entre 20 – 40 °C, temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de antesis, aborto de flores y los embriones.

2.8.5 Fotoperiodo

El sorgo, dependiendo de su condición fisiológica puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración. Las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración no es afectada por la cantidad de horas luz y florecen independientemente la época en que hayan sido sembradas. Las variedades criollas o fotosensitivas son las que independientemente de la época de siembra florecen cuando los días son cortos en los meses de noviembre –a diciembre.

2.9 Principales plagas del cultivo de sorgo

El sorgo suele ser atacado por una o dos plagas principales en cada agroecosistema; dichas plagas son especies persistentes y graves, lo que determina las prácticas de control. Si el hombre no toma medidas concretas al respecto, la población de las plagas excede el nivel de perjuicio económico cada año, y a menudo en zonas muy amplias. Saucedo (2008) plantea que el sorgo es atacado durante su crecimiento y desarrollo por insectos y por otras plagas secundarias y ocasionales.

Entre las principales plagas, por el daño que causan, se mencionan la mosquita del sorgo, los pulgones y el barrenador del tallo.

2.9.1 Gallina ciega (*Phillophaga spp.*)

El daño que estos gusanos blancos en forma de C con tamaño de 2 ó 3 mm hasta 3 cm causan, se manifiesta primero en plántulas marchitas y después en zonas con baja población de plantas inclinadas, curvas o acamadas que crecen de forma irregular, éstas se arrancan con facilidad. Una gallina ciega puede destruir todas las plantas dentro de una hilera de 5 metros

2.9.2 Gusano de alambre (*Melanotus sp.*, *Agriotes sp.*, *Dalopius sp.*)

Son gusanos delgados, cilíndricos y segmentados, suaves y blancos al nacer. Cuando se desarrollan miden 40 mm y son brillantes, lisos, duros, de movimientos lentos y color amarillo o café. Las áreas sin plántulas, o éstas marchitas y el acame de las plantas desarrolladas son síntomas del daño de gusano de alambre. Se alimentan del embrión de la semilla, además lesionan la base de los tallos y cortan las raíces de las plantas.

2.9.3 Barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*)

Las larvas perforan los tallos introduciéndose en su interior. Allí forman galerías que debilitan las plantas; éstas se quiebran en su parte superior provocando la caída de la panoja antes o durante la cosecha. Para el manejo de esta plaga, las técnicas de control cultural son las más indicadas, tales como: Rotación de cultivos. Incorporación temprana del rastrojo. Siembra en épocas aconsejadas. Elección del sorgo con mejor comportamiento al quebrado de tallos.

2.9.4 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Se alimenta de las partes tiernas de las hojas. Daña la panícula antes que emerja, y después de la emergencia de ésta se alimenta del grano en desarrollo. Puede actuar como cortador y barrenador. Las larvas del cogollero cuando jóvenes son de color verdusco y cabeza negra.

2.9.5 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Las larvas son de color negro o verde oscuro, miden de 4 a 5 cm de largo. La palomilla de este insecto pone sus huevos en las hojas de maíz en grupos, son de color blanco amarillento y cubiertos de pelusa. Las larvas recién salidas raspan la superficie de las hojas, luego se alimentan de los márgenes de las hojas, avanzando hacia el centro de ésta dejando solamente la nervadura central. Puede alimentarse del grano en maduración.

2.9.6 Trips (*Frankliniella spp.*)

Los trips son insectos polífagos, con período de vida corto y generaciones superpuestas. El ciclo biológico de estos insectos presenta seis estados de desarrollo ▪Huevo: encastrados en las hojas. ▪Larva: dos estadios larvales, se alimentan y causan daños. ▪Pre-pupa y Pupa: no se alimentan, transcurren en el rastrojo o en el suelo. ▪Adulto: pequeños (1 mm), de colores variables, alas estrechas con flecos en los bordes. Los trips se alimentan a través de una mandíbula y dos maxilas que forman un estilete: con la primera efectúan un agujero en la epidermis, donde introducen las maxilas y succionan savia.

Pueden ocasionar dos tipos de daño: Directo: al alimentarse dañan las hojas y afectan la fotosíntesis. Indirecto: pueden ser vectores de virus.

2.9.7 Mosquita de la panoja (*Contarinia sorghicola*)

Esta es la plaga más destructiva del sorgo. La hembra deposita sus huevos (alrededor de 100 huevos por mosca) en las espiguillas en floración, al nacer la larva, ésta se alimenta de los ovarios del grano en formación causando granos vanos, desarrollo anormal y por consiguiente una panícula arruinada. El adulto solamente vive un día.

2.9.8 Pulgón Amarillo del Sorgo (*Melanaphis sacchari*)

Actualmente, el Pulgón Amarillo del Sorgo es una de las plagas que ocasiona pérdidas importantes en el cultivo del sorgo. *M. sacchari* puede atacar en todas las etapas fenológicas del cultivo, pero el daño económico usualmente ocurre durante las etapas posteriores al desarrollo vegetativo. El daño que causa es debido a que succiona la savia de las hojas, ocasionando un cambio en la coloración de verde a marrón, además provoca retrasos en su crecimiento y afecta el rendimiento del cultivo. A su vez, como daño indirecto, la melaza que es producida por el pulgón puede propiciar el crecimiento de fumagina, lo cual afecta la capacidad fotosintética de la planta. Asimismo, se tienen reportes de que *M. sacchari* puede transmitir virus como Sugarcane mosaic virus (SCMV), Sugarcane yellow leaf virus (ScYLV) y otras enfermedades (Schenk y Lehrer, 2000).

2.10 Recomendaciones generales para el control de plagas

Martínez et al. (2007) plantearon que diversos de estos daños ocasionados a las plantaciones de sorgo por insectos, pueden evitarse utilizando eficientemente medidas de combate cultural, como son:

- *buena preparación del terreno;
- *adecuado control de malezas;
- *uso de híbridos o variedades tolerantes o resistentes;
- *destrucción de residuos de cosecha;
- *rotación de cultivos;
- *asociación de cultivos;

*selección correcta de la época y la secuencia de siembra;

*manejo de la flora adventicia.

Se plantea, en el caso de las mosquitas, que el lote debe revisarse cerca del mediodía (momento de mayor actividad de estos insectos) y efectuar el tratamiento en forma inmediata. La siembra temprana, dentro de las fechas recomendadas, contribuye a reducir la incidencia de esta plaga. No se recomienda utilizar pesticidas ni otras sustancias, excepto si sobrepasa el daño económico (Chessa, 2007).

En el caso de los pulgones, es de vital importancia revisar el lote para detectar su presencia en el cultivo antes de la cosecha y el almacenamiento. El manejo integrado de las plagas constituye el medio idóneo, sostenible y eficiente para reducir el daño económico.

Los métodos químicos de control en los barrenadores del tallo son poco efectivos, por lo que para disminuir su incidencia se recomiendan algunas de las prácticas culturales mencionadas anteriormente; una de las más usadas es la rotación de cultivos. De ser necesario pueden controlarse a través del método químico (INTA, 2008).

2.10.1 Control de los insectos del suelo

Los escarabajos de gallina ciega pueden ser capturados con trampas de luz artesanales, reduciendo en gran número la población de larvas en el suelo. Si es posible arar el suelo, se recomienda hacerlo en verano para que los huevos y larvas de gallina ciega queden expuestos al sol y a la captura de sus depredadores.

Para control de plagas del suelo en general se recomienda el tratamiento a la semilla con Gaucho en dosis de 56 g/45 kg de semilla.

2.10.2 Control de los insectos de follaje

Se recomienda el manejo integrado, con prácticas culturales, mecánicas y químicas. En estado de plántula, el control químico puede realizarse con Piretroides, 1.0 L/ha; en cultivo establecido utilizar Phoxim 2.5 g, en dosis de 16 kg/ha. Para control de áfidos se recomienda Permetrina en dosis de 0.7-1 Lha⁻¹ (0.5-0.75 L de ingrediente activo).

2.10.3 Control de insectos de la panícula

Eliminar los hospedantes alternos como zacate Johnson y Sudán, evitar las siembras tardías y hacerlo en forma simultánea con el resto de productores de sorgo. Aplicaciones de Piretroides, 1 L/ha antes del 30% de floración del cultivo, son medianamente eficaces, en ocasiones es necesaria una segunda aplicación aproximadamente cuando el cultivo se encuentre en el 50% de floración. En lugares con altas poblaciones de mosquita del sorgo es recomendable la siembra de variedades mejoradas de baja o mediana altura para facilitar el control químico.

2.11 Principales enfermedades del cultivo de sorgo

2.11.1 Ergot (*Claviceps africana*)

Cuando las flores se abren, los estigmas, en vez de ser polinizados, son infectados por las esporas del hongo que colonizan el ovario en 2-3 días. Si el ovario alcanza a ser polinizado, resiste la infección del hongo. Cuando sólo escasas flores son infectadas, se produce una gran producción de exudados (gotitas) cargadas de esporas del hongo que llegan a otras flores a través del viento, insectos y agua, infectando muchas de ellas. El síntoma típico es la producción de exudados azucarados, una semana después de la infección, que se observan claramente cuando la humedad relativa es elevada. La característica natural de la floración del sorgo hace que la misma no sea homogénea dentro de la panoja, incrementando así el período en el cual el cultivo es vulnerable. A su vez, bajas temperaturas y alta humedad hacen que no se produzca la polinización y se prolongue la apertura floral con mayor riesgo de infección. Teniendo en cuenta esto, para el manejo es imprescindible que la floración coincida con períodos de alta temperatura y baja humedad. Finalmente, las panojas pueden tomar una coloración blanca, pero la mayoría de las veces se tornan oscuras por la colonización de hongos saprófitos que eventualmente pueden ser tóxicos para el ganado.

2.11.2 Antracnosis y/o pudrición roja, ocasionada por (*Colletotrichum graminicola*)

Aparece en el sorgo en la etapa final del ciclo vegetativo del cultivo (80-90 días después de siembra), no es muy frecuente su apareamiento en las variedades que se siembran en el país, se considera de menor importancia.

2.11.3 La roya del sorgo (*Puccinia sorghi*)

Es una de las principales enfermedades con mayor incidencia y severidad que se presenta en los sorgos, especialmente en los criollos. Los sorgos mejorados son afectados con menor incidencia, ya que se les ha incorporado resistencia a través de los programas de mejoramiento. Esta enfermedad aparece cuando inicia la maduración del grano hasta las últimas etapas del cultivo de sorgo, incrementando la severidad del daño en variedades susceptibles, volviendo inservible el follaje para la alimentación del ganado. Su mejor control es a través de materiales resistentes y/o tolerantes.

2.11.4 Mancha zonada de la hoja (*Gloeocercospora sorghi*)

Es una enfermedad que inicia su daño en plantas jóvenes alrededor de los 45 días de edad hasta los 80 días, que es cuando desaparece. Si la planta es susceptible puede dañar completamente la lámina foliar, afectando la fotosíntesis. El control más eficiente es el uso de sorgos tolerantes o resistentes.

2.11.5 Tizón de la hoja, ocasionada por (*Helminthosporium sp.*)

Aparece en la etapa intermedia y final del ciclo vegetativo del cultivo (60-90 días después de siembra). Cuando las variedades son muy susceptibles, el hongo daña el follaje hasta quemarlo completamente, causando la muerte de las hojas intermedias que es donde se inicia la enfermedad.

2.11.6 Mancha gris de la hoja, ocasionada por (*Cercospora sorghi*)

Esta enfermedad aparece en el sorgo en la etapa intermedia del ciclo vegetativo del cultivo, por los 60-70 días después de siembra. Cuando las variedades son muy susceptibles el hongo daña completamente el follaje, causando muerte de las hojas viejas, que es donde inicia. Las variedades criollas son muy susceptibles a este hongo.

2.11.7 Mildiú vellosa, ocasionada por (*Peronosclerospora sorghi*)

Esta enfermedad aparece en el sorgo desde el inicio del ciclo vegetativo del cultivo, su apareamiento se considera de menor frecuencia; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su presencia, ya que los materiales que han presentado resistencia a la enfermedad, la están perdiendo.

2.12 Control de las enfermedades en el sorgo

Como recomendación en primera instancia se deberá de optar por plantas con resistencia a cada una de estas enfermedades, o bien tolerantes, para poder tener defensas por parte de la planta, deben ser plantas adaptadas al ambiente y de las que podamos obtener buenos rendimientos, y con un nivel de riesgo de pérdidas por enfermedad reducido.

2.13 Mejoramiento genético del sorgo

La gran diversidad genética que presenta esta especie se ha aplicado con gran éxito la selección e hibridación, para obtener materiales mejorados. La introducción de sorgos de diferente origen genético es la base para iniciar un programa de selección por diferentes características agronómicas deseables.

Selección: Es el método más rápido y económico para obtener materiales mejorados y adaptados a una región dada. Muchas variedades de sorgo se han obtenido por selección de plantas sobresalientes dentro de una población. Estas plantas sobresalientes se origina por mutación y por hibridación natural A partir de plantas mutantes naturales, se han podido obtener variedades de menor altura, de mayor precocidad, semillas blancas, endospermo céreo, resistentes a enfermedades y con otras características favorables. También la selección se emplea como medio para conservar o mejorar la pureza de las variedades, debido a que puede ocurrir cruzamiento natural en las plantaciones dedicadas a la producción de semilla mejorada.

Hibridación: En una etapa posterior de mejoramiento se pueden iniciar programas de hibridación, recombinando las características de los materiales seleccionados Se han obtenido así híbridos de gran vigor y rendimiento que se han complementa - do con otros caracteres deseables como porte bajo y precocidad han obtenido híbridos entre líneas seleccionadas que pueden rendir entre un 30 - 40% más que las variedades comerciales normales la hibridación ha sido el procedimiento más importante para la obtención de nuevas variedades de sorgo. Después del cruzamiento, el mejoramiento se continúa por un proceso de selección por el método de progenie por surco Se seleccionan las mejores plantas de la F2 y su semilla se siembra en surcos cortos para producir la F3, se continúa el proceso de selección hasta la generación F4 ó F5. En esta etapa se pue den iniciar las pruebas de rendimiento y por último, la semilla se multiplica en las generaciones F6 a F8. Otro sistema que se emplea con frecuencia es el retrocruzamiento, que se utiliza

para agregar algunas características deseables a las variedades comerciales; por ejemplo introducción de endospermo amarillo, u obtención de líneas androestériles destinadas a la formación de semilla híbrida. La semilla para la formación de híbridos comerciales actuales, se produce utilizando la esterilidad masculina citoplásmica; para ello se siembran 6 surcos del progenitor con esterilidad masculina y dos surcos con el progenitor polinizados, también se utiliza la relación 12:4. Los surcos del polinizador se siembra en dos fechas para asegurar polinización por un largo periodo. La semilla híbrida se obtiene del progenitor femenino

Técnica del control de la polinización: El sorgo es una planta prevalentemente autógena, en general el porcentaje de polinización cruzada natural es de un 6%, aunque puede ser variable según el tipo de sorgo y las condiciones ambientales.

Para controlar la polinización es necesario cubrir las panojas con bolsas durante la época de floración. Conviene impregnar las bolsas con insecticidas para prevenir daños de larvas en las panojas.

La polinización cruzada artificial se efectúa emasculando el progenitor femenino y luego llevando a este el polen recolectado en el progenitor masculino. En cada cruzamiento se debe emasculiar 15-20 flores fértiles. Antes de que las flores abran, se extraen las anteras en las espiguillas que servirán como progenitor femenino, para ello se utilizan pinzas de punta fina o una aguja de disección.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Germoplasma utilizado

Se utilizaron 27 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.

3.2 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola primavera-verano 2019, bajo condiciones de campo abierto en el Rancho Centenario, ubicado en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, ubicado en las coordenadas 25°45'32"N 102°59'04"O, con una altura media de 1090 metros sobre el nivel del mar, con un clima seco con temperaturas en promedio de 46.0° C a la sombra, con poca precipitación durante el año.

3.3 Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, utilizando 27 genotipos experimentales de sorgo con dos repeticiones, para el análisis estadístico de los datos de campo en cada una de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$), con el paquete estadístico SAS, 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 genotipo i en el bloque j .

μ = es la media general.

τ_i = es el efecto del i -ésimo genotipo.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = es el error experimental.

Se supone que:

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

3.4 Variables evaluadas

Se seleccionaron tres plantas al azar de cada línea y en cada repetición a evaluar, para el registro de datos en las siguientes variables:

3.4.1 Altura de la planta (AP)

Se utilizó una cinta métrica y se midió desde la base del tallo de la planta hasta la punta superior de la panícula, reportándose en centímetros (cm).

3.4.2 Longitud de panícula (LP)

Se realizó la medición desde la base del cuello hasta el ápice de la panícula, de tres plantas de sorgo al azar en competencia completa por parcela. El resultado se reportó en centímetros (cm).

3.4.3 Longitud de excursión (LE)

Para la estimación de esta variable se utilizó una cinta métrica, se midió la distancia que hay entre la hoja bandera a la base de la panícula, en tres plantas que se encontraran en competencia completa en cada parcela y se expresó en cm.

3.4.4 Rendimiento de grano en g/planta (RGP)

Se cosecharon y desgranaron tres panículas al azar por parcela experimental, se determinó el promedio de su peso con ayuda de una balanza analítica.

3.4.5 Indicé de daño por aves (IDA)

Se realizó la evaluación de acuerdo al porcentaje de granos del sorgo que habían sido comidos por aves, donde 0% indica que no tuvo daño por aves y 100% es pérdida total del grano.

3.4.6 Índice de enfermedades foliares (IEF)

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

3.4.7 Color de grano (CG)

Se realizó evaluación visual de la coloración del grano de sorgo en etapa de postcosecha de acuerdo a los descriptores cualitativos de la guía técnica para la descripción varietal de sorgo (UPOV, 2017).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la variable altura de planta se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos (Cuadro 4), ya que todos poseen una composición genética diferente, por ser derivados de distintas líneas experimentales, y por ende se espera que cada uno tenga características disímiles, esto aunado a la expresión de los genes en ese clima en específico (Comarca Lagunera). Lo anterior confirma que los caracteres cuantitativos varían por efecto de cualquier factor abiótico, y que los genotipos fueron afectados por las condiciones de temporal en que se desarrolló el cultivo.

Existen otros factores que influyen en la altura de la planta, entre los que se pueden mencionar la temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes y la época de siembra (López y Galeato, 1982).

En lo que se refiera a la longitud de panícula, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (Cuadro 4). En este caso se pensaría que las panículas más largas por tener más semilla serían las más pesadas (gramos/planta), pero no resultó así, ya que la línea LES-267 obtuvo mayor peso en gramos/planta, y fue la de menor longitud de panícula. Estos resultados indican que no está directamente correlacionado la longitud de panícula y el rendimiento de semillas (gramos/planta). Según Villeda (2014), el peso del grano también depende del factor genético, así como de la capacidad de la planta para almacenar materia seca, pues la masa final del grano depende de la materia seca producida. Según Miller y Barnes (1980), los factores ambientales y nutricionales en los cuales se desarrolla el sorgo, influyen en la longitud de la panícula. El fotoperiodo puede constituir otro factor que incide en el crecimiento de la panícula, así como la disponibilidad de humedad en la planta a través de todas las etapas fenológicas sobre todo en las etapas más críticas en el llenado de grano. De acuerdo a Stone y Schlegel (2006), en el sorgo para grano existe una relación directamente proporcional entre el rendimiento de grano y la

oferta de agua (Agua a la siembra + Precipitaciones), con una eficiencia en el uso del agua cercana a los 16 kg grano mm⁻¹.

A su vez, Giorda *et al.* (1997) mencionan que el sorgo, durante el periodo de su cultivo requiere un mínimo de 250 mm para producir grano; pueden obtenerse buenos rendimientos con 350 mm, pero para lograr una alta producción el requerimiento de agua varía entre 450 a 600 mm, dependiendo del ciclo del cultivar y de las condiciones ambientales. Otro factor del rendimiento del grano se relaciona con el índice de daño por aves, esto por el hecho de que las aves se alimentan directamente del grano, dependiendo del daño será los gramos que pueden faltar en la planta, en este trabajo se encontraron diferencias significativas, lo cual muestra que la mejores líneas en cuanto a rendimiento, pueden ser las que menor daño de aves presentaron. En este caso, las cuatro líneas más rendidoras fueron LES-267 con un daño de 11%, seguida por LES-232, LES-231, y 197-1P27, que tuvieron 0%, 25% y 0%, respectivamente. Saucedo (2008) reportó que las aves constituyen un enemigo de este cultivo, pues existen muchas especies, como por ejemplo los gorriones, que se alimentan del grano en la fase lechosa; mientras que otros como los mirlos y los estorninos se alimentan de los granos maduros. Otros resultados al respecto fueron reportados por Saucedo (2009).

Las aves causan pérdidas considerables a la agricultura. Se estima que en los Estados Unidos de Norteamérica las pérdidas atribuibles a las aves alcanzan entre los 50 y 100 millones de dólares.

De igual forma para la variable índice de enfermedades foliares (IEF), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre genotipos, esto es de alta relevancia, ya que es otro factor que influye en el rendimiento. Normalmente las enfermedades reducen el área fotosintética, provocando que se acumulen menos fotosintatos en el llenado de grano. En el caso del sorgo las variedades resistentes son el mejor control para este tipo de enfermedades, ya que no se debe rebasar el umbral económico con altas aplicaciones de agroquímicos, de igual forma enfermedades como el ergot afecta directamente el grano. Según Saucedo (2008), los sorgos sufren el ataque de enfermedades que perjudican su producción de grano y forraje, lo que además deteriora su valor nutritivo. Estas enfermedades varían en importancia, en cada área y de año en año, debido a diferentes condiciones ambientales, híbridos, prácticas culturales, variación en los organismos causales o a la interacción de cualquiera de estos factores. La siembra de las variedades resistentes es la mejor medida de combate contra las enfermedades fungosas y bacterianas que atacan el sorgo, por lo que el combate con fungicidas no se utiliza en este cultivo.

Por lo antes mencionado, la mejor línea de acuerdo a las variables evaluadas fue LES-267, la cual cumplió con las características agronómicas adecuadas, buen porte, sanidad y el mejor rendimiento de grano.

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

F.V.	G.L.	AP (cm)	LP (cm)	LE (cm)	RGP (g/planta)	IDA	IEF
Genotipos	26	2974.14245**	17.8636040*	36.2567664 *	521.88670	1428.84615*	1.384615338*
Bloque	1	668.51852	4.4490741	53.004629	166.98892	28.16667	0.96740741
Modelo	27	2888.74897**	16.36	36.877058*	508.74234*	1376.96914*	1.36694102*
Error	26	243.44160	7.4875356	15.273860	284.53121	469.05128	0.56125356
CV%		11.81	12.62385	40.23673	39.6273	114.9961	23.6596

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 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en líneas experimentales de sorgo. En el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

F.V.	AP	LP	LE	RGP	IDA	IEF
LES-291	74.00 h	22.000 a	2.500 b	22.97 a	17.50 ab	4.5000 a
LES-184	126.00 defgh	18.000 a	15.500 ab	36.54 a	0.00 b	3.0000ab
LES-284	115.00 efgh	17.000 a	11.000 ab	48.74 a	0.00 b	3.0000 ab
LES-5	86.00 fgh	21.000 a	7.000 ab	47.24 a	7.50 ab	4.0000 ab
LES-197	125.00 defgh	19.500 a	11.000 ab	43.90 a	1.00 b	3.0000 ab
LES-194	100.00 fgh	25.000 a	14.000 ab	27.26 a	0.00 b	4.0000 ab
LES-231	130.00 defgh	23.500 a	15.000 ab	60.20 a	25.00 ab	3.0000 ab
LES-203-3	104.00 efgh	25.500 a	5.000 ab	44.52 a	62.50 ab	3.0000 ab
LES-296	121.50 defgh	23.500 a	19.000 a	57.72 a	30.00 ab	3.0000 ab
LES-278	116.50 efgh	19.000 a	12.000 ab	16.11 a	0.00 b	3.0000 ab

.....Continuación cuadro 5.

F.V.	AP	LP	LE	RGP	IDA	IEF
LES-280	119.00 efgh	22.500 a	11.500 ab	47.22	0.00 b	5.0000 a
LES-283	77.00 gh	23.000 a	3.000 ab	29.83 a	0.00 b	4.0000 a
LES-7	86.50 fgh	21.500 a	5.000 ab	31.38 a	0.00 b	3.5000 ab
LES-185	121.00 defgh	22.000 a	9.500 ab	52.84 a	0.00 b	3.0000 ab
LES-188	125.50 defgh	21.500 a	12.500 ab	52.83 a	0.00 b	3.0000 ab
LES-232	137.50 cdefgh	23.000 a	12.000 ab	64.65 a	0.00 b	3.0000 ab
VAN-18	126.00 defgh	26.000 a	6.000 ab	10.50 a	62.50 b	3.0000 ab
AN-40	121.00 defgh	26.000 a	3.500 ab	15.78 a	94.00 a	3.0000 ab
5-3	137.50 cdefgh	25.500 a	10.000 ab	52.77 a	40.00 ab	4.0000 ab
184-1	203.00 ab	19.500 a	7.000 ab	17.44 a	7.50 ab	2.0000 ab
185-P16	196.00 abc	22.000 a	13.000 ab	56.51 a	18.50 ab	2.0000 ab
194-1P6	141.00 cdefg	19.000 a	6.500 ab	60.93 a	0.00 b	3.5000 ab
197-1P27	148.00 bcdef	21.000 a	5.250 ab	53.15 a	25.00 ab	3.5000 ab
280-1P12	139.50 bcdeg	18.500 a	13.000 ab	39.81 a	77.50 ab	3.5000 ab

Continuación cuadro 5.

F.V.	AP	LP	LE	RGP	IDA	IEF
291-1	166.00 bcde	18.250 a	10.000 ab	44.37 a	0.00 b	2.0000 ab
296-2P35	183.50 abcd	26.500 a	14.000 ab	46.06 a	30.00 ba	3.5000 ab
LES-267	240.00 a	15.500 a	8.500 ab	69.87 a	11.00 ba	1.0000 b
MEDIA	132.07	21.675	9.712	42.56	18.83	3.1666
TUKEY	64.231	11.265	16.089	69.44	89.15	3.0041

Valores con la misma literal dentro de cada columna son estadísticamente iguales. F. V= Fuentes de variación; AP= Altura de planta; LP= Longitud de panícula; LE= Longitud de excursión RGP= Rendimiento en gramos por planta; IDA= Índice de daño por aves; IEF= Índice de enfermedades foliares.

4.1. Altura de planta (AP)

En la Figura 11 se muestra que el genotipo 27 experimental con denominación LES- 267, fue el que presentó mayor altura de planta con 240.00 cm; por otro lado, se observa que el genotipo 12 con denominación LES- 283 presentó un promedio de 77.00 cm, esta altura fue el menor valor promedio, también se observa que el genotipo 27 es estadísticamente superior.

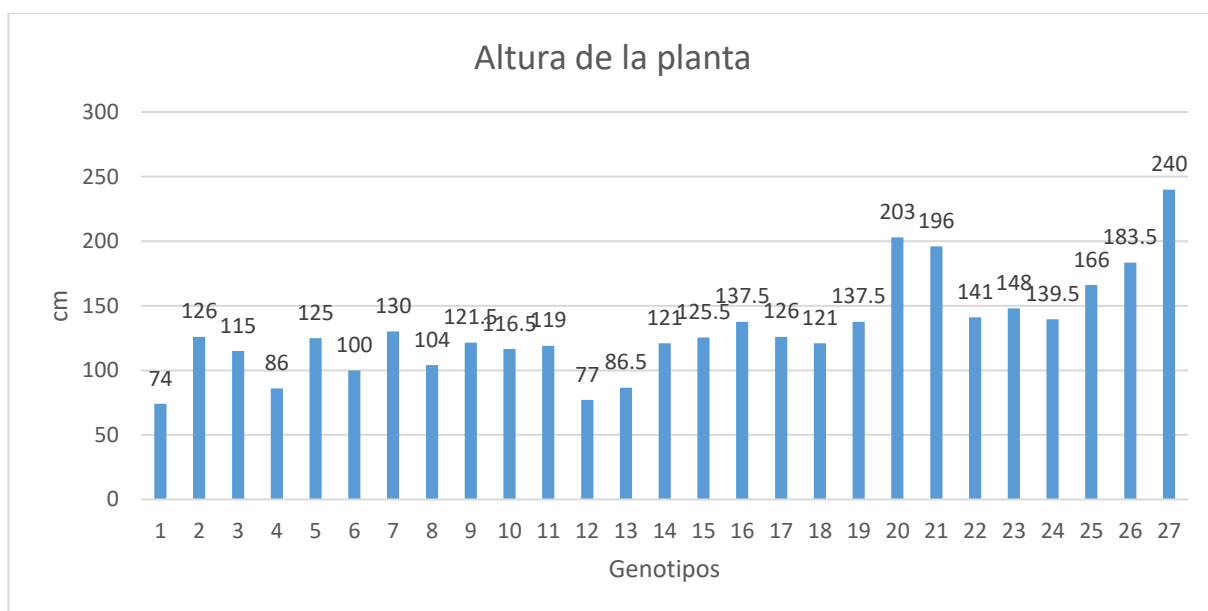


Figura 11. Comparación de medias para la variable altura de planta en (cm), de líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en San Pedro de la Colonias, Coahuila.

4.2. Longitud de la panícula (LP)

En la Figura 12, para la variable longitud de panícula (LT), se observa que el genotipo de sorgo denominado 296-2P35, resultó superior al resto de los genotipos evaluados, con una longitud promedio de 26.5 cm. Sin embargo, estadísticamente igual a los genotipos 17 y 18, los cuales tuvieron un promedio similar (26.00 cm); por otro lado, también se observa que el genotipo 27 denominado LES-267 fue la que presentó el menor promedio para la variable longitud de panícula.

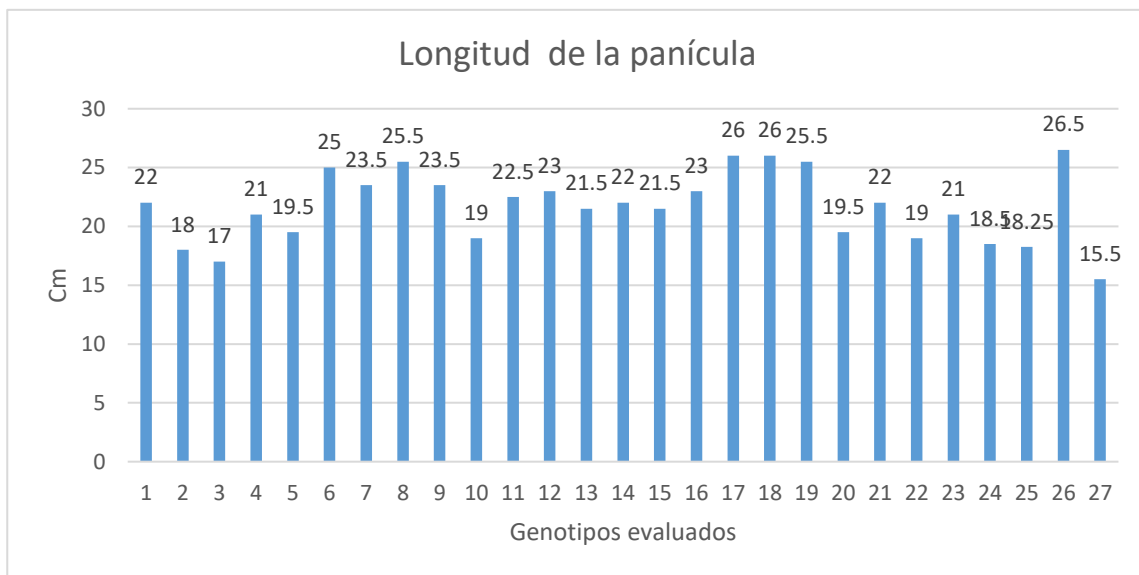


Figura 12. Comparación de medias para la variable longitud de panícula en (cm) de líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en plantas evaluadas en San Pedro de las Colonias.

4.3. Longitud de excersión (LE)

En la Figura 13 se muestra la longitud de excersión, el genotipo 9 (LES- 296) obtuvo el mejor promedio, ya que fue el que mayor longitud de excersión presentó; por el contrario, se puede observar que el genotipo 1, fue el que menor longitud de excersión exhibió.

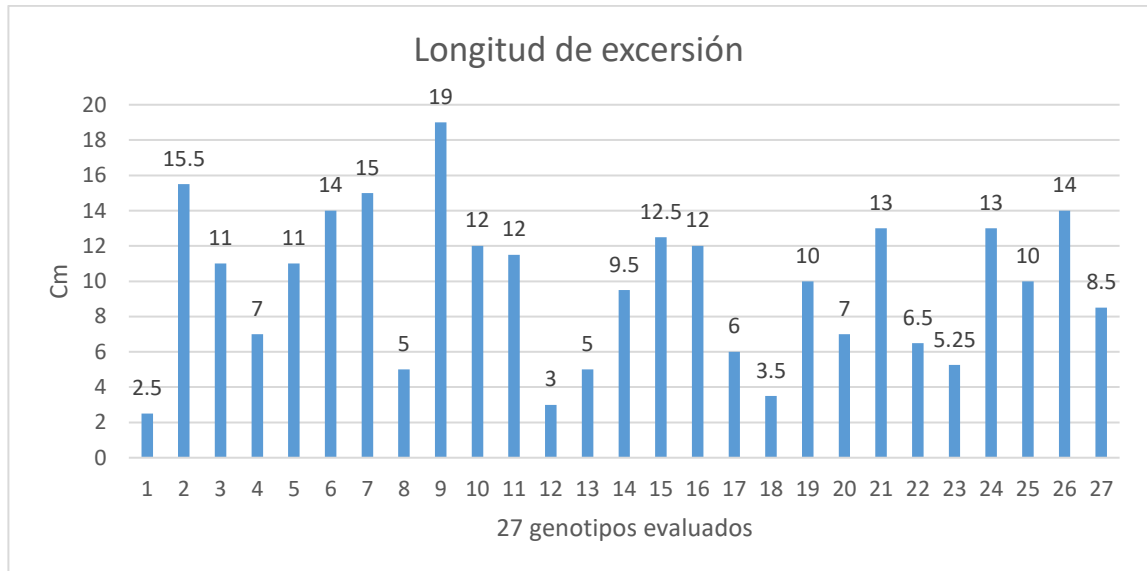


Figura 13. Comparación de medias para la variable longitud de excersión en (cm) en genotipos de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.

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

En la Figura 14 se muestra gráficamente los resultados de los promedios de RGP para cada genotipo de sorgo, donde se obtuvo que el mejor genotipo evaluado fue el 27 con 69.82 g, que corresponde a LES- 267 con ello podemos inferir que el rendimiento promedio de este genotipo es el mejor, por otro lado, y por consiguiente los genotipos que menor RGP menor fueron, 17 y 10 con 10.5 g y 16.11 g respectivamente.

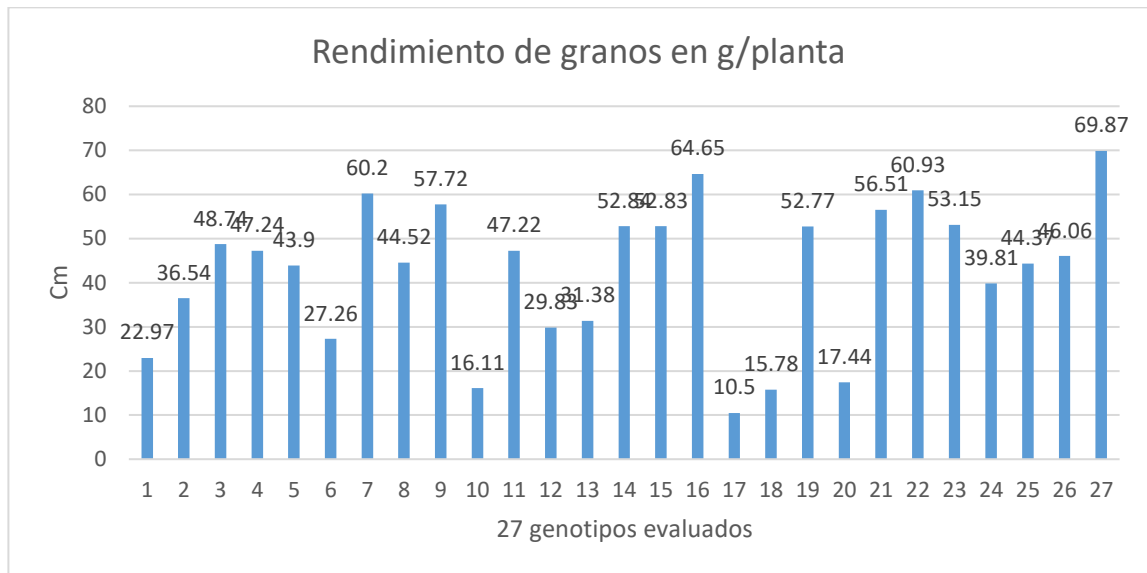


Figura 14 Comparación de medias para la variable rendimiento de grano en g/planta en los genotipos de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.

4.5. Índice de daño por aves (IDA)

En la Figura 15, para la variable de índice de daños por aves se nos muestra que los genotipos 1,2,3,6,10,11,12,13,14,25,26,22,25, son los que en promedio tuvieron menor índice en porcentaje de daño por aves ya que estos genotipos tuvieron 0% para esta variable, por otro lado, se observó que el genotipo 18 tuvo un mayor índice el cual fue de 94%.

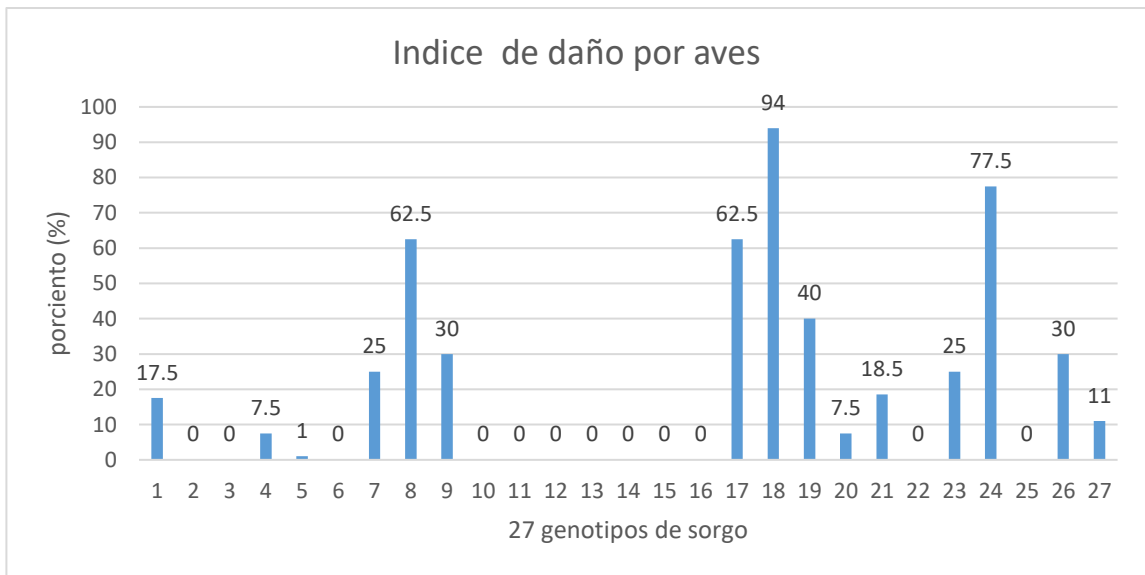


Figura15. Comparación de medias para la variable índice de daño por aves de los genotipos de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en San Pedro de las Colonias, Coahuila.

4.6. Índice de enfermedades foliares (IEF)

La Figura 16 muestra para esta variable como el mejor genotipo el que obtuvo el menor número de la escala 1 al, 5 en este caso el mejor genotipo fue el 27, con nombre LES-267, ya que presentó un promedio de 1, de ahí le siguen los genotipos 20 y 21, con 2 dentro de la escala; por otro lado, los genotipos que presentaron mayor índice de enfermedades foliares fueron el 11 seguido por el 1, con 5 y 4.5 respectivamente.

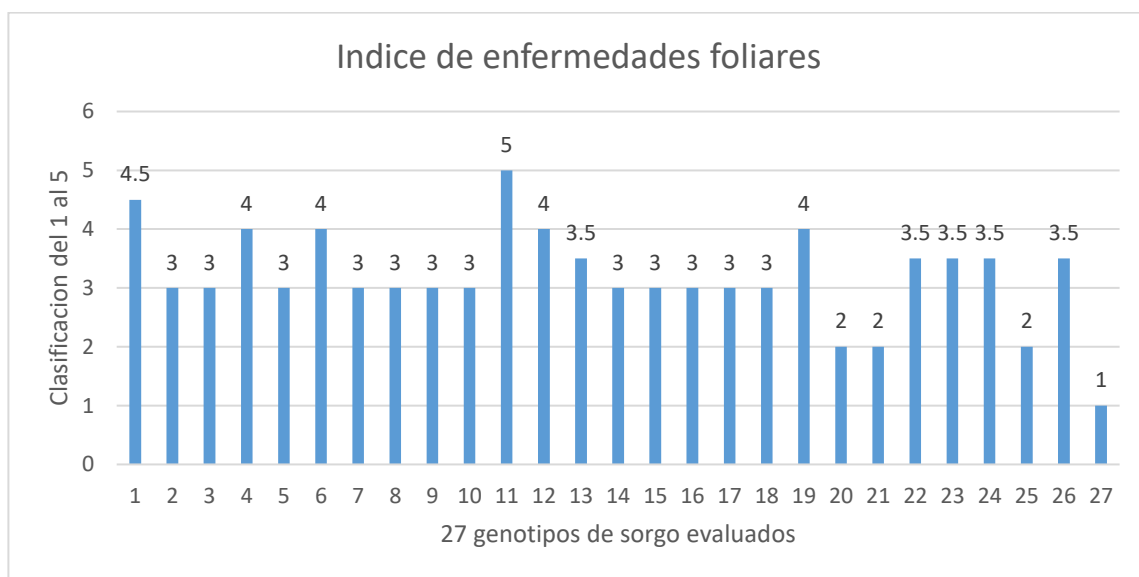


Figura 16. Comparación de medias para la variable índice de enfermedades foliares evaluada en genotipos de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en San Pedro de las Colonias, Coahuila.

4.7. Color de grano (CG)

Para la evaluación del carácter cualitativo color de grano, en forma visual en etapa de postcosecha en 27 genotipos de sorgo evaluados, se encontraron los siguientes colores: rojo oscuro en los genotipos 1(LES-291), 4(LES-5), 10(LES-278), 12(LES-283), 13(LES-7), 19(5-3), 25(291-1); rojo anaranjado para los genotipos 2(LES-184), 3(LES-284), 5(LES-197), 6(LES-194), 7(LES-231), 11(LES-280), 14(LES-185), 15(LES188), 16(LES-232) y 25(LES-25).

Color café rojizo se encontró en el genotipo 9(LES-296), el color blanco se halló en el genotipo 17(VAN-18), el color blanco amarillento en el genotipo 18(AN-40), el café oscuro en el 21(185-P16), el rojo claro en la línea 22(194-1 P6), el color café claro se encontró en los genotipos 24(280-1 P12), y 26(296-2 P35), y blanco con glumas negras se encontró en el genotipo 27. Finalmente hubo dos genotipos que tuvieron dos variantes en el color, que son los siguientes para blanco y café claro en el genotipo 8(LES-203-3), y los colores rojo oscuro y grisáceo el genotipo 20(184-1).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza y de la prueba de comparación de medias ($P \leq 0.05$), en el presente trabajo de investigación, la línea experimental de sorgo LES-267, fue el genotipo más sobresaliente de los 27 evaluados, ya que presentó un comportamiento agronómico aceptable, de acuerdo a las variables agronómicas evaluadas como altura de planta (AP), longitud de tallo (LT), longitud de excursión (LE), rendimiento de grano en gramos por planta (RGP), índice de daño por aves (IDA) e índice de daño de enfermedades foliares.

En el experimento se logró identificar a la línea LES-267, con adecuado potencial agronómico como sorgo para doble propósito (grano y forraje), por lo tanto, se recomienda para siembra en próximos ciclos agrícolas en la región de la Comarca Lagunera.

VI. LITERATURA CITADA

- Arnon, E. 1972. Crop production in dry regions. Vol. II. Leonard Hall. 633 p.
- Bailey R., G. Bechet, P. Cronj. 1996. (Notes on the Occurrence of Yellow Leaf Syndrome of Sugarcane in Southern Africa), Proceedings South African Sugar Technologists Association 70: 3-6, 1996.
- Bowling, R.D., Brewer, M.J., Kerns, D.L., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N.E., Buntin, G.D., Way, M.O., Royer, T.A., Stephen, B., and Maxson, E. 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management* 7: 1–1
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.). 2007. *Guía Técnica del Sorgo*. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA, 31 p.
- Doggett, H. 1965. The development of cultivated Sorghum. Essays on crop plant evolution (Huchins, S.J.B., ed.). London, UK. Cambridge University Press.
- Eloja A.L., Tinsley T.W. 1963. Abaca virus del mosaico y su relación con el mosaico de la caña de azúcar. *Anales de Biología Aplicada*, 51: 253-258.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. FAOSTAT. ProdStat database, yearly production (en línea). Consultado abril 2018. Disponible en <http://www.faostat.fao.org>
- FIRA. 2016. Panorama agroalimentario. Sorgo 2016. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. 35 p.
- Flinn, M., Smith, C.M., Reese, J.C., Gill, B. 2001. Categories of resistance to greenbug (Homoptera: *Aphididae*) biotype I in *Aegilops tauschii* germplasm. *J. Econ. Entomol.* 94, 558–563.
- Garcés, F. F., C. Balladares, G. Quiridumbay, C. Muñoz. 2005. Diagnosis of Leaf Fleck, Leaf Scald, Mosaic, Ratoon Stunting Disease in Commercial Fields and Quarantine in Ecuador. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 25: 695-700, EE. UU., 2005.

- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Manual de sorgo. Ministerio de Asuntos Agrarios, Buenos Aires, La Provincia. 112 p.
- INTAGRI S.C, 2014. La Situación Actual del Pulgón Amarillo del Sorgo en México
Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-situacion-actual-del-pulgon-amarillo-del-sorgo-en-mexico>
- ISSCT. 1989. Las enfermedades de la caña de azúcar y su distribución mundial.
En: Ricaud C, Egan BT, Gillspie AG Jr, Hughes CG, eds. Enfermedades de la caña de azúcar. Nueva York, EE.UU.: Elsevier, 341-376.
- Kaakeh, W. and J. Dutcher. 1993. Effect of rainfall on population abundance of aphids (Homoptera: *Aphididae*) on pecan. J. Entomol. Sci. 28: 283-286.
- Knutson, A., E. P. Boring III, G. J. Michels, and F. Gilstrap. 1993. Biological control of insect pests in wheat. Texas Agricultural Extension Service Extension Publ. B-5044. College Station, TX. 11 p. 6.
- Koike, H, Gillaspie, A.G. Jr. 1989. Mosaico. *En*: Ricaud C, Egan BT, Gillaspie AG Jr, Hughes CG, eds. Enfermedades de la caña de azúcar. Nueva York, EE. UU.: Elsevier, 301-322.
- Martínez, C. Murguido, L.rodriguez. 2007 La protección de los cultivos. *En*: Manejo integrado de plagas. Manual práctico. (Ed. E. Martínez). Centro Nacional de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. p.19. 2007
- Maya, H. Rodríguez, V. 2014. Pulgón Amarillo (*Melanaphis sacchari*): Nueva Plaga del Sorgo en Tamaulipas. México. Recuperado en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/pulgon-amarillo-sorgo>.
- Miller, F.R. y Barnes, D.K. Crecimiento y desarrollo del sorgo. FAO Producción y Protección vegetal, 19: 7-19, 1980.
- Pioneer. s/f. Sorgo: crecimiento y desarrollo del cultivo. Boletín Técnico. Buenos

- Aires, Argentina. 4 p.
- Quinby, J. R. 1974. Sorghum improvement and the genetics of growth. Texas A&M University. Press. College Station, Texas.
- Ricaud C. 1980. Los síntomas de la enfermedad de la raya de la caña de azúcar. Boletín de caña de azúcar Patólogos, N° 25: 18-21 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada en el Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP.2 p.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 1521 p.
- Saucedo, O.M. 2009. Estudio regional de las aves que atacan el sorgo. Taller de la región Central sobre alimentación porcina. CIAP. Facultad Agropecuaria-Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba. (cd-rom). 2009
- Saucedo, O.M. *et al.* Sistema de control de daño de las aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Villa Clara. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (cd-rom). 2008
- SIAP. SAGARPA. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de información Agroalimentaria y de Consulta (SIACON). Recuperado en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP. SAGARPA. 2017. Avance de siembras y cosechas resumen nacional por cultivo. Consultado abril, 2018. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx>
- Singh, B. U., P. G. Padmaja, and N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. Crop Prot. 23: 739-755.

Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. Annual Rev. Entomology. 18: 259-280.

Teakles. D.S., Shukla, D.D., Ford, R.E. 1989. Virus del mosaico de la caña de azúcar.

UPOV. (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2017. Sorgo. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento TG/122/4. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra. 35 p. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg122.pdf>.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de campo del experimento de sorgo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2019, en San Pedro de las Colonias, Coahuila.

51 R2	52 R2	53 R2	54 R2	
50 R2	49 R2	48 R2	47 R2	46 R2
41 R2	42 R2	43 R2	44 R2	45 R2
40 R2	39 R2	38 R2	37 R2	36 R2
31 R2	32 R2	33 R2	34 R1	35 R1
30 R1	29 R1	28 R1	27 R1	26 R1
25 R1	24 R1	23 R1	22 R1	21 R1
20 R1	19 R1	18 R1	17 R1	16 R1
11 R1	12 R1	13 R1	14 R1	15 R1
10 R1	9 R1	8 R1	7 R1	6 R1
1 R1	2 R1	3 R1	4 R1	5 R1

En el Anexo 1 se muestra la distribución en campo de las 54 parcelas experimentales de los 27 genotipos de sorgo con dos repeticiones, cada parcela experimental constó de 5 surcos sembrados y un surco libre entre cada parcela, la longitud del surco fue de 10 metros, con una distancia entre surcos de 76 centímetros, para un total de 45.6 metros cuadrados por parcela experimental.

