

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación en Campo de Variables Agronómicas en Líneas de Sorgo para
Determinación de Tolerancia al Pulgón Amarillo *Melanaphis sacchari*

Por:

JUAN ANTONIO PLIEGO ORTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación en Campo de Variables Agronómicas en Líneas de Sorgo para
Determinación de Tolerancia al Pulgón Amarillo *Melanaphis sacchari*

Por:

JUAN ANTONIO PLIEGO ORTIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Antonio Flores Naveda

Asesor Principal



Dr. Julio César Tafolla Arellano

Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre, 2019.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos, que soy lo que soy ahora.

A mi madre **Alicia Ortiz Cortéz** por ser una gran mujer, por siempre darle cariño y comprensión a sus hijos, te admiro mamá porque siempre estas al pendiente de tus hijos para que nunca les falte nada, ésa es mi madre.

Inocente Pliego Pliego por ser un gran hombre y amigo, por siempre aconsejarme para salir adelante en la vida, te admiro papá porque siempre has luchado para sacar adelante a tus hijos y darles lo mejor, ése es mi padre

Solo me resta decirles que los quiero y me siento muy orgulloso de ser su hijo.
¡Para ustedes papás!

A MIS HERMANOS:

Victor

Efrain

José Luis

Por corregirme y demostrarme que los sueños se cumplen siempre y cuando luchemos por ellos.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haberme permitido terminar una etapa más de mi vida como estudiante, por haberme permitido vivir hasta este momento y concederme el deseo de lograr mi objetivo.

A MI ALMA MATER

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme recibido y permitirme lograr mi más grande meta de formarme como profesionista y hacer de mí, una persona comprometida con mi profesión y con la sociedad.

A MIS MAESTROS

A quienes debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararnos para un futuro competitivo no solo como los mejores profesionales, sino también como mejores personas.

A MIS ASESORES

Al Dr. Antonio Flores Naveda, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo tan importante con él, por dedicarme parte de su valioso tiempo, conocimiento y paciencia, ya que sin ello no me hubiera sido posible culminar este trabajo.

A los profesores integrantes del comité de asesoría: Dr. Julio César Tafolla Arellano, Dr. Neymar Camposeco Montejo, M.C. Ulises Aranda Lara, por su apoyo y asesoría incondicional, durante este tiempo, gracias por sus valiosas aportaciones para la culminación de esta tesis.

Al Lic. Felicito Ausencio Díaz Vázquez, por su valioso apoyo durante el proceso de los datos de campo.

Al Dr. Francisco Perdomo Roldán, por su apoyo incondicional en la realización del presente trabajo de investigación y en el establecimiento del experimento a nivel de campo.

A MIS AMIGOS

Por pasar a mí lado los momentos de vida universitaria, porque en algún momento de mi carrera me brindaron apoyo moral, por demostrarme que los amigos también pueden ser grandes compañeros de trabajo y por exhortarme a seguir adelante con la esperanza de lograr la meta planteada.

A MIS FAMILIARES

Por brindarme su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Gracias a todos los que no están aquí, pero que me ayudaron a que este gran esfuerzo se volviera realidad.

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 | 4 |
| 2.2. | Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo..... | 4 |
| 2.3. | Descripción de la planta..... | 5 |
| 2.4. | Requerimientos edafoclimáticos | 6 |
| 2.4.1. | Suelo | 6 |
| 2.4.2. | Altitud..... | 6 |
| 2.4.3. | Humedad del suelo..... | 6 |
| 2.4.4. | Temperatura | 7 |
| 2.4.5. | Cantidad de horas luz..... | 7 |
| 2.5. | Producción de sorgo a nivel mundial | 7 |
| 2.6. | Producción de sorgo en México..... | 8 |
| 2.7. | Importancia del cultivo de sorgo | 9 |
| 2.8. | Problemática en la producción de sorgo..... | 9 |
| 2.9. | El pulgón amarillo del sorgo. Distribución actual y perspectivas para México..... | 10 |
| 2.10. | Descripción de la plaga..... | 10 |
| 2.11. | Biología..... | 10 |
| 2.12. | Dinámica Poblacional | 11 |
| 2.13. | Hospederos | 12 |
| 2.14. | Daño directo..... | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 2.15. Daño indirecto..... | 13 |
| 2.15.1. Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV) | 13 |
| 2.15.2. Virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV)..... | 13 |
| 2.16. Monitoreo..... | 14 |
| 2.17. Umbral económico | 14 |
| 2.18. Control biológico | 15 |
| 2.19. Efecto de la lluvia..... | 15 |
| 2.20. Control Químico..... | 16 |
| 2.21. Recomendaciones prácticas..... | 17 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 18 |
| 3.1. Germoplasma utilizado | 18 |
| 3.2. Localización del sitio experimental..... | 18 |
| 3.3. Diseño experimental | 18 |
| 3.4. Variables evaluadas..... | 19 |
| 3.4.1. Altura de planta (AP) | 19 |
| 3.4.2. Longitud de tallo (LT)..... | 19 |
| 3.4.3. Ancho hoja (AH) | 20 |
| 3.4.4. Longitud de hoja (LH) | 20 |
| 3.4.5. Longitud de panícula (LP)..... | 20 |
| 3.4.6. Diámetro del tallo (DT)..... | 20 |
| 3.4.7. Rendimiento de grano en g/planta (RGP)..... | 20 |
| 3.4.8. Peso/1000 semillas (PMS) | 20 |
| 3.4.9. Color de grano (CG) | 20 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 4.1. Altura de planta (AP)..... | 26 |
| 4.2. Longitud de tallo (LT) | 27 |
| 4.3. Ancho de hoja (AH)..... | 28 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.4. | Longitud de la hoja (LH)..... | 29 |
| 4.5. | Longitud de panícula (LP)..... | 30 |
| 4.6. | Diámetro de tallo (DT)..... | 31 |
| 4.7. | Rendimiento en gramos por planta (RGP)..... | 32 |
| 4.8. | Peso de 1000 semillas (PMS)..... | 33 |
| 4.9. | Color de grano (CG) | 34 |
| V. | CONCLUSIONES | 35 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 35 |
| VII. | LITERATURA CITADA..... | 36 |
| VIII. | ANEXOS..... | 38 |
| 8.1. | Anexo 1. Morfología del Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS). | 38 |
| 8.2. | Anexo 2. Ciclo biológico del pulgón amarillo del sorgo (PAS). | 39 |
| 8.3. | Anexo 3. Croquis de campo del experimento de Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS) en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2018, en Xalostoc, Morelos. | 40 |
| 8.4. | Anexo 4. Gráfica de concentrado de datos promedios por genotipos y variables evaluadas en sorgo. | 41 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo | 4 |
| Cuadro 2. Principales estados productores de sorgo en México..... | 8 |
| Cuadro 3. Principales hospedantes del pulgón amarillo (<i>M. sacchari</i>)..... | 12 |
| Cuadro 4. Principales insecticidas para el control químico del Pulgón Amarillo del sorgo..... | 16 |
| Cuadro 5. Análisis de varianza de variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos | 24 |
| Cuadro 6. Comparación de medias de variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 Xalostoc, Morelos | 25 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Comparación de medias, para la variable altura de planta en (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 26 |
| Figura 2. Comparación de medias para la variable longitud del tallo en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en evaluadas en Xalostoc, Morelos. | 27 |
| Figura 3. Comparación de medias para la variable ancho de la hoja en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 28 |
| Figura 4. Comparación de medias para la variable longitud de hoja en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 29 |
| Figura 5. Comparación de medias para la variable longitud de panícula en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos. | 30 |
| Figura 6. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo en (mm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 31 |
| Figura 7. Comparación de medias para la variable rendimiento en gramos por planta (g/planta) en líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 32 |
| Figura 8. Comparación de medias para la variable peso de 1000 semillas en (g) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos..... | 33 |

RESUMEN

El pulgón amarillo del sorgo es considerado una de las plagas más importantes que limitan la producción de sorgo en México, ocasionando pérdidas en la producción del cultivo de hasta un 100%. Actualmente, el pulgón amarillo ha sido detectado en todos los estados de la república Mexicana, donde se siembra sorgo. El origen de esta especie se localiza en África y su distribución actual es en diversos países de Asia, Australia, el Caribe, Centro y Sudamérica.

Por lo antes mencionado, se planteó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de Líneas Experimentales de Sorgo (LES), bajo infestación natural al pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) en un ambiente de alta incidencia en donde se evaluaron las siguientes variables agronómicas: altura de planta (AP), longitud de tallo (LT), ancho de hoja (AH), longitud de hoja (LH), longitud de panícula (LP), diámetro de tallo (DT), rendimiento en gramos por planta (RGP) y peso de mil semillas (PMS).

Se evaluaron cuatro líneas experimentales de sorgo, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, bajo condiciones de incidencia natural para infestación de la plaga y en condiciones de temporal. El registro de los datos de campo se llevó a cabo en la etapa de madurez fisiológica final del grano y en etapa de postcosecha a nivel de laboratorio. Los datos de las variables evaluadas, se analizaron mediante un análisis de varianza y en una prueba de comparación de medias con el paquete estadístico SAS Institute Inc (2004).

Los resultados muestran que la línea experimental de sorgo que resultó superior con base en su comportamiento agronómico, fue la LES 207, seguido por la LES 115. Ambas líneas mostraron tolerancia al pulgón amarillo de sorgo en el ambiente de evaluación y un aceptable potencial de rendimiento de grano. Se espera que estas líneas sean punto de partida para la investigación de futuros trabajos para la generación de nuevas variedades mejoradas.

Palabras clave: Genotipos, Sorgo, Rendimiento, Incidencia, *Melanaphis sacchari*.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es el quinto cereal más importante del mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada (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).

El sorgo es uno de los cereales básicos, para la población más pobre del mundo. Desde el punto de vista genético, este cultivo se adapta bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales de grano pequeño, por lo tanto, la principal característica de este cultivo es su mecanismo de tolerancia a calor y sequía.

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/o animal, sustituyendo al trigo en la panificación y al maíz amarillo en la elaboración de alimentos concentrados.

El crecimiento de la producción de los cereales secundarios (sorgo, cebada y avena), se concentra en África oriental y occidental, donde el sorgo y el mijo son utilizados para consumo humano, por lo tanto, estas regiones representan un 90% del crecimiento de la producción mundial (FIRA, 2016).

A su vez, una de las principales plagas que limita la producción de sorgo en México es el Pulgón Amarillo, la cual se detectó por primera vez en nuestro país en el mes de octubre del año 2013, desde entonces, esta plaga ha adquirido gran importancia económica y agrícola, por las grandes pérdidas que ha ocasionado en el cultivo del sorgo (INTAGRI, 2014).

Al ser un áfido, el principal daño que ocasiona al cultivo es la succión de savia, llegando a provocar la desecación de la planta en cuestión de días, lo cual ocasiona pérdidas que pueden fluctuar entre el 30 y 100 % de la producción.

El pulgón amarillo del sorgo, se ha convertido rápidamente en la plaga más importante en este cultivo. En diversos estados del país, como en Tamaulipas, Coahuila, Sinaloa, Guanajuato, Morelos, Jalisco y Nayarit, han demostrado su agresividad y capacidad de desplazarse rápidamente, atacando tanto a sorgos de grano como forrajeros. La proliferación de la plaga está influenciada directamente por sus hospederos, teniendo como primarios al sorgo, zacate Johnson, trigo, avena y cebada; y como secundarios al cultivo de caña de azúcar, maíz y arroz (SENASICA, 2015).

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, bajo infestación natural para el pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) en un ambiente de alta incidencia.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el potencial de rendimiento de grano de las líneas experimentales de sorgo.

1.2. HIPÓTESIS

La evaluación del comportamiento agronómico de líneas experimentales de sorgo nos permitirá estimar el nivel de daño de la plaga en las diversas etapas fenológicas del cultivo, para determinar su tolerancia o susceptibilidad.

Las líneas experimentales de sorgo evaluadas, no presentan mecanismos de tolerancia al pulgón amarillo del sorgo de acuerdo a su comportamiento agronómico en el ambiente agroecológico de evaluación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo de sorgo

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es un cultivo importante en la alimentación humana y animal, se cultiva en áreas marginales de precipitación y en regiones tropicales y semiáridas del mundo. Una característica importante del sorgo es su gran variedad de mecanismos para tolerar el calor y la sequía. El origen del cultivo se remonta en África, particularmente en Etiopía, Sudan y la región este de África (Doggett, 1965).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos inicio trabajos con sorgo en 1904 en XIT Ranch en el estado de Texas y el mejoramiento en plantas de sorgo comenzó en Texas Agricultural Experiment Station en 1914 (Quinby, 1974).

2.2. Clasificación taxonómica del cultivo 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.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.

2.3. Descripción de la planta

Los sorgos (*Sorghum spp.*) son un género de unas 20 especies de gramíneas, su centro de origen es en las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. El sorgo se utiliza para consumo humano, animal, en la producción de forrajes, y para la elaboración de bebidas alcohólicas. Por su resistencia a la

sequía y el calor, es un cultivo importante en regiones áridas, y es uno de los cultivos alimentarios más importantes a nivel mundial.

El sorgo tiene un hábito y una fisiología vegetal igual a la del maíz (*Zea mays*), aunque con sistema radicular más extenso y ramificado, de características fibrosas y hasta 1.2 metros de profundidad. El tallo del sorgo es cilíndrico, de 1 a 2 metros de altura, con una inflorescencia terminal en forma de espiga compuesta por flores bisexuales. El grano es una cariósida de alrededor de 4 milímetros de diámetro.

2.4. Requerimientos edafoclimáticos

2.4.1. 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).

2.4.2. Altitud

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

2.4.3. 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.

2.4.4. 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 anthesis, aborto de flores y los embriones.

2.4.5. Cantidad de horas luz

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 (noviembre – diciembre).

2.5. Producción de sorgo a nivel mundial

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).

2.6. 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).

| 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 |

Cuadro 2. Principales estados productores de sorgo en México.

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP (2018).

2.7. Importancia del cultivo de sorgo

A nivel mundial, el sorgo se utiliza para diversos fines, ya sea como alimento para consumo humano, animal, entre otros. En México, este grano es uno de los cereales más utilizados para consumo animal. A su vez, el grano de sorgo es considerado como un buen sustituto de otros granos, como el maíz y el trigo, para la elaboración de pan libre de gluten.

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 para la seguridad alimentaria. El excelente potencial que ha demostrado el sorgo en diversas regiones agrícolas y su aceptable potencial de rendimiento, lo posiciona como un cultivo rentable (INTA, 2011).

2.8. Problemática en la producción de sorgo

Actualmente, el Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS) 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).

2.9. **El pulgón amarillo del sorgo. Distribución actual y perspectivas para México**

M. sacchari es originario de África y Medio Oriente, se distribuye en varios países de Asia, Australia, el Caribe, Centro y Sudamérica. En Estados Unidos está presente en los estados de Florida, Hawaii, Louisiana, Texas y Mississippi. En México se registró por primera vez en 2013 en el Norte de Tamaulipas, atacando al cultivo de sorgo en el ciclo Primavera-Verano y causó pérdidas cuantiosas de rendimiento, incluso de hasta el 100% con algunos productores. En caso de no implementar medidas para su control, expertos afirman que se puede poner en riesgo la producción de sorgo, caña de azúcar, y otros cereales para los próximos años en las diferentes zonas productoras de México (Maya, 2014).

2.10. **Descripción de la plaga**

Los adultos miden de 1.5 a 2 mm de largo, son de cuerpo blando y periforme, su color puede ir de amarillo pálido a marrón. Tienen cauda de color café claro, más largo que los sífúnculos y con cuatro setas a los lados. El último segmento de sus patas es de color oscuro y presenta manchas oscuras distribuidas aleatoriamente sobre el abdomen. Los adultos pueden ser ápteros o alados según el ambiente y disponibilidad de alimento. Las larvas son de color amarillo pálido a verde grisáceo (Anexo 1).

2.11. **Biología**

El rango óptimo de temperatura para su desarrollo oscila entre 20-25 °C, con una duración del ciclo biológico de 7.3 a 5.3 días. Se ha reportado que temperaturas superiores a los 35°C reducen poblaciones. Este insecto pasa por 4 estadios ninfales, presentando hábitos gregarios en su forma áptera (Anexo 2). Con sequía y escasez de alimentos las hembras dan origen a generaciones

aladas, que migran a zonas libres o de baja infestación. Pueden reproducirse de forma sexual en su forma alada y asexual en su forma áptera (partenogénesis).

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

2.12. Dinámica Poblacional

La infestación del PAS, inicia con la llegada de alados principalmente por las orillas de las parcelas de sorgo. Aunque al inicio la colonización es lenta, los pulgones alcanzan un crecimiento de hasta 65 pulgones/hoja/día durante el ciclo Primavera-Verano y 10 pulgones/hoja/día en el ciclo Otoño-Invierno, por lo que en pocos días las plantas albergan colonias abundantes, sin embargo se ha reportado un crecimiento poblacional del PAS de hasta 71 pulgones/hoja/día (Bowling *et al.*, 2016). Las infestaciones más frecuentes inician principalmente al final de la etapa vegetativa (V-8) y al inicio de la etapa reproductiva (embuche) y continúan durante la floración y llenado del grano. La sobrepoblación de pulgones y la senescencia de las plantas parecen estar asociadas con la emigración de los pulgones alados (Singh *et al.*, 2004). En el estado de Tamaulipas, los pulgones pueden estar presentes en el cultivo de sorgo desde los 10 a 40 días, antes de emigrar.

2.13. Hospederos

Su alimentación se basa en especies de la familia Poaceae. Sorgo, avena, caña de azúcar, trigo y cebada son considerados hospederos primarios. Sus hospederos secundarios son los cultivos de arroz, maíz y pastos como el zacate Johnson.

| Familia | Nombre científico | Nombre común |
|--------------------------------|--|---|
| Hospedantes primarios | | |
| Poaceae | <i>Avena sativa, Saccharum, Saccharum officinarum, Sorghum bicolor, Triticum aestivum, Hordeum vulgare</i> | Avena, caña, caña de azúcar, sorgo, trigo, cebada |
| Hospedantes secundarios | | |
| Poaceae | <i>Oryza sativa, Zea mays</i> | Arroz, maíz |
| Hospedantes terciarios | | |
| Poaceae | <i>Setaria, penisetum, Echinochloa y Miscanthus</i> | Algunos pastos |

Fuente: CABI, 2014.

Cuadro 3. Principales hospedantes del pulgón amarillo (*M. sacchari*).

2.14. Daño directo

El daño directo es la succión de savia en hojas, ocasionando deformación y lesiones de color marrón. Las plantas atacadas presentan un retraso en su crecimiento y un menor rendimiento. Cuando existen condiciones propicias de humedad y temperatura las poblaciones presentan un crecimiento exponencial,

logrando invadir tallos y panojas, que en un máximo de 15 días producen el secado y acame de la planta. Por otro lado las larvas y adultos secretan sustancias azucaradas en la superficie de las hojas, las cuales propician el desarrollo de fumagina. Según estimaciones por cada hoja dañada con fumagina se pierde alrededor de un 10 % del rendimiento (SENASICA, 2014).

2.15. Daño indirecto

Como daño indirecto, sobre la melaza que es producida por el pulgón puede crecer fumagina, afectando la capacidad fotosintética de la planta, se tienen reportes que *M. sacchari* puede transmitir virus como el virus del mosaico de la caña de azúcar (Sugarcane mosaic virus; SCMV), virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (Sugarcane yellow leaf virus; ScYLV) y otras enfermedades.

2.15.1. Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV)

Este virus fue descrito a partir de la caña de azúcar por Brandes (1919); las cepas que infectan de forma natural algunos otros cultivos que también se conocen como mosaico de abacá potyvirus (Eloja y Tinsley, 1963); son partículas en forma de filamentos flexuosas de aproximadamente 750 x 13 nm (Teakle *et al.*, 1989); SCMV está presente en la mayoría de los principales países productores de caña de azúcar del mundo, las excepciones son Mozambique y Guayna (Koike y Gillaspie, 1989), Mauricio (Ricaud, 1980) y, posiblemente de Madeira (ISSCT, 1989).

2.15.2. Virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV)

El síndrome de la hoja amarilla de la caña de azúcar (SCYLS) fue informado por primera vez en Hawaii en 1989, y en Brasil en 1990; desde entonces se ha informado a numerosos países productores de caña de azúcar de todos los continentes (Garcés *et al.*, 2005). En la Reunión Internacional de

Germoplasma de Caña de Azúcar e Intercambio, celebrado en Brisbane en junio de 1995, se concluyó que el ScYV es uno de los peligros potenciales más serios que enfrenta el cultivo de la caña de azúcar en el ámbito internacional (Bailey *et al.*, 1996).

2.16. **Monitoreo**

El periodo crítico de daño contempla desde la emergencia hasta que el grano se encuentra en estado masoso. Por esta razón, es necesario detectar la llegada de las primeras poblaciones mediante trampas adhesivas color amarillo, esto asegurará un menor daño en etapas tempranas (emergencia). Lo ideal es realizar muestreos semanales dentro y en la periferia de la parcela, deben revisarse haz, envés y base de las hojas. También es importante localizar áreas con incidencia de fumagina para establecer estrategias de control que eviten su diseminación.

2.17. **Umbral económico**

Según Stern (1973), el umbral económico es la densidad de plagas que provocaría una pérdida económica equivalente al costo del control. Dependiendo del tipo de insecticida, coadyuvantes, mejoradores del pH, costo de la aplicación (aérea o terrestre) y del muestreo, el costo total para el control del pulgón varía actualmente entre \$500 y \$1000 pesos/Ha, con un promedio de \$750 pesos por aplicación. El valor actual del sorgo es de \$2,970 pesos/T. De esta manera, el costo promedio de la aplicación (\$750 pesos) se pagaría con 250 Kg/Ha de sorgo. Considerando un promedio de pérdida de 5 Kg/Ha por cada pulgón/hoja en ambos ciclos de estudio, entonces los 250 Kg de pérdida se alcanzarían con 50 pulgones/hoja, densidad que debe ser considerada como el umbral económico del PAS de acuerdo a los conceptos de Stern (1973). Al alcanzar esta densidad, debe de iniciarse el combate de la plaga para evitar pérdidas económicas.

2.18. Control biológico

Se han documentado más de 47 especies de enemigos naturales que combaten a *M. sacchari* en todo el mundo, incluyendo parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Los más eficientes hasta ahora son *Aphelinus maidis*, *Enrischia*, *Exochonus concavus*, *Leucopus spp.*, *Lioadalia flavomaculata*, *Lysiphlebus testaceipes* y *L. dehliensis*. Sin embargo, en México los organismos más importantes son las crisopas, catarinas y moscas sírfides, por demostrar una mayor mortandad de áfidos. Las avispas parasitoides disminuyen la población hasta en un 90 % cuando se usan correctamente, por ello se consideran un pilar indispensable dentro del manejo integrado de esta especie. Es recomendable la liberación de estos organismos en los primeros 30 días después de la emergencia, esto asegura que las primeras poblaciones no alcancen con facilidad el umbral de daño económico (Cortéz, 2015).

2.19. Efecto de la lluvia

Es importante determinar los factores bióticos y abióticos que afectan la dinámica poblacional de las plagas como apoyo a la toma de decisiones en el manejo integrado de las mismas. Por ejemplo se ha reportado que las lluvias tienen generalmente un impacto negativo sobre las poblaciones de áfidos en diversos cultivos (Kaakeh y Dutcher 1993). Sin embargo, en el caso del PAS era importante determinar el impacto de las lluvias en virtud de que las poblaciones ocurren en el envés de las hojas. Por lo que se llevó a cabo una serie de estudios para determinar el efecto de lluvia natural y simulada sobre las poblaciones del PAS en el Norte de Tamaulipas. El efecto de la lluvia natural se determinó en 11 eventos durante 2014-2017 en parcelas de sorgo, donde se contó el número de pulgones antes y después de las lluvias. Se observó que en promedio la precipitación provocó una reducción de pulgones de 14.2 % y una máxima de 38.7 %, cuando ocurrió la lluvia más intensa (51 mm/h). Los adultos fueron más afectados por la lluvia que las ninfas, aunque los adultos representan solo el 5 %

de la población total de pulgones. Además, se observó que el impacto de la lluvia sobre los pulgones momificados por parasitoides es mínimo (0.6 %), lo que es una ventaja para estos agentes de control biológico.

La resistencia de los pulgones momificados para que la lluvia no los tumbe se debe a que la larva del parasitoide “ancla” la parte ventral de la momia a la hoja mediante una combinación de seda y pegamento (Knutson *et al.*, 1993, Gutierrez *et al.*, 2007).

2.20. Control Químico

Poco después de la invasión del Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS), el INIFAP, desarrolló una serie de experimentos en el norte y sur de Tamaulipas para determinar los insecticidas más efectivos para el combate de la plaga. En total se evaluaron 25 insecticidas de diversos grupos químicos y en el Cuadro 4 se presentan los cinco productos que hasta el momento han mostrado una mayor efectividad (>95 %), así como sus dosis respectivas (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2016).

| Insecticida (nombre común) | Grupo químico | Dosis (g l.A./Ha) |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| Imidacloprid | Neonicotenoides | 105 |
| Sulfoxaflor | Sulfoxaminas | 12 |
| Spirotetramat | Cetoenoles | 45 |
| Thiametoxam | Neonicotenoides | 125 |
| Flupyradifurone | Butenolidos | 40 |

Cuadro 4. Principales insecticidas para el control químico del Pulgón Amarillo del sorgo.

2.21. Recomendaciones prácticas

- Eliminar los residuos de cosecha tan pronto como sea posible.
- Mantener la parcela y las áreas circundantes limpias de plantas hospederas del PAS, tales como zacates y sorgos voluntarios.
- Seguir las recomendaciones del paquete tecnológico del sorgo, particularmente preparación del terreno, época de siembra, fertilización, riegos, control de malezas, etc.
- Sembrar híbridos tolerantes al PAS.
- La clave para evitar pérdidas por el PAS es su detección oportuna; revisar periódicamente el cultivo para detectar al PAS.
- Identificar correctamente al PAS.
- Una vez detectado, muestrear cada cinco días para determinar el momento que alcance el umbral económico (50 pulgones/hoja).
- Al alcanzar el umbral económico, aplicar solamente los insecticidas recomendados y sus dosis respectivas, así como los volúmenes de agua requeridos para las aplicaciones terrestres y aéreas.
- Si requiere realizar una segunda aplicación, utilice un insecticida de diferente grupo químico del que ya aplicó.
- Si la infestación no es generalizada, es decir el PAS solamente se localiza en manchones o bordos, apique con mochila estos sitios.
- Proteger la fauna benéfica al evitar la aplicación innecesaria de insecticidas, es decir no aplique en forma preventiva, solamente cuando se haya alcanzado el umbral económico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Germoplasma utilizado

Se utilizó germoplasma de líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 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, 2018, bajo condiciones de campo abierto en las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos Campus Oriente, en el Campo Experimental en Xalostoc, Ayala, Morelos, el cual se encuentra ubicado a una latitud de 18°43'00" N, longitud de 98°54'00" W y a una altitud de 1, 240 msnm (Google Earth, 2019). En Xalostoc, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 11 a 32 °C.

3.3. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, utilizando cuatro líneas experimentales de sorgo con tres 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 Institute (2004), siendo el modelo el siguiente:

El diseño de bloques al azar es:

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

En donde:

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

μ = es el efecto verdadero de la media general.

τ_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = es el error experimental.

Se supone que:

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

3.4. 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 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 tallo (LT)

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

3.4.3. Ancho 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 de la hoja, reportándose en (cm).

3.4.4. Longitud de hoja (LH)

Se seleccionó una hoja de la parte central de la planta y con ayuda de una cinta métrica se midió desde la base de la hoja hasta la punta, el resultado se reportó en centímetros (cm).

3.4.5. Longitud de panícula (LP)

Se utilizó una cinta métrica y se midió del punto de inserción a la punta de la panícula, el resultado se reportó en centímetros (cm).

3.4.6. Diámetro del tallo (DT)

Utilizando un vernier se midió el diámetro del tallo en la parte inferior de la planta al nivel del suelo, reportándose en milímetros (mm).

3.4.7. 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.

3.4.8. Peso/1000 semillas (PMS)

Se tomó una muestra de 1000 semillas y se determinó su peso en una balanza analítica, el resultado fue reportado en gramos (g).

3.4.9. 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

Altura de planta y longitud de tallo

Para estas variables se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos (genotipos) esto es normal debido a que cada genotipo presenta características específicas para los caracteres cuantitativos o medibles, Arnon (1972) menciona que la altura del tallo la determina la longitud de los entrenudos, que es controlada por cuatro genes recesivos: *dw1*, *dw2*, *dw3* y *dw4*; donde el gen responsable de la inestabilidad de la altura es *dw3* y que actúa de manera independiente sin afectar el número de hojas y el periodo de crecimiento, por tanto, la altura promedio de las variedades de sorgo dependen del número de estos genes.

Existen otros factores que influyen el tamaño de la planta, entre ellos se pueden mencionar diversos factores abióticos como temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes y época de siembra (López y Galeato, 1982).

De acuerdo con el SENASICA (2014), menciona que las ninfas y los adultos del pulgón causan daño directo al follaje, debido a que se alimenta de savia, provocando desórdenes fisiológicos como el marchitamiento y clorosis que afectan el crecimiento. Por otro lado, se observa que altura de planta y longitud de tallo son variables correlacionadas, Morgado (1999) reporta resultados similares, lo que indica que en estas características para este estudio hay una asociación entre las variables evaluadas.

Ancho de hoja

Para ancho de hoja (AH) no mostró diferencia significativa entre tratamientos lo que puede deberse al efecto del ambiente, disponibilidad de nutrientes, disponibilidad de agua, capacidad de síntesis de aminoácidos y proteínas estructurales en el desarrollo foliar de la planta, Miller y Barnes (1980)

mencionan que la densidad de siembra, los factores ambientales y nutricionales en los cuales se desarrolla el sorgo, influyen en el desarrollo del área foliar de la planta. Además el fotoperiodo puede constituir otro factor que incide en el crecimiento y desarrollo de la hoja.

Al no haber diferencia significativa en el ancho de hoja también se considera que las hojas de los genotipos evaluados no presentaron daños, Flinn *et al.*, (2001), mencionan que la planta cuenta con mecanismos de resistencia al pulgón que incluyen: 1) la antixenosis: que se refiere a los mecanismos desarrollados por la planta que la hacen poco susceptible a los áfidos, 2) la antibiosis: las plantas que la poseen contienen menor tasa de reproducción de pulgones que aquellos genotipos que no la poseen. La planta expresa tolerancia en sus tejidos al no presentar clorosis o amarillamiento, que es provocado por la toxina de la sabia inyectada en la planta por los pulgones al alimentarse.

Longitud de panícula y rendimiento en gramos por planta

Se encontraron coeficientes de correlación negativos, lo cual difiere con lo reportado por Morgado (1999), debido que el tamaño de la panícula no influyó en el rendimiento de gramos por planta en este estudio ya que en el campo se encontraron panículas de diferentes tamaños y de diferentes pesos, algunas pequeñas muy pesadas y otras livianas, otras muy grandes pesadas o livianas. 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 sus diversas etapas fenológicas.

Rendimiento en gramos por planta

Para este parámetro se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, por lo que se concluye que el comportamiento entre los genotipos no fue igual. Sin embargo, si tomamos en cuenta que es una característica cuantitativa la cual es afectada fuertemente por el ambiente, pudiera ser que la fertilidad del suelo o la distribución de las parcelas experimentales hayan afectado ese parámetro. Por otro lado, Rodríguez (2014), menciona que las larvas y adultos secretan sustancias azucaradas en la superficie de las hojas, dando origen al desarrollo de fumagina; por cada hoja dañada con fumagina se pierde alrededor de un 10 % del rendimiento de grano.

Para la variable rendimiento en gramos por planta (RGP) Cuadro 4, se observó que existe un rango muy amplio de 38.59 – 69.05 gramos, siendo la LES 207 la que presentó el mayor rendimiento de gramos por planta.

Peso de mil semillas

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (genotipos) Pionner (s/f) menciona que el peso del grano cosechado dependerá del factor genético y de la capacidad de la planta para acumular materia seca. Así como el clima, la fertilidad del suelo y el agua disponible influyen en el peso final del grano.

Cuadro 5. Análisis de varianza de variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

| F.V. | G.L. | AP (cm) | LT (cm) | AH (cm) | LH (cm) | LP (cm) | DT (mm) | RGP (g/planta) | PMS (g/1000 semillas) |
|-------------|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|--------------------------|
| Tratamiento | 3 | 8221.86 ** | 8756.22 ** | 2.33 | 464.43 * | 27.22 | 25.11 | 629.06 ** | 196.98 ** |
| Bloque | 2 | 47.25 | 69.75 | 1.03 | 21.97 | 0.08 | 12.09 | 82.70 | 0.003 |
| Modelo | 5 | 4952.01 ** | 5281.63 ** | 1.81 | 287.44 * | 16.36 | 19.90 | 410.51 * | 118.18 * |
| Error | 6 | 83.69 | 69.97 | 0.93 | 63.34 | 6.97 | 14.88 | 52.44 | 0.02 |
| CV% | | 6.25 | 6.91 | 13.38 | 12.41 | 10.22 | 24.98 | 12.02 | 0.52 |

F. V= Fuentes de variación; G.L.= Grados de libertad; CV%= Coeficiente de variación en porcentaje; AP= Altura de planta; LT= Longitud de tallo; AH= Ancho de hoja; LH= Longitud de hoja; LP= Longitud de panícula; DT= Diámetro del tallo; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta; PMS= Peso de mil semillas; *, ** = Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de variables agronómicas en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

| F.V. | AP | LT | AH | LH | LP | DT | RGP | PMS |
|------------------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Línea 8 | 112.33 C | 89.00 C | 6.03 A | 52.66 B | 24.33 A | 13.81 A | 38.59 B | 30.00 B |
| Línea 12 | 109.33 C | 81.66 C | 7.60 A | 62.33 AB | 28.00 A | 19.40 A | 67.61 A | 26.50 C |
| Línea 26=LES 115 | 141.67 B | 114.00 B | 7.16 A | 59.66 AB | 28.66 A | 12.85 A | 65.57 A | 30.00 B |
| Línea 31=LES 207 | 221.67 A | 199.33 A | 8.10 A | 81.73A | 22.33 A | 15.69 A | 69.05 A | 44.70 A |
| Media | 146.25 | 121.00 | 7.22 | 64.10 | 25.83 | 15.43 | 60.20 | 32.80 |
| Tukey | 25.85 | 23.64 | 2.73 | 22.49 | 7.46 | 10.90 | 20.46 | 0.48 |

Valores con la misma literal dentro de cada columna son estadísticamente iguales. F. V= Fuentes de variación; AP= Altura de planta; LT= Longitud de tallo; AH= Ancho de hoja; LH= Longitud de hoja; LP= Longitud de la planta; DT= Diámetro del tallo; RGP= Rendimiento en gramos por planta; PMS= Peso de mil semillas.

4.1. Altura de planta (AP)

En la Figura 1, para la variable altura de planta (AP), se muestra en la gráfica que la Línea Experimental de Sorgo (LES) con denominación LES 207, fue la que presentó mayor altura de planta con 221.667 cm; por otro lado, se puede observar que la Línea 8, presentó un promedio de 112.3 cm y la línea experimental de sorgo 12, fue la que presentó una menor altura de planta.

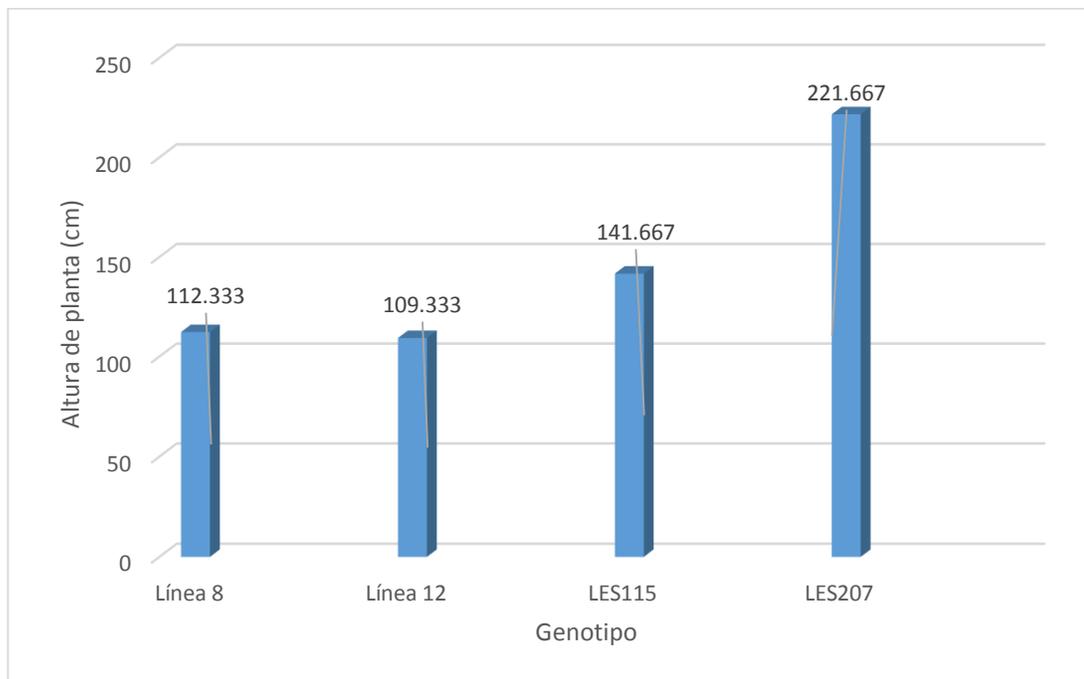


Figura 1. Comparación de medias, para la variable altura de planta en (cm) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.2. Longitud de tallo (LT)

En la Figura 2, para la variable longitud de tallo (LT), se puede observar en la gráfica que la línea experimental de sorgo denominada LES 207, resultó superior a los otros genotipos evaluados con una longitud promedio de 199.667 cm, seguido por la línea experimental de sorgo LES 115 con una longitud promedio de 114 cm; por otro lado, también se observa que la Línea 12 fue la que presentó el menor promedio para la variable longitud de tallo.

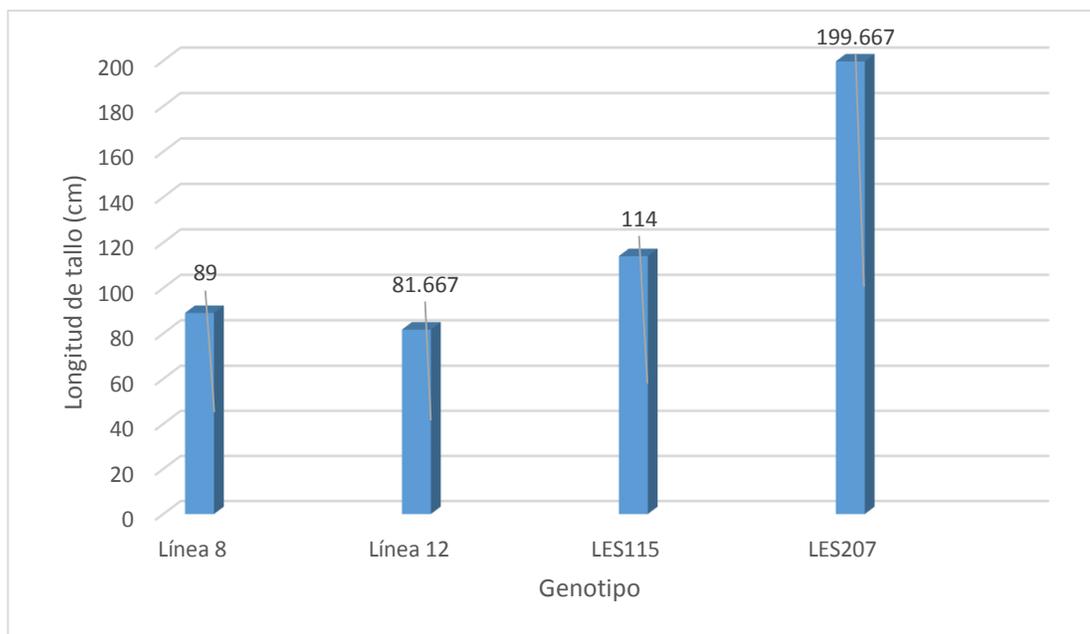


Figura 2. Comparación de medias para la variable Longitud del tallo en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo, en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en evaluadas en Xalostoc, Morelos.

4.3. Ancho de hoja (AH)

En la Figura 3, se observa que el genotipo que presentó el mayor promedio para la variable Ancho de Hoja (AH), fue la línea experimental de sorgo denominada LES 207 con un promedio de 8.06 cm, seguida por la Línea 12 con un promedio de 7.6 cm; por otra parte el genotipo que presentó el menor ancho de hoja fue la línea experimental de sorgo denominada Línea 8 con un promedio de 6.033 cm.

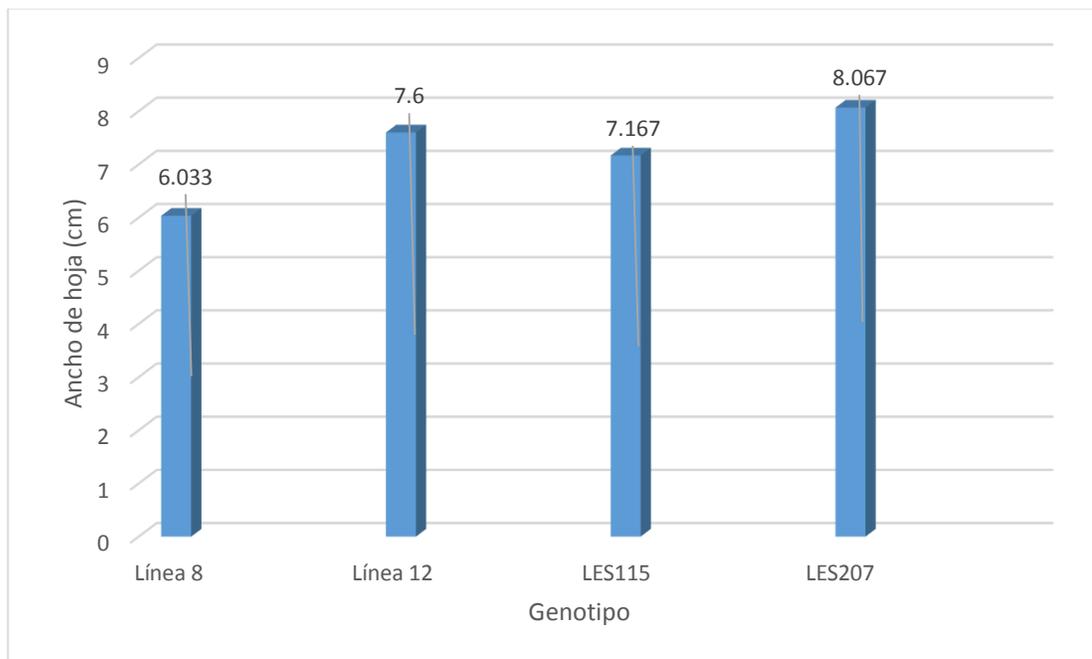


Figura 3. Comparación de medias para la variable ancho de la hoja en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.4. Longitud de la hoja (LH)

En la Figura 4, para la variable longitud de la hoja (LH), se muestra en la gráfica que la línea experimental denominada LES 207 fue la que presentó la mayor longitud de hoja con un promedio de 81.73 cm, en segundo lugar, se observa a la Línea 12 con un promedio de 62.33, por otro lado se observa que la Línea 8 presentó el menor promedio con 52.66 cm, seguido del genotipo LES 115 con un promedio de 59.66 cm.

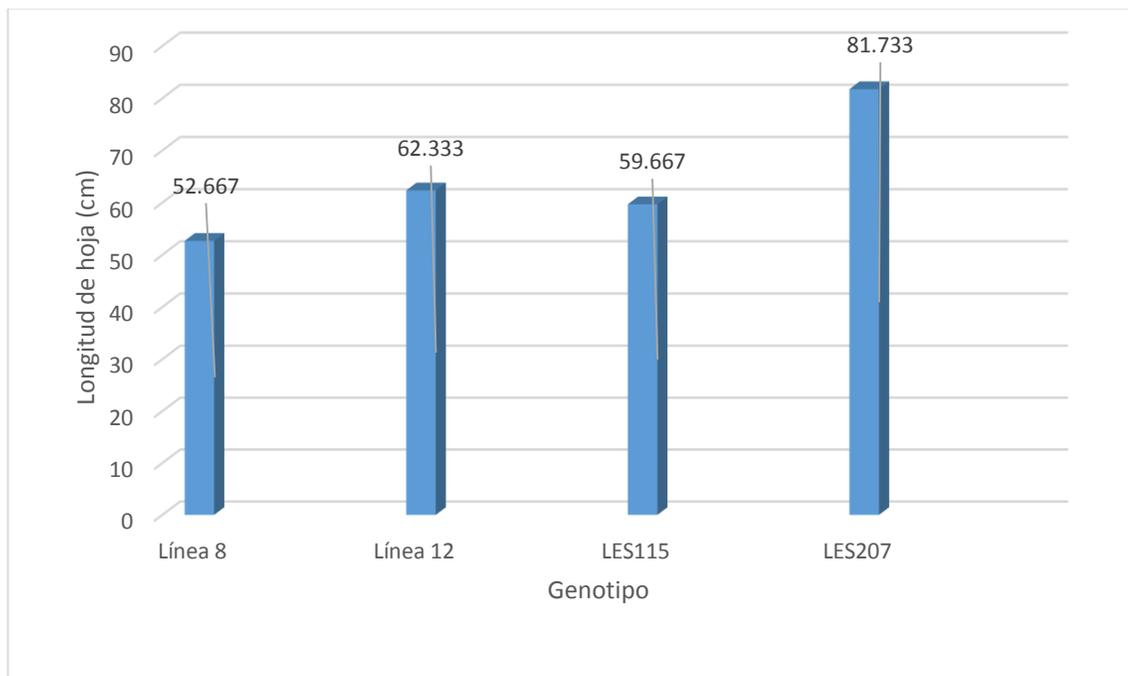


Figura 4. Comparación de medias para la variable longitud de hoja en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.5. Longitud de panícula (LP)

En la Figura 5, para la variable longitud de panícula (LP), se observa que la línea experimental denominada LES115 presentó el promedio más alto con 28.66 cm, el cual superó a la Línea 12 que presentó un promedio de 28.0 cm; por otro lado, se encuentra el genotipo LES 207, que presentó el menor valor para la respectiva variable con 22.3 cm.

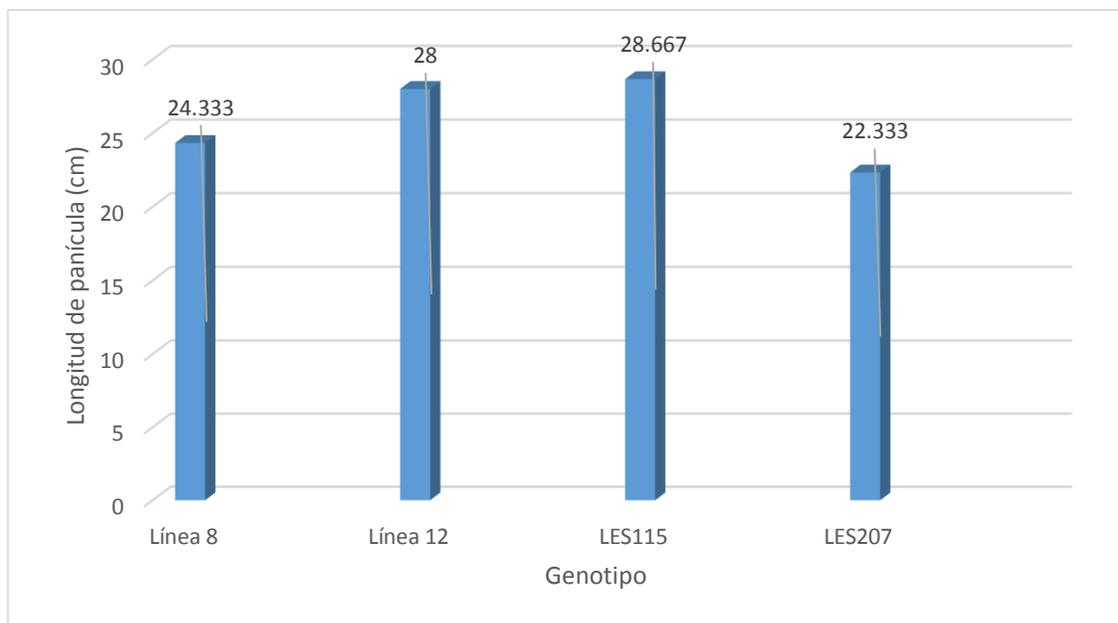


Figura 5. Comparación de medias para la variable longitud de panícula en (cm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.6. Diámetro de tallo (DT)

En la Figura 6, para la variable diámetro de tallo (DT), se muestra en la gráfica que la línea experimental de sorgo con denominación Línea 12, fue la que presentó mayor diámetro de tallo con 19.36 mm; por otro lado, se puede observar que la Línea LES 207, presentó un promedio de 15.69 mm y la línea experimental de sorgo denominada LES 115, fue la que presentó un menor diámetro de tallo con 12.85 mm.

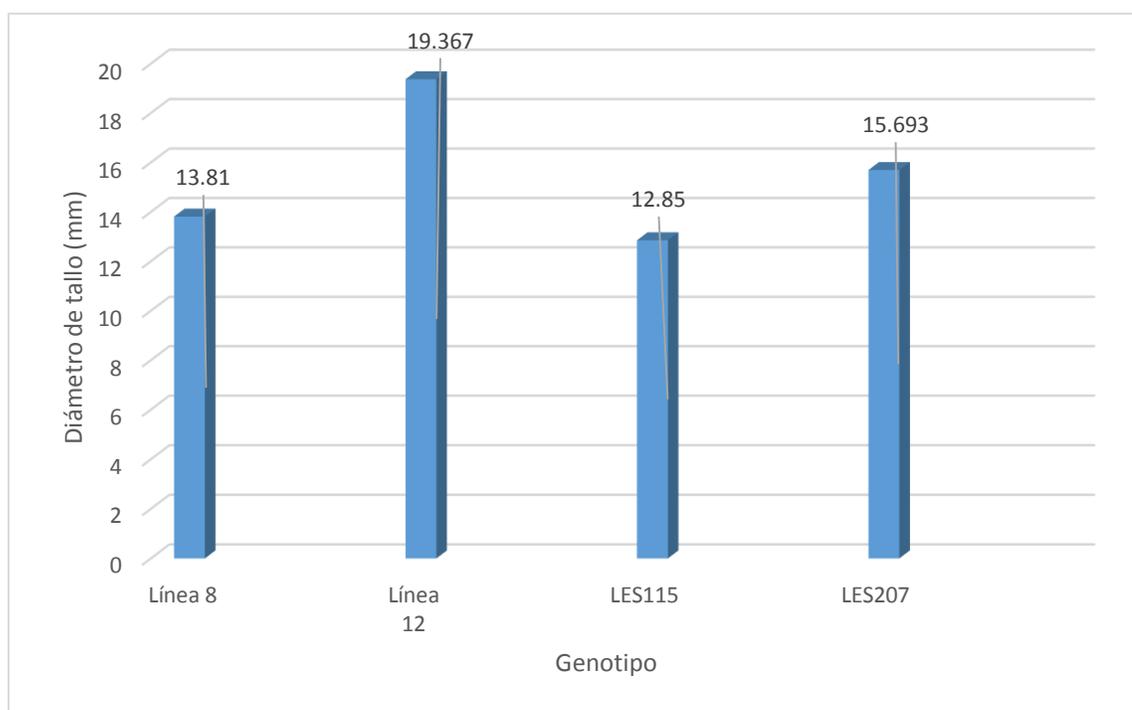


Figura 6. Comparación de medias para la variable diámetro de tallo en (mm) de la planta en líneas experimentales de sorgo evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.7. Rendimiento en gramos por planta (RGP)

En la Figura 7, para la variable rendimiento en gramos por planta (RGP) se observa que la línea experimental denominada LES 207, fue la que presentó el mayor valor promedio con 69.05 gramos por planta, seguido por la Línea 12 que presentó un promedio de 67.61 gramos por planta; por otro lado, se encuentra que la Línea 8, presentó el menor promedio con un rendimiento de 38.59 gramos por planta.

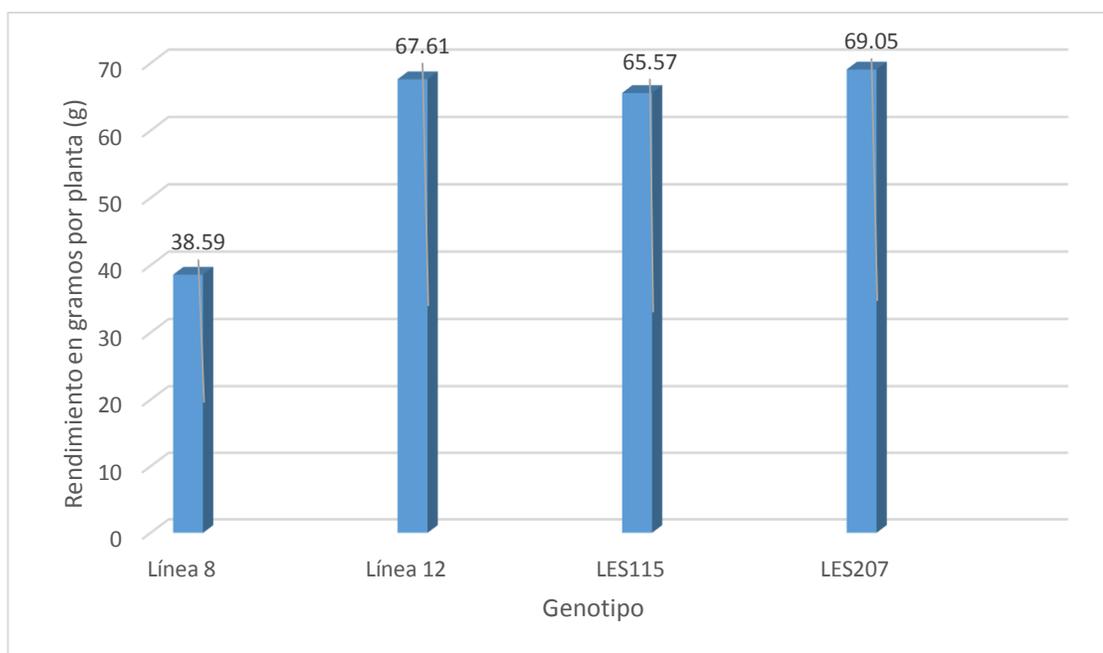


Figura 7. Comparación de medias para la variable rendimiento en gramos por planta (g/planta) en líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.8. Peso de 1000 semillas (PMS)

En la Figura 8, para la variable peso de 1000 semillas (PMS), se observó que la línea experimental de sorgo LES 207, fue la que presentó mayor peso de 1000 semillas con un peso de 44.7 gramos; por otro lado, se puede observar que la Línea 8 y la línea LES 115 presentaron un promedio igual con un peso de 30.0 gramos y la línea experimental de sorgo 12, fue la que presentó un menor peso.

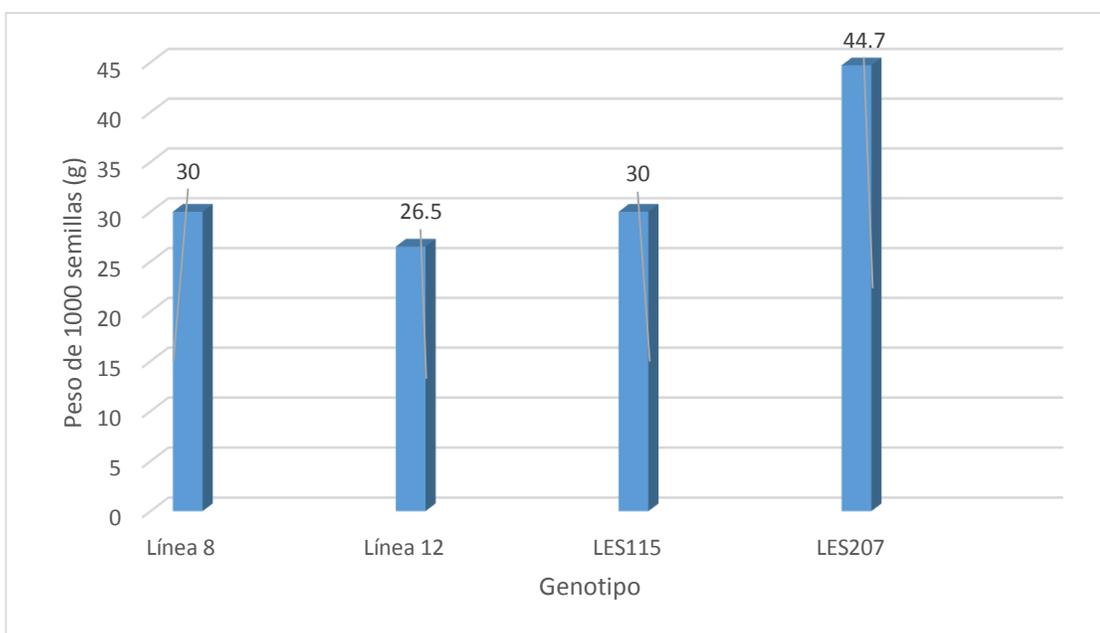


Figura 8. Comparación de medias para la variable peso de 1000 semillas en (g) de líneas experimentales de sorgo, evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2018 en Xalostoc, Morelos.

4.9. **Color de grano (CG)**

Para la evaluación del carácter cualitativo color de grano, se evaluó en forma visual en etapa de postcosecha en donde se identificaron las cuatro líneas experimentales de sorgo evaluadas en donde se encontraron los siguientes colores, para la Línea 8 el color de grano fue café oscuro, para línea 12 el color de grano fue rojo oscuro, para la Línea LES 115 el color de grano fue color crema y por último el color de la Línea LES 207 fue blanco amarillento. Los diversos genotipos evaluados, debido a las condiciones del clima en el ambiente de evaluación, no presentaron problemas de intemperismo en el grano de sorgo, lo cual es un aspecto importante como atributo de calidad física en la semilla cosechada para futuros trabajos de investigación con estas líneas experimentales de sorgo.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que la línea experimental de sorgo LES 207, fue la que presentó un comportamiento agronómico aceptable, baja infestación natural al pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) en un ambiente de alta incidencia de acuerdo a las variables agronómicas evaluadas como altura de planta (AP), longitud de tallo (LT), ancho de hoja (AH), longitud de hoja (LH), rendimiento en gramos por planta (RGP) y peso de mil semillas (PMS).

La línea experimental de sorgo LES 115, presento un potencial de rendimiento de grano aceptable, asimismo para la variable longitud de panícula (LP), presento el mayor valor promedio entre los genotipos evaluados con 28.6 cm, lo cual es una característica importante en la selección de líneas de sorgo durante la etapa de cosecha y trilla del grano en campo.

VI. RECOMENDACIONES

Las líneas experimentales de sorgo que presentaron un aceptable comportamiento agronómico en respuesta a la incidencia natural y tolerancia al pulgón amarillo de sorgo, se recomiendan continuar con su evaluación en diversos ambientales y ciclos, para continuar con su avance generacional, evaluar su comportamiento agronómico, estabilidad y potencial de rendimiento.

VII. LITERATURA CITADA

- Arnon, E. 1972. Crop production in dry regions. Vol. II. Leonard Hall. 633 p.
- Bailey R.; G. Bechet; P. Cronjé: (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
- Cortéz M.E. 2015. Pulgón Amarillo del Sorgo: Nuevo Reto Fitosanitario para Sinaloa. Ponencia presentada en Expoceres 2014. Los Mochis, Sinaloa. México. 46 p.
- Doggett, H. 1965. The development of cultivated Sorghum. Page 50 in *Essays on crop plant evolution* (Huchins, S.J.B., ed.). London, UK. Cambridge University Press.
- Eloja A.L., Tinsley TW, 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. 35p.
- 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: (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.

Google Maps, 2019. Xalostoc, Morelos “Escala intermedia”, Juan Pliego, “Google Maps”.https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=1gstwPk0uUOVwdVpSWSqcZc_83A8&ll=18.815109611310863%2C-98.94922000000003&z=15. (24 de mayo del 2019).

INTA (Instituto nacional de tecnología agropecuaria). 2011. Manual de sorgo. Misterio de asuntos agrarios buenos aires la provincia. 112p.

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.

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.

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 AG 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.

- Maya, H. Rodríguez, V (2014). Pulgón Amarillo (*Melanaphis sacchari*): Nueva Plaga del Sorgo en Tamaulipas. Mexico. 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.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2016. Uso del insecticida flupyradifurone para el combate del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. 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.
- Schenck, S. and Lehrer, A.T. (2000). Factors affecting the transmission and spread of Sugarcane yellow leaf virus. Plant Disease 84:1085-8
- SENASICA, 2015. Programa de Trabajo de la Campaña Contra el Pulgón Amarillo. Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria 2015. Nayarit. Oficio 03553. D.F. México. 8 p.

SIAP. (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, 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.

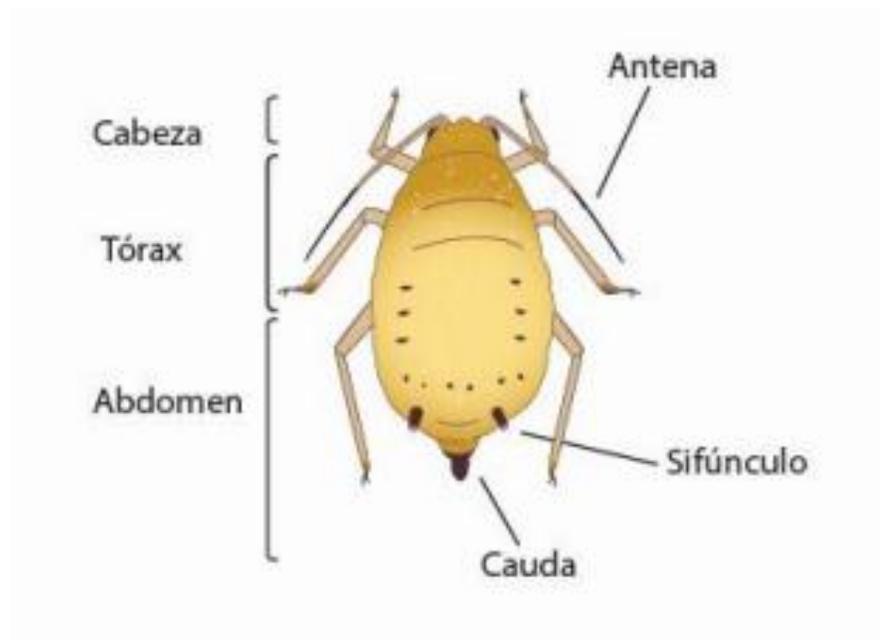
Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. *Annu. Rev. Entomology.* 18: 259-280.

Teakles DS, Shukla DD, Ford RE, virus del mosaico de la caña de azúcar 1989. Las descripciones AAB de virus de plantas N° 342. Wellesbourne, Reino Unido: Asociación de Biología Aplicada, 5.

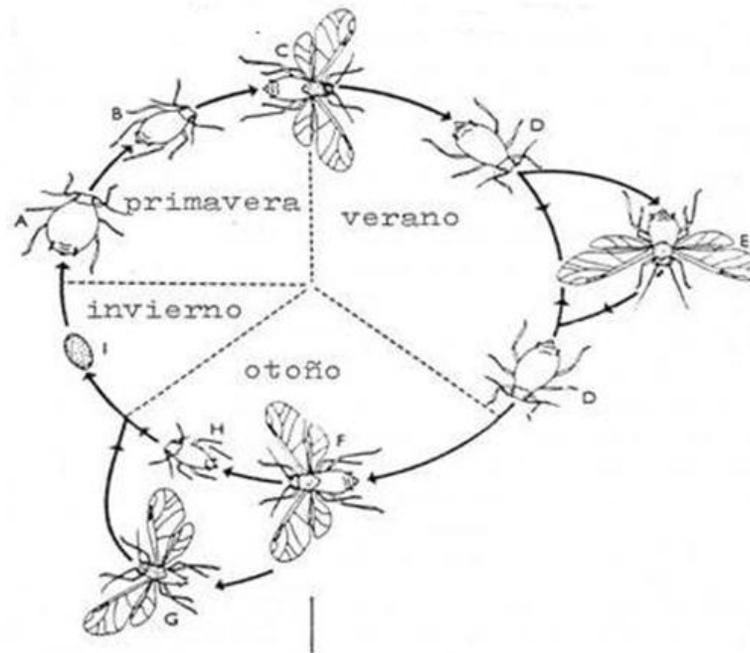
UPOV. (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2017. Sorgo. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento TG/122/4. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Ginebra. 35 p. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg122.pdf>.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

VIII. ANEXOS

8.1. Anexo 1. Morfología del Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS).



8.2. **Anexo 2.** Ciclo biológico del pulgón amarillo del sorgo (PAS).



Referencia: (García Mari et al., 1989a)

A, hembra fundadora;

B, fundatrigena áptera;

C, emigrante;

D, exilada áptera;

E, exilada alada;

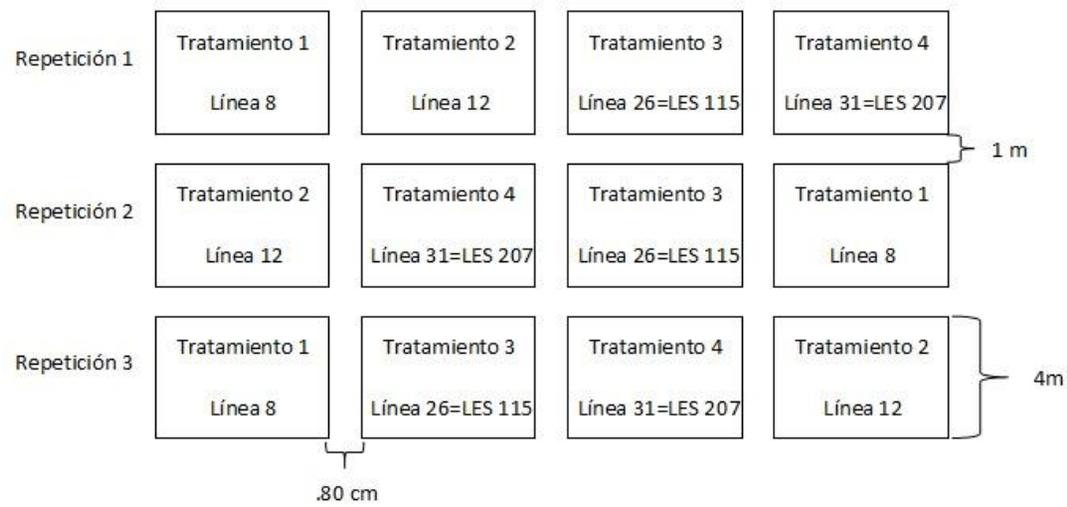
F, sexúpara alada;

G, macho alado;

H, hembra ovípara áptera;

I, huevo

8.3. **Anexo 3.** Croquis de campo del experimento de Pulgón Amarillo del Sorgo (PAS) en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2018, en Xalostoc, Morelos.



En el Anexo 3, se muestra el croquis de campo con la distribución de las parcelas experimentales a nivel de campo en el cual se establecieron 12 surcos de cuatro metros con un arreglo de cuatro tratamientos con tres repeticiones, los cuales corresponden a los genotipos. El diseño experimental fue de bloques completos al azar. La distancia entre surcos fue de 80 cm y el ancho de la calle de 1 metro de distancia.

8.4. **Anexo 4.** Gráfica de concentrado de datos promedios por genotipos y variables evaluadas en sorgo.

