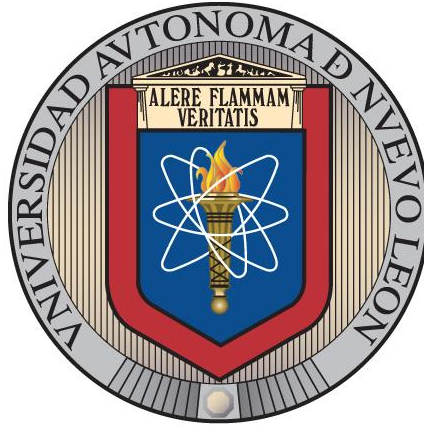

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE SORGO RESISTENTES POR SU
RESPUESTA AL ATAQUE DEL PULGÓN AMARILLO
(*Melanaphis sacchari* Zehntner)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

JESSICA JAIMES ORDUÑA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE SORGO RESISTENTES POR SU
RESPUESTA AL ATAQUE DEL PULGÓN AMARILLO
(*Melanaphis sacchari* Zehntner)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

JESSICA JAIMES ORDUÑA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE SORGO RESISTENTES POR SU
RESPUESTA AL ATAQUE DEL PULGÓN AMARILLO
(*Melanaphis sacchari* Zehntner)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

JESSICA JAIMES ORDUÑA

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

Ph. D. Francisco Zavala García
Asesor principal

Dra. Adriana Gutiérrez Diez
Co-Director

M. C. Nora E. García Treviño
Asesora Auxiliar

Ph. D. Luis Rodríguez del Bosque
Asesor Externo

Ph. D. Juan Antonio Vidales Contreras
Subdirector de Posgrado e Investigación

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

- Lo primero que todo, agradezco a Dios porque nunca me soltó de su mano y me guió siempre a lo largo de este camino.
- Quisiera dedicar este trabajo a mis padres, que con todo su amor, esfuerzo y dedicación me apoyaron y gracias a ellos puedo terminar mis estudios de Maestría.
- Estoy profundamente agradecida al CONACyT por su apoyo económico, mediante una beca de manutención.
- Agradezco a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León por haberme otorgado la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado y por brindarme las facilidades para mi desarrollo personal y académico.
- Deseo expresar mi gratitud a mi comité de tesis por el tiempo dedicado a este trabajo, ya que con sus valiosas aportaciones pudo culminarse. Especialmente agradezco a mi director de tesis, el Dr. Francisco Zavala García por todo su apoyo, sus consejos, sus enseñanzas, su guía y por su confianza; ya que fue crucial para la realización de este trabajo.
- Quiero agradecer a todos mis profesores de la Facultad de Agronomía por el tiempo y apoyo dedicado en sus clases; sobre todo a la Dra. Nancy Medina, al Dr. Elías Treviño, al Dr. Emilio Olivares, al Dr. Alejandro Luna, a la M. en C. Cecilia Castro y al Dr. Cristian Martínez por su amistad, apoyo y guía incondicionales.

- Agradezco de manera especial a la Dra. Orquídea Pérez González por su apoyo infinito, por todo el conocimiento compartido, por su amistad y por darme la oportunidad de seguir creciendo en el área entomológica.
- Me gustaría reconocer también a mis profesores, el Dr. Alejandro Camacho Vera, la Dra. Nancy Villegas, la Dra. Laura Olguín, la Lic. Maria Luisa Amador, el M. en C. Salvador Acosta, el Lic. Armando Guerra Trejo por haberme introducido e inculcarme el amor al área entomológica y botánica, por todo su apoyo, su amistad y su guía desde la carrera.
- Agradezco a la Dra. Marisol Galicia por su amistad y todas las asesorías brindadas.
- Finalmente agradezco a mis amigos que me ayudaron de una manera desinteresada, por su amistad, sus bromas y su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 El sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	4
2.1.1. Historia del origen y distribución.....	4
2.1.2. Clasificación.....	5
2.1.3. Descripción botánica.....	5
2.1.4. Condiciones ecológicas del cultivo.....	6
2.2. El pulgón amarillo <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner).....	7
2.2.1. Clasificación de acuerdo con el Museo Nacional de Historia Natural de Francia (2017)	7
2.2.2. Ciclo de vida y descripción morfológica.....	8
2.2.3. Daños causados por el pulgón en sorgo.....	10
2.2.4. Control.....	10
2.2.4.1. Control genético.....	11
2.2.4.2. Control biológico.....	12
2.2.4.3. Control químico.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Zona de estudio.....	14
3.1.1. Localización del sitio experimental.....	14
3.1.2. Propiedades físicas y químicas del suelo	14
3.1.3. Clima e hidrología.....	15
3.2. Etapa 1. Selección de genotipos en invernadero.....	15
3.2.1. Material genético.....	15
3.2.2. Material no genético.....	17
3.2.3. Fase 1. Cría de pulgón amarillo.....	17

3.2.4.	Fase 2. Desarrollo e infestación de plántulas en invernadero.....	19
3.2.4.1.	Diseño experimental.....	19
3.2.4.2.	Desarrollo del experimento.....	20
3.2.5.	Fase 3. Identificación de resistencia del material genético y evaluación de la presencia del pulgón en plántulas de sorgo.....	21
3.3.	Etapa 2. Evaluación de materiales susceptibles y resistentes a nivel de campo.....	23
3.3.1.	Material genético.....	23
3.3.2.	Material no genético.....	23
3.3.3.	Preparación del suelo.....	24
3.3.4.	Propiedades físicas y químicas del suelo después de su preparación para la siembra en campo.....	24
3.3.5.	Diseño experimental y variables de estudio.....	26
3.3.6.	Establecimiento del experimento.....	32
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.	Resultados de la Etapa 1. Evaluación de genotipos en invernadero.....	34
4.2.	Resultados de la Etapa 2. Evaluación de genotipos en campo.....	39
5.	CONCLUSIONES.....	55
6.	LITERATURA CITADA.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro		
1	Duración en días del ciclo de vida de <i>M. sacchari</i> y descripción morfológica (López y Fernández, 1998; 1999).....	9
2	Pruebas de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Daño de hoja.....	36
3	Pruebas de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Número de pulgones.....	37
4	ANOVA de la interacción Tratamiento*Altura.....	37
5	Prueba de Tukey para la altura entre genotipos en las diferentes parcelas grandes.....	37
6	Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia de la interacción Tratamiento*Altura.....	38
7	Comparación de genotipos por grado de infestación en macetas.....	39
8	Cuadros medios del análisis de varianza y su significancia.....	40
9	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable altura total.....	41
10	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable longitud de panoja.....	42
11	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable longitud de panoja.....	43
12	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable excursión.....	43
13	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable hojas liguladas.....	44
14	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable número de hojas liguladas.....	45
15	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso seco de panoja.....	45
16	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable peso seco de panoja.....	46

17	Prueba de medias de genotipos en la variable peso seco de hojas.....	47
18	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso seco de tallos.....	47
19	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable rendimiento.....	48
20	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable rendimiento.....	48
21	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso de 100 semillas.....	49
22	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable peso de 100 semillas.....	50
23	Prueba de medias de genotipos en la variable grados Brix.....	50
24	Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable número de pulgones.....	52
25	Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable número de pulgones.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura		
1	Localización y relieve del Campus Marín, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (INEGI, 2007).....	16
2	Cría de pulgón amarillo en frascos de cristal.....	18
3	Reproducción de pulgón amarillo.....	18
4	Experimento establecido en invernadero.....	20
5	Infestación de plántulas en invernadero.....	21
6	Toma de datos para la identificación del material genético.....	22
7	Sembradora experimental de cuatro unidades.....	25
8	Preparación del suelo, A) Arado de vertederas, B) Tolva, C) Rastra de 12 discos.....	25
9	Distribución de las parcelas grandes en campo.....	28
10	Ejemplo de croquis utilizado para la distribución de tratamientos en los diferentes genotipos de sorgo.....	29
11	Toma de fotografías con escala para su procesamiento con el software 2D ImageJ Analysis.....	30
12	Conteo de pulgones por medio del software 2D ImageJ Analysis.....	30
13	Conteo de pulgones en computadora.....	31
14	Toma de altura total de la planta.....	31
15	Toma de datos de grados Brix con refractómetro.....	32
16	Cajas de PVC utilizadas para el tratamiento 2, instaladas en campo.....	33
17	Insectos depredadores de <i>M. sacchari</i>	34
18	Avispas parasitoides de <i>M. sacchari</i>	35
19	Muerte de planta de genotipo King Gold® en Tratamiento 2.....	52
20	Número de pulgones por hoja en las diferentes líneas por fechas de muestreo.....	53
21	Producción de cera como mecanismo de defensa.....	54

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la resistencia o susceptibilidad de diferentes líneas de sorgo al evaluar el comportamiento agronómico en su respuesta a la presencia del pulgón amarillo tanto en invernadero como en campo. Bajo condiciones de invernadero se evaluaron 13 genotipos de sorgo más dos testigos, a nivel de plántula, bajo un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas. Con los resultados de este experimento se seleccionaron 4 genotipos contrastantes en su respuesta a la infestación a nivel de plántula, los cuales se evaluaron junto con dos testigos a nivel de campo.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, utilizando como parcela grande a los genotipos y como parcela chica a los tratamientos: 1) Infestación natural, (en el cual se permitió que las plantas fueran infestadas de manera natural con el pulgón amarillo y se diera una interacción con sus enemigos naturales, 2) Infestación natural con jaula (estas plantas se dejaron infestar de manera natural por el pulgón y fueron cubiertas por una caja hecha de tubo de PVC en su estructura y cubierta por tela de organza para evitar que los pulgones que se encontraban dentro tuvieran interacción con sus enemigos naturales y 3) Tratamiento con insecticida (estas plantas fueron fumigadas con una dosis de 2.5 ml/L de Muralla Max para evitar la afectación por el áfido). Se determinó altura total de la planta (AT), longitud de la panoja (LP), excursión (E), número de hojas liguladas (HL), peso seco panoja (PSP), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST), rendimiento (R), peso de 100 semillas (PCS), grados Brix (GB) y número de pulgones por hoja (NP). Se identificaron como líneas tolerantes a la incidencia del pulgón, los materiales Mezquite, LES 7 y LES 6 debido a que estos obtuvieron los valores más bajos de pulgones en el tratamiento dos.

SUMMARY

The objective of this work was to determine the resistance or susceptibility of different sorghum lines when evaluating the agronomic behavior in its response to the presence of yellow aphid both in the greenhouse and in the field. In a greenhouse, 13 sorghum genotypes plus two controls were evaluated, at seedling stage, under a completely randomized design based on divided plots. With the results of this experiment, 4 contrasting genotypes were selected in their response to infestation at the seedling stage, which were evaluated together with the controls at the field stage. A randomized block design was used with an arrangement in divided plots, using the genotypes as a large plot and as a small plot the following treatments: 1) Natural infestation, (in which it will be seen that the affected plants infested naturally with the yellow aphid and there was an interaction with their natural enemies, 2) Natural infestation with cage (these plants will be naturally infested by the aphid and were covered by a box made of PVC pipe in its structure and covered by organza fabric to prevent aphids that are within your interactions with its natural enemies and 3) Treatment with insecticide (these plants were fumigated with a 2.5 ml/L dose of Muralla Max to avoid affectation by the aphid). It was determined total height of the plant (AT), length panicle (LP), excersión (E), number of ligulate leaves (HL), panicle dry weight (PSP), dry leaf weight (PSH), dry weight of stems (PST), yield (R), weight of 100 seeds (PCS), °Brix (GB) and number of aphids per leaf (NP). They were identified as tolerant lines to the incidence of aphid, the materials Mezquite[®], LES7 and LES6 because they obtained the lowest values of aphids in treatment two.

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional por parte de la industria, ya que es utilizado como alimento para el ser humano, como forraje y en la industria del etanol, entre otros (Rebollar *et al.*, 2016).

En México, este cultivo ocupa el segundo lugar en producción de granos, utilizando una superficie aproximada poco más de un millón de hectáreas plantadas anualmente. El 90.17% de esta superficie es destinada a la producción de grano; el 9.61% es para la producción de sorgo forrajero verde, el 0.21% es destinada para el sorgo escobero y por último, el 0.01% se utiliza para la producción de sorgo para semilla. Anualmente se cosechan 5,198.6 millones de toneladas, cuyo valor es de aproximadamente 17,206.3 millones de pesos (SIAP, 2016).

En noviembre de 2013, se reportó por primera vez en México la presencia del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* (Zehntner)) alimentándose de la planta de sorgo y provocando daños severos a la producción de grano en el norte de Tamaulipas (Maya y Rodríguez-del-Bosque, 2014). Este áfido puede atacar en todas las etapas del cultivo del sorgo, pero el daño económico usualmente ocurre durante las etapas posteriores al desarrollo vegetativo. El daño directo que causa

es debido a dos factores: el primero, es la aparición de manchas rojas en las hojas debido a la presencia de una toxina en la saliva del pulgón y el segundo factor es la succión de savia. Lo anterior genera la disminución de la cantidad de nutrientes necesarios para el buen desarrollo de la planta, ocasionando una coloración marrón en las hojas, un retraso en el crecimiento y la afectación en el rendimiento del cultivo; disminuyendo el tamaño de la panoja e inclusive evitando su emergencia si el daño es muy fuerte. Como daño indirecto, sobre la mielecilla que excreta el pulgón se puede desarrollar fumagina afectando la capacidad fotosintética de la planta. Las pérdidas que puede ocasionar oscilan entre el 30 y 70% de la producción, incluso el 100% en casos severos sin control oportuno. Se tienen reportes de 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 (ScYLV, por sus siglas en inglés) y otras enfermedades (Melaku, 1998; SENASICA, 2014).

Debido al alto porcentaje de los daños y a la importancia de la superficie destinada para la producción de sorgo en México, se requiere buscar soluciones para afrontar la problemática que representa este áfido; por ello, en este trabajo se evaluó la respuesta al ataque del pulgón amarillo de 13 genotipos de sorgo para grano.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Identificar genotipos de sorgo resistentes al ataque del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner).

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la presencia y del pulgón amarillo en plántulas de 13 genotipos de sorgo para grano a nivel de invernadero.
- Evaluar genotipos contrastantes en su respuesta a la susceptibilidad y resistencia a nivel de campo bajo: 1) Infestación natural, 2) Infestación natural con jaula de protección y 3) Tratamiento con insecticida.

1.2. HIPÓTESIS

Al encontrar genotipos de sorgo resistentes al ataque del pulgón amarillo, podrán incluirse en la formación de híbridos con mejores características de adaptación a la presencia del áfido.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

2.1.1. Historia del origen y distribución

De acuerdo con Rzedowski y Rzedowski (2001), el sorgo es una planta introducida a América ya que solo crecía en Arabia, India y el noreste de África. Los egipcios llamaban al sorgo “durra” y durante el periodo colonial lo introdujeron a los Estados Unidos al ofrecerlo al público de Illinois como el “maíz egipcio”; sin embargo, fue en Georgia el primer lugar donde comenzó a cultivarse de manera extensiva y posteriormente se fue extendiendo el cultivo a las diferentes regiones hasta extenderse por toda América (Vinall *et al.*, 1936).

En la actualidad, el sorgo se cultiva en Arizona, Arkansas, Colorado, Georgia, Illinois, Kansas Louisiana, Mississippi, Missouri, Nebraska, al norte de Carolina, Oklahoma, al sur de Dakota y Texas; con un área aproximada de 6.16 millones de acres, lo que equivale a 2´434,588.824 ha (USDA, 2017) y en México, el sorgo se cultiva en poco más de un millón de hectáreas plantadas anualmente (FIRA, 2016).

2.1.2. Clasificación

Los catálogos de autoridades taxonómicas también conocidos como Catálogos Nomenclaturales o *Authority files*, son bases de datos que reúnen toda la información taxonómica de los nombres válidos o aceptados de las especies pertenecientes a un grupo biológico particular. La información que a continuación se presenta, está jerarquizada de acuerdo con un sistema de clasificación reconocido por el Sistema Integrado de Información Taxonómica de CONABIO (Heike, 2009):

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae

Género: *Sorghum*

Especie: *Sorghum bicolor* (L.) Moench

2.1.3. Descripción botánica

El sorgo para grano, es una planta anual, con una altura que varía de 80 cm a más de 2 m; presenta un tallo suculento con entrenudos; láminas foliares glabras o pubescentes de 60 cm o más de longitud, de 1 a 7 cm de ancho, planas, onduladas en los márgenes, ápices doblados, largamente acuminados; su inflorescencia es

en forma de panícula compacta de 10 a 40 cm de longitud, con los pedicelos gruesos; las espículas están dispuestas en pares, presenta una forma ovalado-lanceolada, elíptico-lanceolada u obovada, de 5 a 6 mm de longitud, de 2.5 a 3.5 mm de ancho; glumas pubescentes, lema y pálea hialinas, ligeramente menores que las glumas, la lema con una arista caediza, de 4 a 5 mm de longitud, sin arista (Rzedosaki y Rzedowski, 2001); el sistema radical adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de enraizado es generalmente de 1 a 1.3 m, con 80% de las raíces en los primeros 30 cm. El número de pelos absorbentes puede ser el doble que en maíz, las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (Zeledón *et al.*, 2007).

2.1.4. Condiciones ecológicas del cultivo

En general, el sorgo puede cultivarse desde 0 a 1,000 msnm; sin embargo, las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 msnm. En cuestión del suelo, el sorgo es bastante susceptible a la deficiencia de Fierro, Zinc y Manganeso; especialmente en suelos de zonas semiáridas con altos niveles de Carbonato de Calcio. Estas deficiencias pueden observarse 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 que puede variar entre 5.5 y 7.8. Requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción. Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40° C. Temperaturas fuera de este rango provoca el aborto

de flores. Dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo de manda para su desarrollo y floración (Zeledón *et al.*, 2007).

2.2. El pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner)

El pulgón, *Melanaphis sacchari* (Z.) es un insecto que ataca diferentes cultivos, fundamentalmente gramíneas, reduciendo grandemente los rendimientos y la calidad de las producciones, en este caso de sorgo (Bowling *et al.*, 2016).

2.2.1. Clasificación de acuerdo con el Museo Nacional de Historia Natural de Francia (2017)

A *Melanaphis sacchari* se le conoce comúnmente en el idioma español como áfido del sorgo, pulgón amarillo de la caña de azúcar o del sorgo; sin embargo, en el habla inglesa se le conoce como cane aphid, sorghum aphid sugar cane aphid; y entre los países francófonos se le conoce como puceron de la canne à sucre o puceron du sorgho (Hiltbrunner *et al.*, 2012). Todos estos nombres denominan al organismo con la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Hexapoda

Subclase: Insecta

Infraclase: Pterygota

Clado: Neoptera

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Aphidoidea

Familia: Aphididae

Género: *Melanaphis*

Melanaphis sacchari

Especie: (Zehntner)

2.2.2. Ciclo de vida y descripción morfológica

El ciclo de vida de la especie es de 16 días en ápteros y 9 días en alados (Cuadro 1). La longevidad de los alados es mucho menor que en los ápteros y aparecen con menor frecuencia (4:132). De acuerdo con López y Fernández (1999) a los nueve días se produce el grueso de la población de los individuos. Estos resultados se obtuvieron en condiciones controladas de laboratorio a 21 °C; sin embargo, la variación de la temperatura puede acelerar o disminuir el tiempo del ciclo de vida (Setokuchi, 1973).

Cuadro 1. Duración en días del ciclo de vida de *M. sacchari* y descripción morfológica (López y Fernández, 1998; 1999)

Estadio	Duración en días	Descripción
1ra. Ninfa	2.06	Son de color gris bastante pálido, de tamaño pequeño (735.3x341.0 μ), se caracterizan por poseer cuatro segmentos antenales y presentar pocas setas. El primer segmento del rostro está poco desarrollado, presenta dos pelos basales, dos secundarios y dos apicales. No se observa triomatidido. Los sífúnculos son pequeños y sin reborde diferenciado. La cauda presenta solamente dos setas largas.
2da. Ninfa	1.74	El color se acentúa ligeramente, se diferencia en alguna medida en el tamaño que asciende a 894.0x530.5 μ . Presenta cinco segmentos antenales con mayor número de setas. Presenta 12 setas en la cabeza, que prevalecen hasta la fase de imago. Los sífúnculos aumentan en tamaño y se percibe más diferenciado el reborde. La cauda es similar, pero además de aumentar el tamaño, se observan siete setas. El rostro es más grande, pero tiene la misma cantidad de setas que la primera ninfa.
3ra. Ninfa	1.34	Tiene idéntico color y tamaño (1145.3x629.6 μ). La antena es más desarrollada y aumenta en longitud. Se empiezan a formar los triomatididos de los ojos compuestos. El rostro es de mayor tamaño con dos setas adicionales a las que están presentes en el estadio anterior. Los sífúnculos aumentan en tamaño. Se observan ocho setas en la cauda.
4ta. Ninfa	1.76	Presenta igual color con tamaño de 1410.0x812.3 μ . El triomatidido se hace más visible. La cauda presenta nueve setas. El resto de las estructuras son similares a la tercera ninfa, pero más desarrolladas.
Áptero	9.26	El color es gris pardo oscuro, que se acentúa a medida que aumenta la edad. Tiene un tamaño de 1708.0x1142.3 μ . Las estructuras son mucho más robustas y totalmente desarrolladas. El proceso terminal de la antena es más grande que el resto de los segmentos, presenta dos rinarios primarios, uno en el quinto segmento y otro en la parte basal del proceso terminalis. Los ojos compuestos presentan triomatidido bien desarrollado. Los sífúnculos son alargados. La cauda aumenta bastante el tamaño y toma una forma globosa con 11 largas setas. Por primera vez se observa la placa genital, la cual tiene los bordes curvos y tiende a ser un óvalo, presenta 10 setas en el borde inferior y cuatro más largas en la zona central. La placa anal está dividida por un surco central y a cada lado presenta 12 setas grandes.
Alado	2.25	Cuerpo oscuro con dos pares de alas transparentes. Es más pequeño que el áptero (1457.0x584.6 μ). Esclerización en el tagma torácico. El proceso terminal de la antena es más grande que el resto de los segmentos.

Presentan 11 o 13 rinarios secundarios en el tercer segmento antenal, dos o a veces ninguno en el cuarto segmento, así como dos rinarios primarios uno en el quinto segmento y otro en la parte basal del proceso terminalis. Los ojos compuestos presentan también triomatidid bien desarrollado. Los sífúnculos son de menos tamaño. La cauda tiende a ser triangular y es más pequeña con menor número de setas. La placa genital es muy parecida aunque tiende a ser menos curva, hay diferente distribución de las setas, 13 en el borde inferior y 4 en la zona central de menor tamaño. La placa anal también está dividida por un surco central y presenta 10 setas grandes a cada lado.

2.2.3. Daños causados por el pulgón en sorgo

El daño ocasionado en sorgo por este insecto, depende de un gran número de factores, entre los que se incluyen las densidades de población y la duración de la infestación. El sorgo puede infestarse por esta plaga, tan pronto como emerge la plántula, pero las infestaciones significativas se presentan durante las últimas etapas de crecimiento de la planta y en períodos secos. El insecto infesta el envés de las hojas, que muestra manchas y rayas que se tornan de color rojo o marrón. El insecto excreta una sustancia azucarada sobre la superficie de la hoja lo que lleva a la formación de fumagina. El resultado final de la invasión es la reducción de la calidad del producto y la pérdida de rendimiento a la cosecha (SENASICA, 2014).

2.2.4 Control

La presencia del pulgón amarillo en diferentes países, diversos investigadores se han dedicado a encontrar una solución al problema de esta plaga. De esta forma,

en la literatura se encuentran diferentes métodos de control, el genético, biológico, químico y el cultural (Armstrong, 2015, 2016; Rodríguez-del Bosque, 2016; Sharma *et al.*, 2013a, b).

2.2.4.1. Control genético

La resistencia genética, sobre todo de híbridos de sorgo con tolerancia o resistencia, ha sido una táctica usada en el manejo en campo de esta plaga, debido a su facilidad de uso y su compatibilidad con los enemigos naturales (Brewer y Elliot, 2004)

El uso de variedades resistentes de sorgo como alternativa sustentable para el manejo de esta plaga ha sido motivo de trabajo de investigadores de todo el mundo. Van den Berg (2002) evaluó híbridos en Sudáfrica durante diferentes temporadas, destacando PAN 8446 al tener un 24% de pérdidas en la producción. Sharma *et al.* (2013b) evaluaron la respuesta de 7 líneas de sorgo (ICSB 215, 323, 724; ICSR 165; ICSV 12001, 12004; IS 40615), las cuales tuvieron diferentes respuestas a la resistencia del pulgón y al rendimiento.

En México, se han realizado estudios de variedades de sorgo para detectar resistencia al pulgón amarillo. En el norte de Tamaulipas se evaluó la susceptibilidad de 27 híbridos comerciales de sorgo al ataque del áfido en cinco ensayos durante el período 2014-2017. En todos los ensayos, cada híbrido se evaluó en parcelas con y sin aplicación de insecticida. Mezquite® fue el híbrido que

consistentemente mostró la mayor tolerancia al ataque del pulgón amarillo del sorgo. Los híbridos G-Star 7208 (misma genealogía que Mezquite®), Supremo 1672, Asgrow Pulsar, QL50, WS 2206 y Pioneer 83P56, de reciente introducción a la región, también mostraron una no preferencia/antibiosis aceptable a la plaga. En contraste, los híbridos que consistentemente mostraron mayor susceptibilidad a la plaga fueron DK-54, DKS-32, DKS-60, Anzu-4300, Plomo, MSK-352 y GStar7609, con pérdidas hasta del 95 % (Rodríguez-del-Bosque, 2016).

Otro trabajo fue realizado en Guanajuato, México los híbridos Mezquite, G-Star 7208 y QL50 también mostraron tolerancia al áfido (Quijano *et al.*, 2017).

2.2.4.2. Control biológico

A la fecha se conocen varias especies de insectos que son depredadores del pulgón amarillo, particularmente del orden Coleoptera familia Coccinellidae. En Sudáfrica, se tienen registros de *Cheilomenes propinqua* (Mulsant), *C. lunata* (Fabricius), *Chilocorus nigritus* (F.) y *Scymnus morelleti* (Mulsant) (Van Resburg, 1973). Hall (1988) enlistó para Estados Unidos, especies adicionales como *Coleomegilla maculata* (degeer), *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, *Cycloneda sanguinea* (L.) y *Olla v-nigrum* (Mulsant).

En México la presencia de coccinélidos ha sido reportada en los estados de Durango, Tamaulipas, Morelos y Chiapas, tal es el caso de *H. convergens*, *Olla v-nigrum*, *C. maculata*, *Harmonia axyridis* Pallas, *C. munda*, *C. sanguinea*, *Diomus*

terminates (Say), *Scymnus (Pullus) sp.*, *S. (Pullus) loewii* Mulsant, *D. roseicollis* (Mulsant) y *Brachiacantha decora* Casey, *C. septempunctata* (L.), *Hyperaspis wickhami* Casey (Vázquez-Navarro *et al.*, 2016; Rodríguez-Velez *et al.*, 2016; Provisor-Bermudez y López-Martínez, 2016).

2.2.4.3. Control químico

En 2014, Rodríguez-del-Bosque y Terán (2015) evaluaron 25 insecticidas de diversos grupos químicos, de los cuales, cinco productos (Imidacloprid, Sulfoxaflor, Spirotetramat, Thiametoxam y Flupyradifurone) mostraron una mayor efectividad (>95 %). Este control es recomendado solo cuando el pulgón amarillo ha alcanzado el umbral económico (50 pulgones/hoja).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

3.1.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Agrícola de la Unidad Académica Marín, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, el cual se localiza en el Km 17 de la Carretera Zuazua-Marín, en el municipio de Marín, N. L.; siendo sus coordenadas geográficas de 25° 53´ Latitud Norte y 100° 03´ Longitud Oeste, con una altitud de 357 msnm (Figura 1).

3.1.2. Propiedades físicas y químicas del suelo

De acuerdo con el método del hidrómetro de Boyoucus, el suelo presenta un 41.28% de arena, 32.72% de arcilla y 26% de limo, lo que indica que de acuerdo al triángulo de clasificación de texturas el suelo está dentro de la clasificación de migajón arcilloso.

Este suelo contiene 5.1722 mEq/mL de materia orgánica, un pH de 8.29 y una conductividad eléctrica de 1.28 mS/cm. De acuerdo con Rodríguez-Fuentes (2011),

el suelo tiene un porcentaje mediano de materia orgánica y es un suelo moderadamente alcalino y no salino.

3.1.3. Clima e hidrología

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), el municipio de Marín, N. L. presenta un clima característico del tipo: BS (h') hx' (e'), esto es, un clima de desierto estepario donde la temperatura se eleva a 40°C ó más en el verano y puede descender a varios grados bajo cero durante el invierno.

3.2. Etapa 1. Selección de genotipos en invernadero

El objetivo de esta etapa fue llevar a cabo la identificación de genotipos resistentes y susceptibles al ataque del pulgón amarillo de un grupo de 13 materiales experimentales de respuesta desconocida.

3.2.1. Material genético

El material genético utilizado consistió de 13 genotipos de sorgo provenientes del Programa de Mejoramiento Genético del Sorgo de la Facultad de Agronomía de la UANL (LES1, LES2, LES3, LES4, LES5, LES6, LES7, LES8, LES9, LES10, LES11, LES12, LES13), Además, se probó un genotipo susceptible (King Gold®) y un genotipo resistente (Mezquite®), teniendo un total de 15 genotipos para el presente trabajo de investigación.

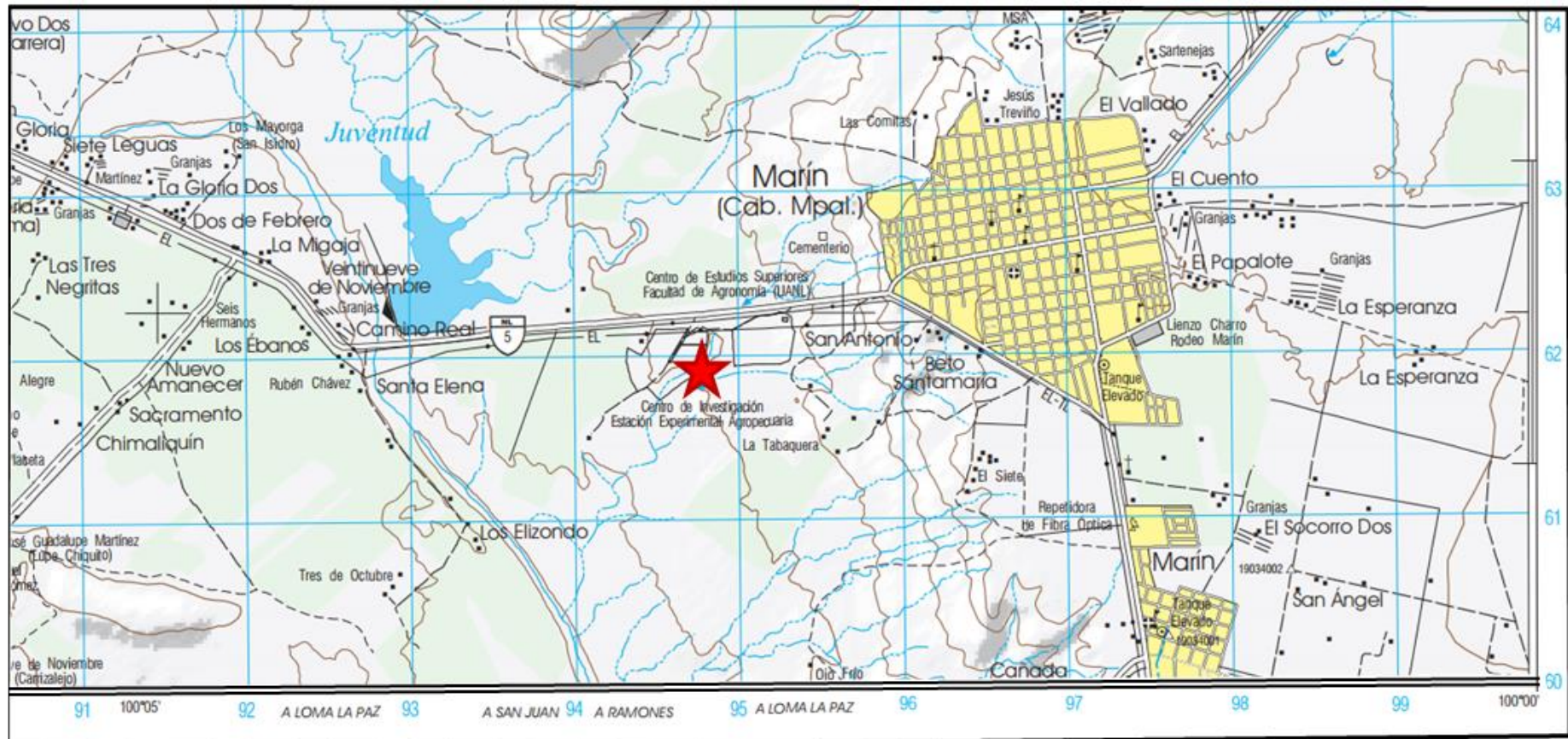


Figura 1. Localización y relieve del Campus Marín, Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (INEGI, 2007)

3.2.2. Material no genético

Para la ejecución de labores en esta etapa experimental se utilizaron frascos de cristal de 1L de capacidad, invernadero hermético para evitar la entrada y salida de insectos, macetas de PVC de 16 cm de diámetro por 17 cm de alto, peat moss, estereoscopio, aguja de disección, cinta métrica, insecticida (Muralla Max[®], BAYER), bolsas de papel estraza y báscula eléctrica.

Para realizar este trabajo, la etapa se dividió a su vez en tres fases.

3.2.3. Fase 1. Cría de pulgón amarillo

Se colectó un pie de cría en campo, el cual consistió de diez hembras adultas para su reproducción; estas fueron seleccionadas minuciosamente para que no tuvieran problemas de parasitismo. Cada una fue colocada en frascos de cristal transparente con capacidad de 1L; se agregaron 40 ml de agua y una plántula de sorgo con raíz de 20 días del genotipo King Gold[®] como alimento. La plántula y el agua se cambiaron cada tercer día (Figura 2). De acuerdo al ciclo biológico del insecto (Figura 3), las diez hembras adultas, se mantuvieron en un rango de temperatura que oscilaba entre 20° C y 27° C y luz natural (López y Fernández, 1999) para su reproducción y utilización en la infestación de las plántulas.



Figura 2. Cría de pulgón amarillo en frascos de cristal.

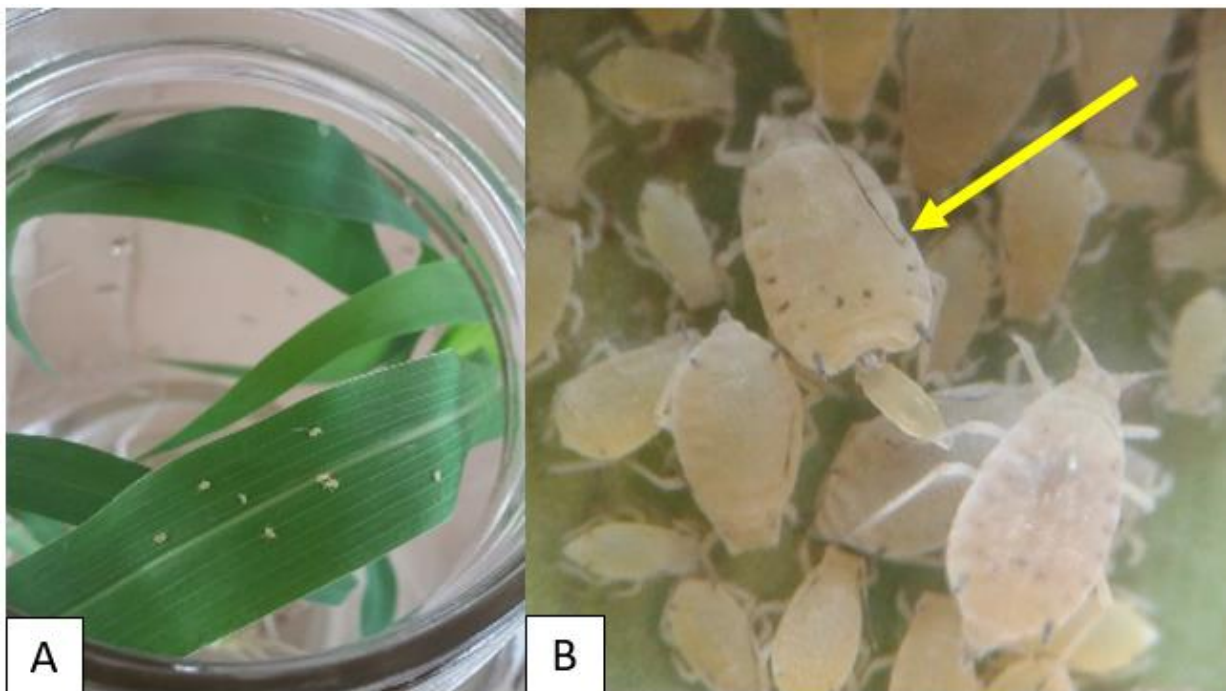


Figura 3. Reproducción de pulgón amarillo. A) Ninfas y adultos de pulgón amarillo reproducidos en los frascos, B) Momento exacto en el que una hembra adulta se reproduce por partenogénesis dentro del frasco.

3.2.4. Fase 2. Desarrollo e infestación de plántulas en invernadero

3.2.4.1. Diseño experimental

El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo en Parcelas Divididas. Se establecieron dos parcelas grandes (a y b), que consistieron en (a) plántulas infestadas con pulgón (10 áfidos adultos por cada plántula y (b) plántulas sin infestar y tratadas con insecticida. Cada una de las parcelas grandes estuvo compuesta por 15 parcelas chicas (genotipos).

La unidad experimental fue de dos plantas (macetas) por tratamiento y se utilizaron tres repeticiones. El total de unidades experimentales fue de 90 (45 por cada parcela grande).

En la Figura 4 se observa el experimento establecido en el invernadero y la distribución de las unidades experimentales: Parcelas Grandes (a) y (b); en las imágenes laterales se observan los pulgones ya depositados sobre las plantas en el tratamiento con infestación y la forma de aplicación de insecticida (Muralla Max[®], BAYER) para el control del pulgón en la parcela grande correspondiente.

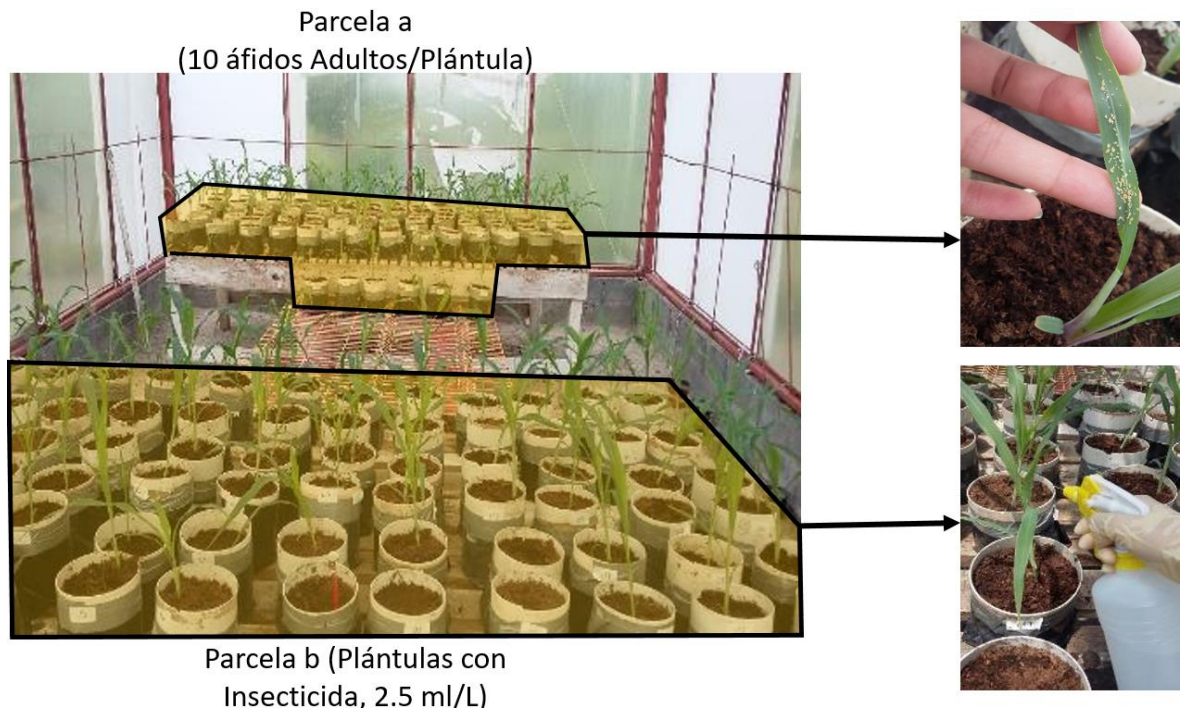


Figura 4. Experimento establecido en invernadero.

3.2.4.2. Desarrollo del experimento

El día 30 de abril del 2018 se sembraron cuatro semillas de cada genotipo de sorgo en macetas cilíndricas de 16 cm de diámetro por 17 cm de alto utilizando como sustrato peat moss. Las plántulas crecieron durante 30 días, tiempo en el cual apareció la segunda hoja ligulada bajo las condiciones climáticas de Marín, Nuevo León; las plántulas se infestaron con diez pulgones adultos (Starks y Burton, 1977) el día 17 de mayo del 2018 (Figura 5).

Esta etapa duró 96 días a partir de la siembra hasta la etapa de la toma de datos que fue el 20 de agosto de 2018.



Figura 5. Infestación de plántulas en invernadero

3.2.5. Fase 3. Identificación de resistencia del material genético y evaluación de la presencia del pulgón en las plántulas de sorgo

Las variables medidas en planta fueron (Figura 6): 1) la altura de la planta (midiendo desde la base del tallo hasta la punta de la última hoja desarrollada), 2) el número de pulgones y 3) el daño en la hoja bajo la escala de Starks y Burton (1977), la cual considera los siguientes valores: 1= la hoja no presenta manchas rojas, 2= la hoja presenta manchas rojas, 3= la hoja

presenta una parte necrótica, 4= la planta presenta una hoja seca por efecto del pulgón, 5= dos a tres hojas secas, 6= cuatro a cinco hojas secas, 7= seis a siete hojas secas, 8= ocho hojas secas y 9= planta muerta.

Con los datos de cada variable, se realizó una prueba de Chi-cuadrada y un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencia entre los genotipos, en caso de significancia se aplicó la prueba de comparación de medias (Tukey). Los datos se analizaron en el paquete estadístico Diseños Experimentales FAUANL 2.5 (Olivares, 1995).

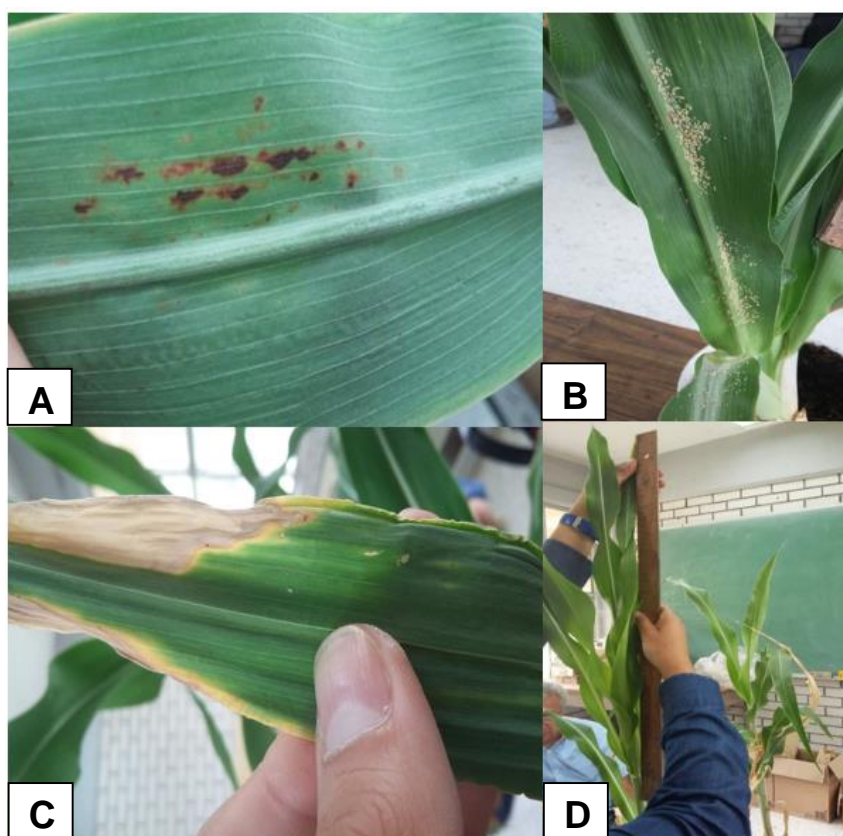


Figura 6. Toma de datos para la identificación del material genético. A) Presencia de manchas rojas, B) Número de pulgones, C) Partes necróticas de la hoja, D) Medición de la altura de la planta

3.3. Etapa 2. Evaluación de materiales susceptibles y resistentes a nivel de campo

3.3.1. Material genético

El material genético utilizado consistió de seis genotipos, dos identificados a nivel de invernadero en la Etapa 1 como resistentes (LES6, LES3) y dos susceptibles (LES4, LES7). Además, se contó como control susceptible King Gold[®] debido a observaciones previas en campo y, como control resistente a la variedad Mezquite[®] (INIFAP, 2017), teniendo un total de seis genotipos para el presente trabajo de investigación.

3.3.2. Material no genético

Para el trabajo establecido en campo, se utilizó un tractor, arado de discos, arado de vertederas, tolva para fertilización con gallinaza, sembradora experimental de cuatro unidades (Figura 7), azadones, mochila para aspersion de insecticida, jaulas para la cría del pulgón (0.80 x 1.00 x 1.97 m) cubiertas con tela de organza, herramientas de madera y caucho para el trillado manual del sorgo, bolsas de papel estraza, balanza eléctrica, probeta de 100 mL.

3.3.3. Preparación del suelo

Antes de la siembra, en el mes de mayo del 2018 el suelo se roturó mediante el paso del arado de vertederas; posteriormente, por medio de una tolva se fertilizó con 0.415 ton (0.82kg/m²) de gallinaza [Nitrógeno (N)=2%, Fósforo (P₂O₅)=5%, Potasio (K₂O)=3%, Materia Orgánica=30%, Materia Inerte=5% y un porcentaje de humedad=14%], finalmente se cruzó con una rastra de 12 discos (Figura 8).

3.3.4. Propiedades físicas y químicas del suelo después de su preparación para la siembra en campo

De acuerdo con el método del hidrómetro de Boyoucus, el suelo presenta un 41.28% de arena, 32.72% de arcilla y 26% de limo, lo que indica que de acuerdo al triángulo de clasificación de texturas el suelo está dentro de la clasificación de migajón arcilloso.

Este suelo contiene 7.527 mEq/mL de materia orgánica, un pH de 8.32 y un valor de 1.34 mS/cm para conductividad eléctrica.



Figura 7. Sembradora experimental de cuatro unidades

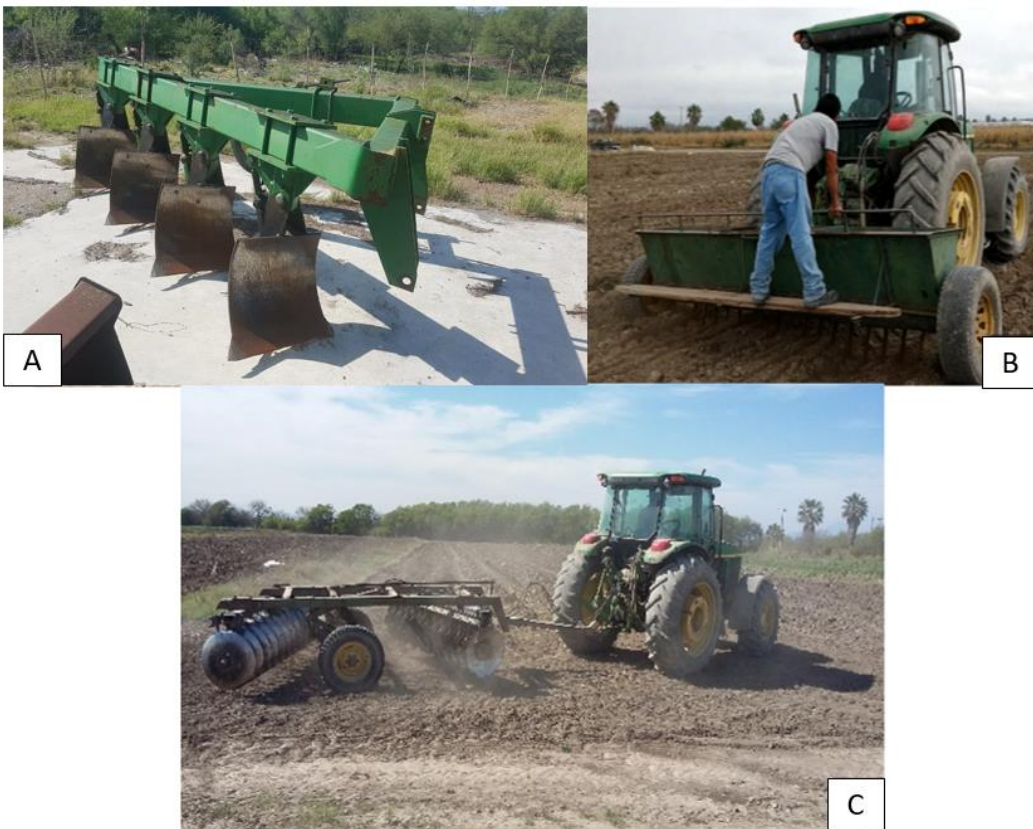


Figura 8. Preparación del suelo. A) Arado de vertederas, B) Tolva, C) Rastra de 12 discos

3.3.5. Diseño experimental y variables de estudio

El 11 de agosto de 2018 se realizó la siembra del ensayo a nivel de campo (Primavera-Verano 2018); se utilizó un lote de 22.4 m de ancho por 54 m de largo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones. En la Figura 9 se muestra la distribución de las parcelas grandes que correspondieron a los seis genotipos siguientes: King Gold® (susceptible) y Mezquite® (resistente), LES6 (resistente), LES3 (resistente), LES4 (susceptible) y LES7 (susceptible), identificados con respuesta a susceptibilidad o resistencia de acuerdo con la Etapa 1. La parcela grande consistió de 12 surcos de ancho espaciados de 0.80 m y 5 m de largo, bajo condiciones de riego por cintilla.

La parcela chica correspondió a los tratamientos siguientes: T1) Infestación natural; T2) Infestación natural con jaula; T3) Sin infestación con insecticida. En la Figura 10 se muestra el ejemplo de la distribución correspondiente a la Repetición 1, se aprecia también el tamaño de la unidad experimental utilizada para cada parcela chica.

En cada uno de los tratamientos mencionados en el párrafo anterior se tomaron en cuenta una serie de variables que fueron medidas utilizando una muestra de tres plantas de cada unidad experimental; éstas se describen a continuación:

Número de pulgones por planta:

Para esta variable se midió cada semana a partir del 21 de septiembre de 2018 hasta el día de la cosecha; para este proceso se tomaron fotografías de tres hojas infestadas (una superior, intermedia e inferior) por planta (Figura 11). Para la contabilización del insecto se utilizó el software 2D ImageJ Analysis (Figura 12) hasta cuando la infestación lo permitió, ya que las hojas presentaron una clorosis muy marcada que impidió seguir utilizando este programa; por lo cual, se recurrió a contabilizar los áfidos en forma directa mediante la observación de las imágenes por computadora (Figura 13). Una vez con estos datos se sacó un promedio de pulgones por hoja. Posteriormente se sacó un promedio por unidad experimental.

Variables registradas al momento de la cosecha:

1. Altura total de la planta (cm). La determinación de esta variable se hizo partir de la base de la planta hasta la punta de la panoja (Figura 14).
2. Longitud de la panoja (cm). Para esta variable la medición se hizo a partir de la base de la panoja hasta la punta de la misma.
3. Excursión (cm). Se midió la longitud de excursión desde la hoja ligulada hasta el primer nudo de las ramas del raquis de la panoja.
4. Número de hojas liguladas.
5. Días a floración (días). Se contabilizó a partir de la fecha de siembra hasta observar el 50% de apertura floral en la panoja.
6. Grados Brix por medio de un refractómetro (Figura 15).
7. Rendimiento (kg/ha).

8. Peso de 100 semillas (g). Se contó una muestra de cien semillas al azar para después pesarla en una balanza eléctrica.
9. Peso seco promedio de tallo (g).
10. Peso seco promedio de hojas (g).
11. Peso seco promedio de panoja (g).

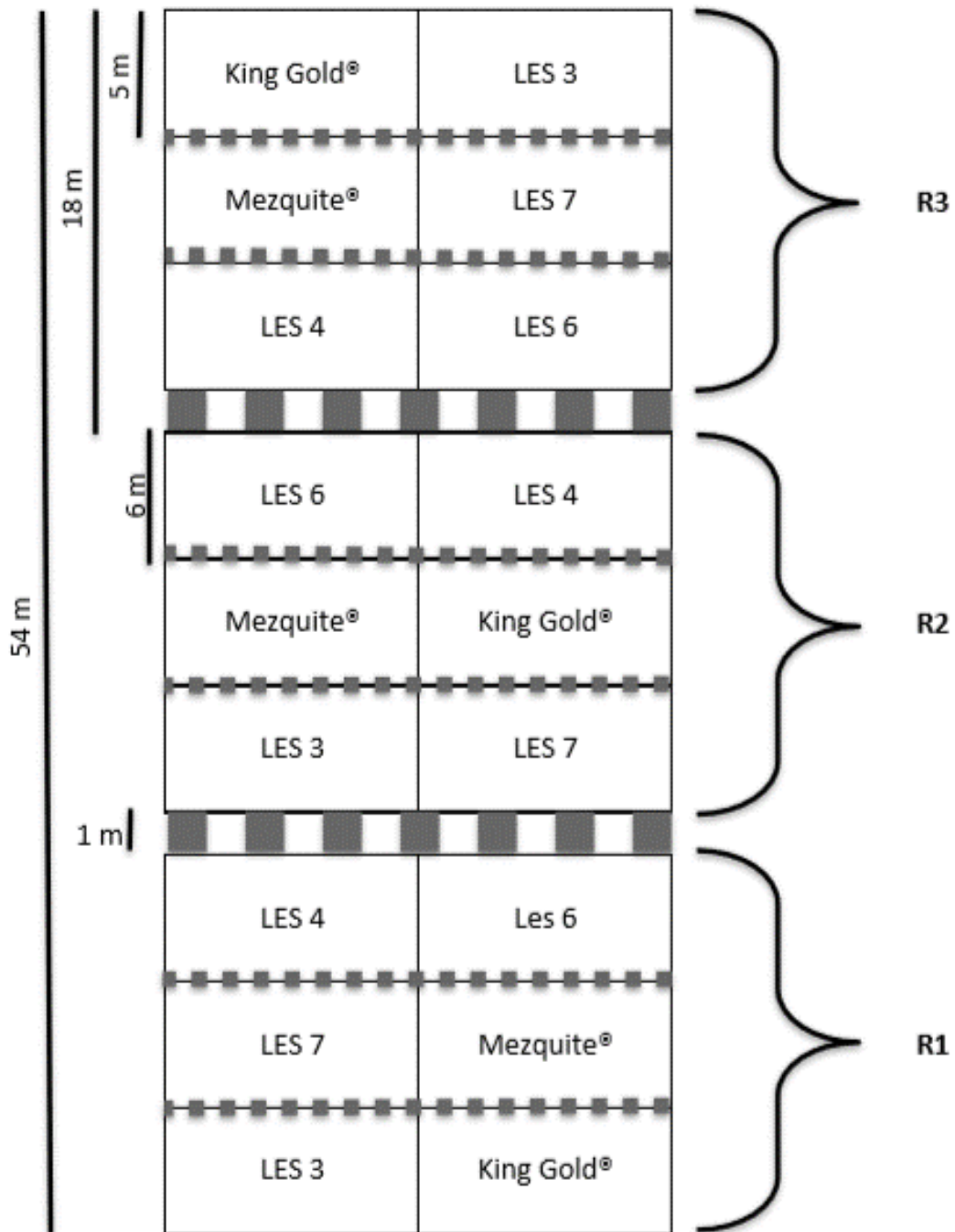


Figura 9. Distribución de las parcelas grandes en campo

MARÍN OTOÑO 2018

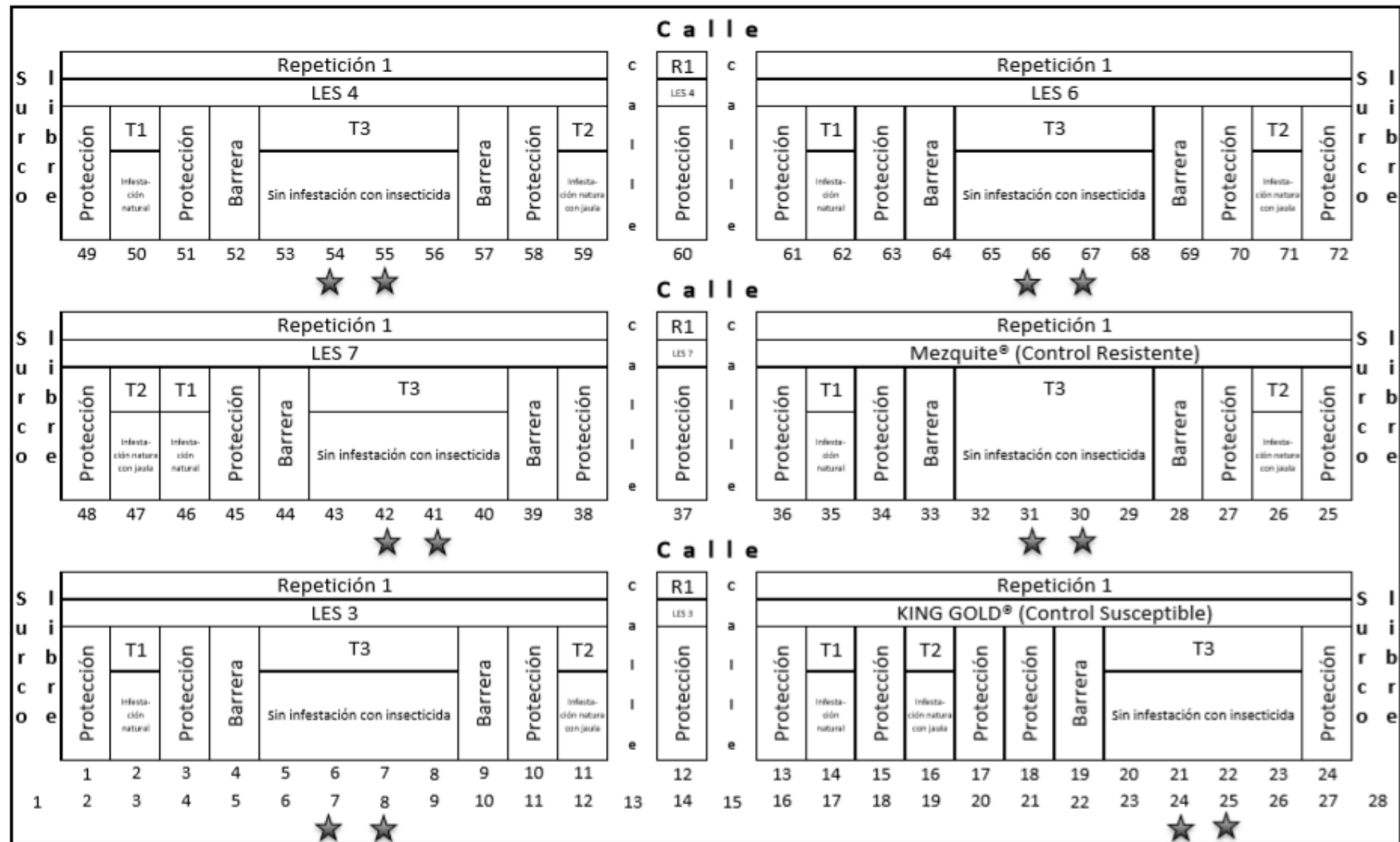


Figura 10. Ejemplo del croquis utilizado para la distribución de tratamientos en los diferentes genotipos de sorgo. Los surcos marcados con (★), representan aquellos de los cuales fueron tomados los datos en el tratamiento 3.

Con los datos de cada variable, se realizó un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencia significativa entre los genotipos de sorgo, en caso de significancia se aplicó la prueba de comparación de medias (Tukey). Los datos se analizaron en el paquete estadístico InfoStat.



Figura 11. Toma de fotografías con escala para su procesamiento con el software 2D ImageJ Analysis

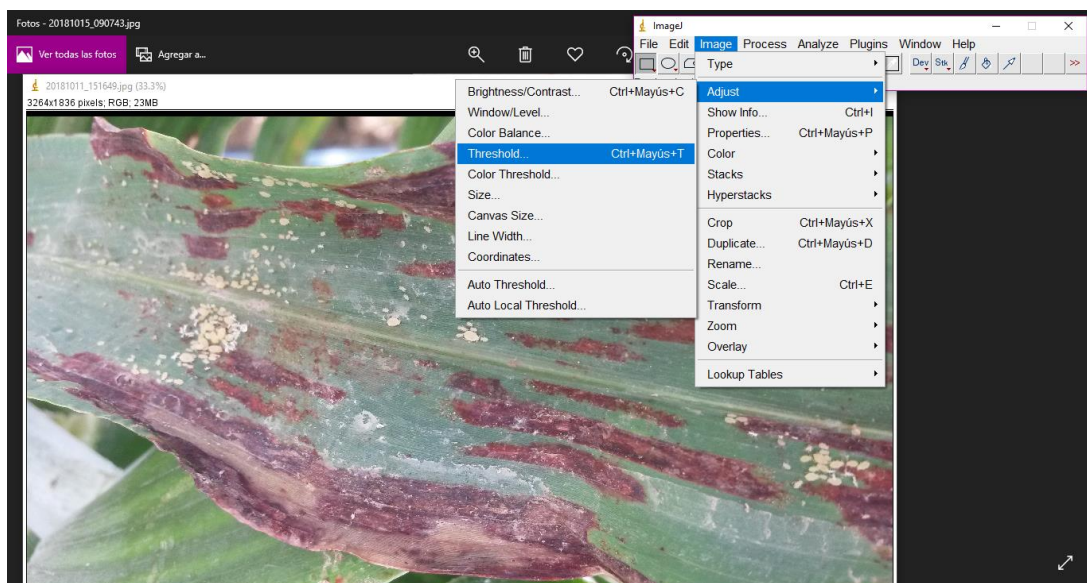


Figura 12. Conteo de pulgones por medio del software 2D ImageJ Analysis

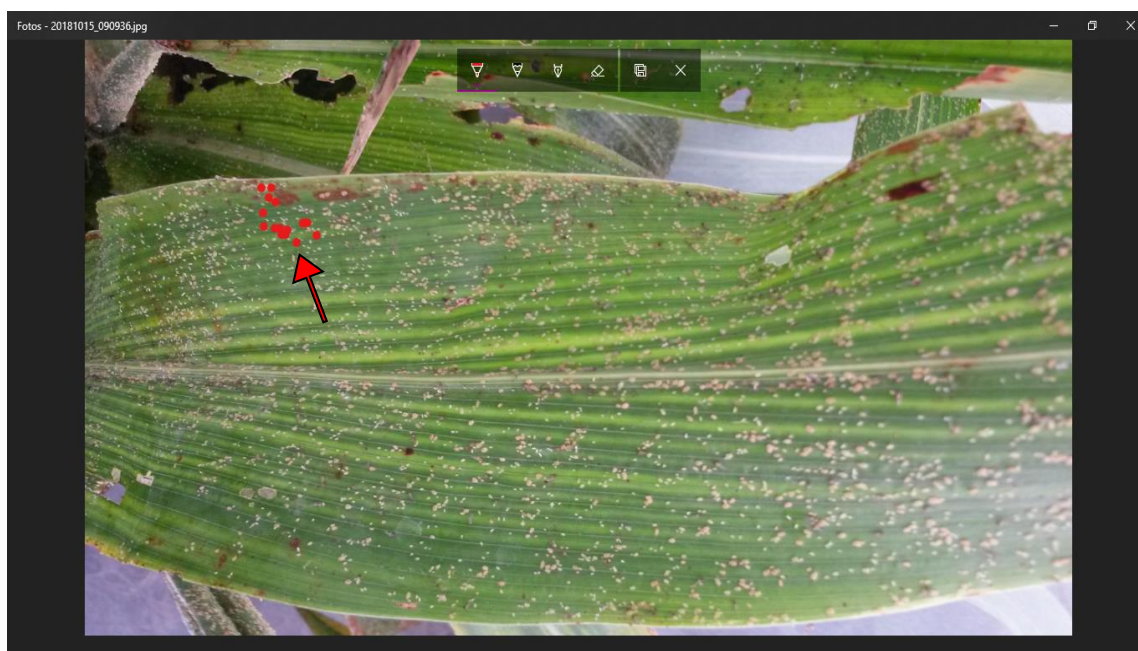


Figura 13. Conteo de pulgones en computadora



Figura 14. Toma de altura total de la planta



Figura 15. Toma de Grados Brix con refractómetro

3.3.6. Establecimiento del experimento

El inicio de los tratamientos fue el 21 de septiembre de 2018, fecha en la que comenzó la infestación natural del cultivo con *M. sacchari*. Los tratamientos fueron: 1) Infestación natural (en el cual se permitió que las plantas fueran infestadas de manera natural con el pulgón amarillo y se diera una interacción con sus enemigos naturales, 2) Infestación natural con jaula (estas plantas se dejaron infestar de manera natural por el pulgón y fueron cubiertas por una caja hecha de tubo de PVC en su estructura y cubierta por tela de organza para evitar que los pulgones que se encontraban dentro tuvieran interacción con sus enemigos naturales (Figura 16) y

3) Tratamiento con insecticida (estas plantas fueron fumigadas con una dosis de 2.5 ml/L de Muralla Max para evitar la afectación por el áfido).



Figura 16. Cajas de PVC utilizadas para el tratamiento 2, instaladas en campo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la Etapa 1. Evaluación de genotipos en invernadero.

En la labor de escrutinio de selección de pulgones en campo para la fase 1 de esta etapa, se detectaron insectos que fungen como control biológico de *M. sacchari*. Dentro de estos, se identificaron como depredadores a crisopas (Neuroptera: Chrysomelidae), sírfidos (Díptera: Syrphidae) y primordialmente catarinas (Coleoptera: Coccinellidae), dentro de las cuales se registró por primera vez como depredador de *M. sacchari* dos especies, *Chilocorus cacti* y *C. stigma* (Jaimes-Orduña *et al.*, 2018) (Figura 17); como insectos parasitoides fueron identificadas dos avispas (Hymenoptera: Braconidae y Pteromalidae) (Figura 18), dentro de las cuales, la más abundante era la de la familia Braconidae.

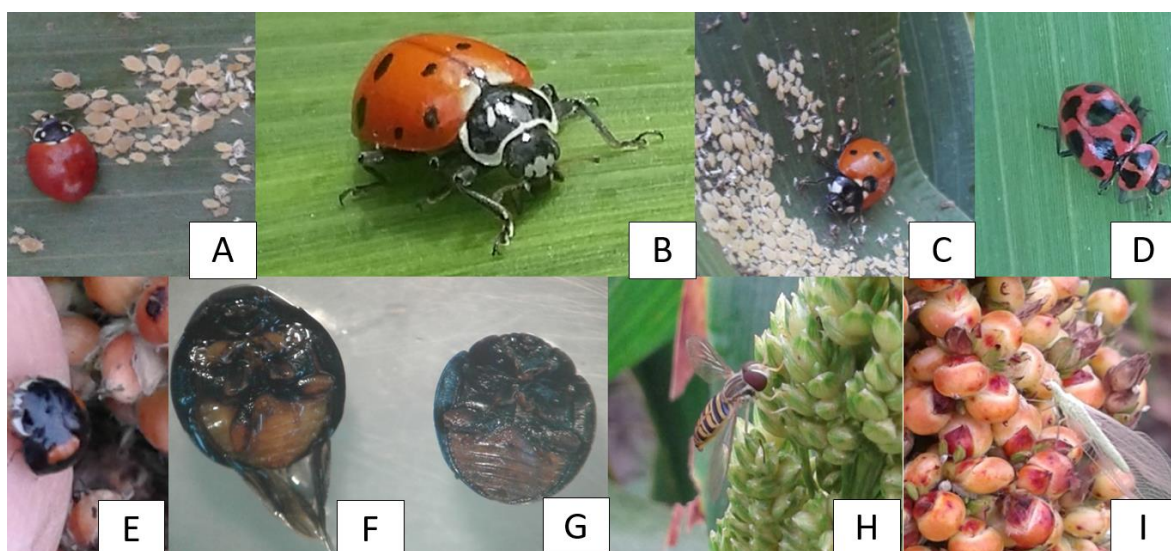


Figura 17. Insectos depredadores de *M. sacchari*. Los incisos A), B), C), D), E), F) y G) muestran las catarinas (Coleóptera: Coccinellidae); F) *Chilocorus cacti*; G) *C. stigma*; H) sírfido (Díptera: Syrphidae); I) crisopa (Neuroptera: Chrysomelidae)



Figura 18. Avispas parasitoides de *M. sacchari*. A) Hymenoptera: Braconidae y; B) Hymenoptera: Pteromalidae)

Para la fase 3 de esta primer etapa, se decidió modificar la escala propuesta para evaluar la susceptibilidad o resistencia, basada en el número de pulgones por planta, dentro de una escala de acuerdo a los siguientes valores: alto = >100 pulgones por plántula, medio = 51-100 pulgones por plántula, bajo = 1-50 pulgones por plántula y nulo = 0 sin presencia de pulgones.

El análisis de varianza no registró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las interacciones genotipos*daño de hoja (Cuadro 2), genotipos*número de pulgones (Cuadro 3). Estos resultados posiblemente se debieron al tiempo que permaneció el experimento en las macetas, las cuales debido a su tamaño pequeño, el tiempo entre la infestación y la colecta de los datos, no fue lo suficientemente grande para permitir que el daño por el insecto se manifestara en la planta.

La única interacción entre variables que presentó diferencia significativa fue la de los tratamientos*altura (Cuadro 4), donde se observa que las plantas que estuvieron sometidas al tratamiento con insecticida expresan una mayor altura que las que estuvieron infestadas con pulgón. Por consiguiente, se realizó una prueba de Tukey

(Cuadro 5), donde se aprecia que en la parcela con plantas infestadas con pulgón, la línea LES9 se comportó diferente a los demás genotipos, ya que su altura disminuyó en el tratamiento con insecticida, siendo que todos los demás aumentaron. Dentro de los genotipos que aumentaron su altura con el tratamiento con el insecticida, el que tuvo un mayor aumento fue LES1 con 15.3 cm de diferencia entre los tratamientos y el genotipo que tuvo menor diferencia de altura entre tratamientos fue LES11 con un valor de 0.7 cm. Estos resultados muestran que cada genotipo se comporta de manera diferente con la interacción del tratamiento. Por lo tanto, para poder determinar los genotipos más resistentes y los más susceptibles se realizó un análisis de varianza (Cuadro 6) donde se observa que hay diferencia significativa entre los genotipos y el tratamiento, siendo el tratamiento con insecticida el que tuvo un mayor valor de altura y los genotipos es debido a la diferencia entre ellos. Sin embargo, para la identificación de la respuesta de los genotipos, se contabilizó el número de macetas de acuerdo a la presencia del pulgón en esta escala modificada (Cuadro 7).

De acuerdo al número de plantas infectadas por el pulgón y de acuerdo a la escala utilizada en el Cuadro 2 se corrobora la resistencia del genotipo Mezquite® con lo mencionado por INIFAP (2017) y la susceptibilidad del genotipo King Gold® con lo observado en el cultivo del sorgo en ciclos anteriores en Marín, N.L. (datos no publicados). Como genotipos susceptibles se identificaron a LES1, LES4, LES7 y LES10. Como resistentes se identificó a los genotipos LES3, LES6 y LES11. Debido a que en el genotipo LES2 solo germinó una plántula de las seis, se descartó del experimento.

Cuadro 2. Pruebas de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Daño de hoja

		Valor	gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado	de	20.190 ^a	13	0.091
Pearson				

La prueba de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Daño de hoja no muestra diferencia significativa.

Cuadro 3. Pruebas de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Número de pulgones

	Valor	gl	Sig. Asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	51.361 ^a	39	0.089

La prueba de chi-cuadrada para la interacción Genotipos*Número de pulgones no muestra diferencia significativa.

Cuadro 4. ANOVA de la interacción Tratamiento*Altura

Tratamiento	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Parcela a	36.775 ^b	0.701	35.388	38.163
Parcela b	41.674 ^a	0.703	40.282	43.067

La prueba de ANOVA para la interacción Tratamiento*Altura muestra diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 5. Prueba de Tukey para la altura entre genotipos en las diferentes parcelas grandes

Parcela con plántulas infestadas con pulgones			Parcela con plántulas sin infestar y con aplicación de insecticida		
Genotipo	Media	Sig ≤ 0.05	Genotipo	Media	Sig ≤ 0.05
LES9	45.500	a	LES8	51.300	a
LES8	44.300	ab	LES13	50.300	ab
LES 10	41.800	abc	LES10	49.600	ab
LES13	40.800	abcd	LES6	48.600	abc

LES5	37.900	bcde	LES1	46.300	abc
LES6	37.400	cde	LES5	42.500	bcd
LES12	37.200	cde	LES12	42.000	cd
LES11	37.000	cde	LES3	37.800	de
LES3	35.200	cde	LES 4	37.800	de
King G.	34.200	de	LES11	37.700	de
LES7	33.300	ef	LES 9	37.500	de
LES 4	32.500	ef	King G.	35.600	de
LES 1	31.000	ef	LES7	34.400	e
Mezquite	27.000	f	Mezquite	31.900	e

El genotipo LES 2 no se metió en la prueba de Tukey debido a que solo germinó una plántula.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia de la interacción Tratamiento*Altura

	AT
Líneas	1279.86**
Tratamientos	730.84*
Genotipos x Tratamiento	166.35 ^{NS}
Error	147.45
CV	35.79

Valores no significativos (NS). Valores altamente significativos (**).

Cuadro 7. Comparación de genotipos por grado de infestación en macetas

	Alto	Medio	Bajo	Nulo	Definido como
Mezquite"	1		2	3	Control Resistente
King Gold"	4			2	Control Susceptible
LES1*	1		4	1	Susceptible
<u>LES2</u>				1	Descartada
LES3 ^o			3	3	Resistente
LES4*	2		1		Susceptible
LES5	2			3	Indefinido
LES6 ^o			2	4	Resistente
LES7*		1	5		Susceptible
LES8	1		2	3	Indefinido
LES9		1	3	2	Indefinido
LES10*	1		4	1	Susceptible
LES11 ^o			3	3	Resistente
LES12		1	2	2	Indefinido
LES13	2		1	2	Indefinido

Materiales definidos como: 1) Controles ("), 2) Genotipos susceptibles (*), 3) Genotipos resistentes (°).

4.2. Resultados de la Etapa 2. Evaluación de genotipos en campo.

Los datos colectados en campo fueron sometidos a un análisis de varianza (Cuadro 8) y aquellos factores de variación que dieran una diferencia estadística significativa, se les aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete estadístico InfoStat® (Di Rienzo, 2008).

En el Cuadro 8 se observa que la fuente de variación genotipos presenta diferencias altamente significativas en todas las variables, excepto grados Brix. Los tratamientos presentan diferencias altamente significativas en las variables agronómicas longitud de panoja, número de hojas liguladas, peso seco de panoja, rendimiento, peso de 100 semillas, grados Brix y número de pulgones. La

interacción genotipos*tratamiento presenta diferencias altamente significativas en todas las variables agronómicas excepto peso seco de hojas y grados Brix.

Debido a la presencia significativa de la interacción de los genotipos y los tratamientos, lo que indica un comportamiento diferencial de los genotipos en los tratamientos, fue necesario realizar una prueba de comparación de medias en la variables altura total, longitud de panoja, excursión, número de hojas liguladas, peso seco de la panoja, peso seco del tallo, rendimiento, peso de 100 semillas y número de pulgones.

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia

	AT	LP	E	HL	PSP	PSH	PST	R	PCS	°Brix	NP
Genotipos	36883.35 **	512.12 **	124.64 **	14.62 **	1752.97 **	185.81 *	1739.97 **	9046372.35 **	1.54 **	5.28 NS	487083.33 **
Trata- mientos	116.52 NS	647.06 **	0.57 NS	8.72 **	947.72 **	144.06 NS	363.76 NS	12237823.4 2 **	2.04 **	114.27 **	758072 **
Genotipos x Trata- miento	1486.59 **	168.34 **	114.17 **	2.08 **	844.59 **	93.91 NS	395.63 **	6008573.31 **	0.64 *	5.58 NS	548383 **
Error	65.49	38.49	3.52	0.38	190.36	67.71	125.45	202701.40	0.23	6.07	67921.17
CV	6.34	27.85	45.42	5.55	44.91	74.71	32.30	50.39	47.31	41.24	112.71

Valores no significativos (NS). Valores altamente significativos (**).

La prueba de medias en la variable altura total (Cuadro 9), muestra que el genotipo que posee un valor de media mayor en los tres tratamientos fue LES4, seguida de LES6 y LES7; sin embargo, las medias en el tratamiento dos de los diferentes genotipos son mayores al ser comparadas con las medias de los tratamientos 1 y 3. En el caso del genotipo King Gold®, se observa que en los tres tratamientos fue el genotipo con la menor media. Mote y Shahane (1994) mencionaron que las plantas, como medio de defensa ante el ataque masivo del pulgón, alarga sus tallos para dejar una mayor distancia entre las hojas inferiores y las inmediatas superiores; ya que así se dificulta el desplazamiento del pulgón al resto de la planta.

Esto explica el incremento de altura en la mayoría de los genotipos al estar en interacción con el tratamiento 2 que fue una infestación de pulgón con jaula.

La prueba de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable longitud de panoja muestra que los valores no son significativamente diferentes entre ellos en el tratamiento tres. En el tratamiento 2, el genotipo King Gold® presenta una media menor en los tres tratamientos, mostrando ser significativamente diferente a los demás genotipos; sin embargo, en el tratamiento 2, los genotipos LES4, LES6 y Mezquite® son significativamente diferentes a los genotipos LES3 y King Gold®, pero no al genotipo LES7, quienes muestran el valor de media más bajo (Cuadro 10).

Cuadro 9. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable altura total

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Medias	Genotipo	Medias	Genotipo	Medias
LES 4	224.33 ^a	LES 4	282.00 ^a	LES 4	242 ^a
LES 6	134.67 ^b	LES 6	147.33 ^b	LES 7	132 ^b
LES 3	121.33 ^b	Mezquite	117.67 ^c	LES 6	132 ^b
LES 7	121.33 ^c	LES 7	103.00 ^c	LES 3	105.33 ^c
Mezquite	81.33 ^c	LES 3	69.33 ^d	Mezquite	71.33 ^d
King Gold	78.33 ^c	King Gold	63.67 ^d	King Gold	70.67 ^d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

El Cuadro 11 presenta la comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable longitud de panoja, donde se observa que los tratamientos 1, 2 y 3 no son significativamente diferentes entre ellos en los materiales King Gold®, LES4, LES7 y Mezquite®; en el genotipo LES6 hay diferencia estadística

significativa entre los tratamientos 3 y 1, pero no la hay entre estos tratamientos y el tratamiento 2; y, para el genotipo LES3, no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos 1 y 3, pero sí entre el tratamiento 2. En los genotipos King Gold® y LES3 se observa que la media de ambos en el tratamiento 2 fue de 0, lo que indica un mal desarrollo de la panoja, tal como lo indican SAGARPA y SENASICA (2019). La variación entre las medias de los genotipos y los tratamientos muestran que cada genotipo tiene un comportamiento diferente en cuanto a la longitud de su panoja al verse afectada por la infestación masiva del pulgón.

Cuadro 10. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable longitud de panoja

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
LES 3	32.67 ^a	LES 4	31.00 ^a	LES 6	33.33 ^a
LES 4	30.00 ^a	LES 6	24.67 ^a	LES 4	30.33 ^a
Mezquite	26.33 ^a	Mezquite	22.67 ^a	LES 3	30.33 ^a
LES 7	26.33 ^a	LES 7	14.67 ^{ab}	LES 7	26.67 ^a
LES 6	24.00 ^a	LES 3	0.00 ^b	Mezquite	22.33 ^a
King Gold	7.33 ^b	King	0.00 ^b	King	18.33 ^a
		Gold		Gold	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En la prueba de medias para genotipos en el tratamiento 3 de la variable excersión, se observó que los valores no son significativamente diferentes entre ellos; en el tratamiento 1, el genotipo King Gold® presenta la media más baja y es significativamente diferente a las medias de los demás genotipos. En el tratamiento 2, el genotipo LES4 con una media mayor, es diferente del genotipo Mezquite®, que a su vez es mayor y diferente de LES7, LES6, King Gold® y LES3 (Cuadro 12).

Cuadro 11. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable longitud de panoja

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
3	18.33 ^a	1	32.67 ^a	1	49.67 ^a	3	33.33 ^a	3	26.67 ^a	1	26.33 ^a
1	7.33 ^a	3	30.33 ^a	2	44.00 ^a	2	24.67 ^{ab}	1	26.33 ^a	2	22.67 ^a
2	0.00 ^a	2	0.00 ^b	3	40.00 ^a	1	24.00 ^b	2	14.67 ^a	3	22.33 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.

Villeda (2014) relacionó la longitud de la panoja y excersión como mecanismos de defensa de la planta ante el ataque de plagas, ya que entre mayores sean estas, los granos quedan lejos de la hoja bandera; esto reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panoja. Esto demuestra que el mecanismo de defensa ante las plagas de los genotipos LES4 y Mezquite[®] se ve reflejado en sus valores de medias altas en el tratamiento 2.

Cuadro 12. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable excersión

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Medio	Genotipo	Medio
LES 3	32.67 ^a	LES 4	19.00 ^a	King Gold	8.67 ^a
LES 4	30.00 ^a	Mezquite	5.33 ^b	LES 3	8.00 ^a
Mezquite	26.33 ^a	LES 7	0.00 ^c	Mezquite	5.33 ^a
LES 7	26.33 ^a	LES 6	0.00 ^c	LES 4	4.00 ^a
LES 6	24.00 ^a	King Gold	0.00 ^c	LES 7	0.00 ^a
King Gold	7.33 ^b	LES 3	0.00 ^c	LES 6	0.00 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

Por lo que respecta al número de hojas liguladas las variedades con mayor número de hojas son el testigo Mezquite® y el genotipo LES7 y LES4 en los tres tratamientos. Así mismo, los genotipos King Gold®, LES4 y LES3 presentan las medias con menor valor en los tres tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable hojas liguladas

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
Mezquite	13.33 ^a	Mezquite	12.33 ^a	Mezquite	14.67 ^a
LES 4	11.67 ^{ab}	LES 7	11.00 ^{ab}	LES 7	12.33 ^a
LES 7	11.33 ^{ab}	LES 3	11.00 ^{ab}	LES 4	12.00 ^a
LES 6	10.67 ^{bc}	LES 6	10.00 ^b	LES 6	11.33 ^a
King Gold	10.33 ^{bc}	King Gold	9.33 ^b	King Gold	10.33 ^a
LES 3	9.00 ^c	LES 4	9.00 ^b	LES 3	10.33 ^a

En el Cuadro 14 se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos en los genotipos King Gold®, LES6 y LES7. En el genotipo LES3 no hay diferencia significativa entre los tratamientos 2 y 3; mientras que en el genotipo LES4 no hay diferencia significativa entre los tratamientos 3 y 1. Por último, en el genotipo Mezquite®, el tratamiento 3 (con un valor de media mayor) es diferente significativamente del tratamiento 2, pero no del tratamiento 1. Los genotipos LES4, LES6, LES7 y Mezquite® presentan en común al tratamiento 3 con valores más altos de medias.

En el caso del peso seco de panoja, los genotipos que presentan un valor mayor en la media para esta variable en los tres tratamientos son Mezquite®, LES7 y LES4. El testigo King Gold® a pesar de tener un valor de cero en la media del tratamiento

dos, no es significativamente diferente al valor de media con respecto a la de los otros genotipos. (Cuadro 15).

Cuadro 14. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable hojas liguladas

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	10.33 ^a	2	11.00 ^a	3	12.00 ^a	3	11.33 ^a	3	12.33 ^a	3	14.67 ^a
3	10.33 ^a	3	10.33 ^a	1	11.67 ^a	1	10.67 ^a	1	11.33 ^a	1	13.33 ^{ab}
2	9.33 ^a	1	9.00 ^b	2	9.00 ^b	2	10.00 ^a	2	11.00 ^a	2	12.33 ^b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.

Cuadro 15. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso seco de panoja

Tratamiento 1 Infestación natural		Tratamiento 2 Infestación natural con jaula		Tratamiento 3 Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
Mezquite	52.00 ^a	LES 4	44.00 ^a	LES 7	64.00 ^a
LES 4	49.67 ^a	LES 7	37.00 ^a	Mezquite	43.67 ^{ab}
LES 6	43.67 ^{ab}	LES 6	27.33 ^a	LES 3	41.33 ^{ab}
LES 3	31.33 ^{ab}	Mezquite	26.00 ^a	LES 4	40.00 ^{ab}
King Gold	15.67 ^{ab}	LES 3	2.33 ^a	LES 6	31.67 ^b
LES 7	2.00 ^b	King Gold	0.00 ^a	King Gold	1.33 ^c

En el Cuadro 16 destacan los genotipos King Gold[®], LES6, LES7 y Mezquite[®] por no presentar una diferencia entre las medias de los tres tratamientos; sin embargo, en el genotipo LES3, los tratamientos 3 y 1 no presentan diferencia significativa entre ellos pero sí con el tratamiento 2. En el caso del genotipo LES4, los

tratamientos 1 y 2 no son significativamente diferentes entre ellos, pero lo son con el tratamiento 3. Esto demuestra que existe una interacción entre las líneas y los tratamientos, ya que cada línea responde con un diferente peso seco de panoja de acuerdo con el tratamiento en el que se encuentre.

Cuadro 16. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable peso seco de panoja

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	15.67 ^a	3	41.33 ^a	1	49.67 ^a	1	43.67 ^a	3	64.00 ^a	1	52.00 ^a
3	1.33 ^a	1	31.33 ^a	2	44.00 ^a	3	31.67 ^a	2	37.00 ^a	3	43.67 ^a
2	0.00 ^a	2	2.33 ^b	3	40.00 ^b	2	27.33 ^a	1	2.00 ^a	2	26.00 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.

El peso seco de las hojas está ligado a los caracteres de cada línea; principalmente a la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo hacia el grano, en el inicio de la etapa reproductiva (Zapata y Orozco, 1991). Debido a lo anteriormente mencionado, en el Cuadro 17 se observa al genotipo Mezquite[®] con la media más alta y significativamente diferente del genotipo King Gold[®], quién presenta la media con valor más bajo.

Para el peso seco de tallos, los genotipos con media más alta son LES4 y el testigo Mezquite[®] (Cuadro 18). Estos pesos tienen una relación entre la interacción de los genotipos y los distintos tratamientos. Si comparamos estos resultados con los obtenidos con los de la variable altura total, se observa una relación entre estos; es decir, entre más altura, mayor es el peso seco de los tallos.

Cuadro 17. Prueba de medias de genotipos en la variable peso seco de hojas

Genotipo	Media
Mezquite	18.78 ^a
LES 7	12.53 ^{ab}
LES 3	12.22 ^{ab}
LES 6	8.22 ^{ab}
LES 4	8.11 ^{ab}
King Gold	6.22 ^b

Cuadro 18. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso seco de tallos

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
LES 4	54.00 ^a	LES 4	44.00 ^a	LES 4	63.33 ^a
Mezquite	51.33 ^a	LES 7	37.00 ^a	Mezquite	34.40 ^{ab}
LES 6	35.33 ^{ab}	LES 6	27.33 ^{ab}	LES 7	33.33 ^{ab}
King Gold	33.00 ^{ab}	Mezquite	26.00 ^{ab}	LES 6	30.00 ^{ab}
LES 3	31.00 ^{ab}	LES 3	2.33 ^{ab}	LES 3	10.67 ^b
LES 7	12.33 ^b	King	0.00 ^b	King	6.00 ^b
		Gold		Gold	

La comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable rendimiento (Cuadro 18), muestra que el testigo Mezquite[®] y el genotipo LES7 tienen un valor mayor en los tres tratamientos; siendo los genotipos King Gold[®], LES3, y LES6 los que tienen valores menores en sus medias. Tanto en el tratamiento 1 como el tratamiento 2, el genotipo Mezquite[®] es significativamente diferente de los demás, pero éstos no lo son entre sí. Si se compara el rendimiento

en los distintos tratamientos, se observa una marcada diferencia entre los tres; ya que el tratamiento 2 obtuvo una media de cero para todos los genotipos, menos para el control Mezquite®. El tratamiento 3 obtuvo valores de medias mayores que el tratamiento 2.

Cuadro 19. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable rendimiento

Tratamiento 1 Infestación natural		Tratamiento 2 Infestación natural con jaula		Tratamiento 3 Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
Mezquite	4696.25 ^a	Mezquite	178.75 ^a	LES 7	4147.5 ^a
LES 3	585 ^b	LES 7	7.5 ^b	LES 3	3456.25 ^a
King Gold	397.5 ^b	LES 6	1.25 ^b	Mezquite	2423.75 ^a
LES 7	156.25 ^b	LES 4	0.275 ^b	LES 4	11.25 ^b
LES 4	8.75 ^b	King Gold	0.00 ^b	LES 6	7.5 ^b
LES 6	7.5 ^b	LES 3	0.00 ^b	King Gold	0.00 ^b

El Cuadro 20 muestra que en el control King Gold® no existe una diferencia significativa entre tratamientos. En el tratamiento 3 se observan los valores de media más altos en las cuatro genotipos. Ambos controles Mezquite® y King Gold® tuvieron un mayor rendimiento en la interacción con el tratamiento 1. Los genotipos que tuvieron rendimiento de cero fueron el control susceptible King Gold® y el genotipo LES3.

Cuadro 20. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable rendimiento

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	397.5 ^a	3	3456.25 ^a	3	11.25 ^a	3	7.5 ^a	3	4147.5 ^a	1	4696.25 ^a
3	0.00 ^a	1	585 ^b	1	8.75 ^b	1	7.5 ^a	1	156.25 ^b	3	2423.75 ^b
2	0.00 ^a	2	0.00 ^c	2	0.275 ^c	2	1.25 ^b	2	7.5 ^b	2	178.75 ^c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.

Para el peso de 100 semillas, se observa que los genotipos Mezquite[®], LES7 y LES3 presentan los valores más altos para las medias de los pesos, por el contrario de King Gold[®], LES4 y LES6 (Cuadro 21).

Para el tratamiento 2, los genotipos King Gold[®] y LES3 son los más afectados (Cuadros 21 y 22); estos resultados concuerdan con los obtenidos en el Cuadro 5 donde la media de la longitud de la panoja fue cero.

Cuadro 21. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable peso de 100 semillas

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
Mezquite	37.57 ^a	Mezquite	1.43 ^a	LES 7	33.18 ^a
LES 3	4.68 ^b	LES 7	0.06 ^b	LES 3	27.65 ^a
King Gold	3.18 ^b	LES 6	0.01 ^b	Mezquite	19.39 ^a
LES 7	1.25 ^b	LES 4	0.0022 ^b	LES 4	0.09 ^b
LES 4	0.07 ^b	King	0.00 ^b	LES 6	0.06 ^b
		Gold			
LES 6	0.06 ^b	LES 3	0.00 ^b	King	0.00 ^b
				Gold	

En todos los genotipos se obtuvo un mayor peso de semilla en interacción con el tratamiento 1, excepto LES4; sin embargo, los tratamientos no son significativamente diferentes entre sí en los genotipos King Gold[®], LES6 y LES7.

Los valores de grados Brix se ven afectados por la presencia masiva del pulgón amarillo en el tratamiento 2, ya que son menores los valores de azúcares comparados con los tratamientos 1 y 3 (Cuadro 23). Esto es debido a la

alimentación del pulgón, la cual consiste de la savia de las plantas y por tanto los azúcares (SENASICA, 2014).

Cuadro 22. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable peso de 100 semillas

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
1	0.77 ^a	1	1.96 ^a	3	1.59 ^a	1	1.06 ^a	3	1.39 ^a	1	1.34 ^a
3	0.00 ^a	3	1.91 ^a	2	1.51 ^a	3	1.03 ^a	1	1.11 ^a	3	1.01 ^b
2	0.00 ^a	2	0.00 ^b	1	1.18 ^b	2	0.57 ^a	2	1.00 ^a	2	0.62 ^c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.

Cuadro 23. Prueba de medias de tratamientos en la variable grados Brix

Tratamiento	Media
3	8.11 ^a
1	6.63 ^a
2	3.19 ^b

En cuanto al número de pulgones, en el Cuadro 24 se observa que el insecto se reprodujo en mayor cantidad en los genotipos King Gold[®], LES3, LES4 y LES7. Cabe aclarar que en el Cuadro 18, en el tratamiento dos, King Gold[®] tiene un valor cero, esto es debido a que a los ocho días de haber hecho el conteo de pulgones, la presencia del pulgón en las plantas fue tan alta que provocó la muerte de la planta (Figura 19), tal como lo menciona Rodríguez-del-Bosque y Terán (2018). Así que no pudo tomarse lectura de ese dato. Por lo tanto, King Gold[®] es el genotipo con mayor susceptibilidad a reproducción y afectación del áfido. LES6 fue el material que en todos los tratamientos tuvo un menor número de pulgones. El número máximo de pulgones que se encontraron en las líneas en el tratamiento 1 fue 219 en LES4. Lo cual rebasa el umbral económico determinado por Bowling *et al.*, (2015) de 50 pulgones por hoja. En el tratamiento 2, LES3 tiene el mayor valor de pulgones con respecto a los otros genotipos, esto es más del doble del valor

obtenido por Silva-Martínez *et al.*, (2015) quienes encontraron de 444 a 774 en las hojas.

En la Figura 20 se observa el número de pulgones por hoja en las diferentes líneas en cada fecha de muestreo. En el gráfico, puede apreciarse que en el control King Gold® y el genotipo LES4 el número de pulgones tiende a aumentar con el tiempo; en cambio, los demás genotipos y control Mezquite® tiende a disminuir el número de áfidos a partir del 5 de octubre. Sin embargo, Delgado-Ramírez *et al.* (2016) mencionan que, a partir del mes de septiembre las poblaciones bajan a cero y Vázquez-Navarro *et al.* (2016) presentan en sus primeros muestreos, un valor de número de pulgones que rebasa el umbral económico, posteriormente disminuye y al final vuelve a rebasar el umbral económico. En los datos de la Figura 19 se observa un comportamiento diferente en cada variedad, por ejemplo, a partir del segundo muestreo (28 de septiembre) el control King Gold® ya rebasa el umbral económico con tendencia a ir aumentando el valor, en el tercer muestreo (5 de octubre) los genotipos LES4 y LES7 rebasan mínimamente el umbral económico, mientras que Mezquite®, LES3 y LES6 nunca rebasan esos niveles.

Si se compara los Cuadros 19 y 20 de rendimiento con los Cuadros 24 y 25 del número de pulgones, se observa que en el tratamiento 2, el control Mezquite® fue el que tuvo un valor mayor de rendimiento, seguido de los genotipos LES7 y LES6. Sin embargo, cabe destacar que los valores de rendimiento son muy bajos, y esto puede ser debido a que tal vez las líneas pudieron presentar androesterilidad o debido a que la tela de organza no permitía el mismo paso de aire, no pudo realizarse de manera correcta la polinización cruzada (Sobetski, 2015). Sin embargo, algunos autores mencionan que el número de individuos necesarios para disminuir el rendimiento en sorgo es variable y depende del estado de desarrollo de la planta, duración del ataque y condiciones de humedad del cultivo durante la infestación (López *et al.*, 2016).



Figura 19. Muerte de planta de genotipo King Gold® en Tratamiento 2.

Cuadro 24. Comparación de medias para genotipos en los tres tratamientos de la variable número de pulgones

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
Infestación natural		Infestación natural con jaula		Tratamiento con insecticida	
Genotipos	Medias	Genotipos	Medias	Genotipos	Medias
King Gold	290 ^a	LES 3	1824 ^a	King Gold	338 ^a
LES 4	219 ^b	LES 4	945 ^b	LES 7	86 ^b
LES 3	18 ^c	LES 7	310 ^c	LES 3	46 ^b
LES 7	12 ^c	Mezquite	75 ^c	Mezquite	22 ^b
LES 6	3 ^c	LES 6	33 ^c	LES 4	5 ^b
Mezquite	2 ^c	King Gold	0 ^c	LES 6	5 ^b

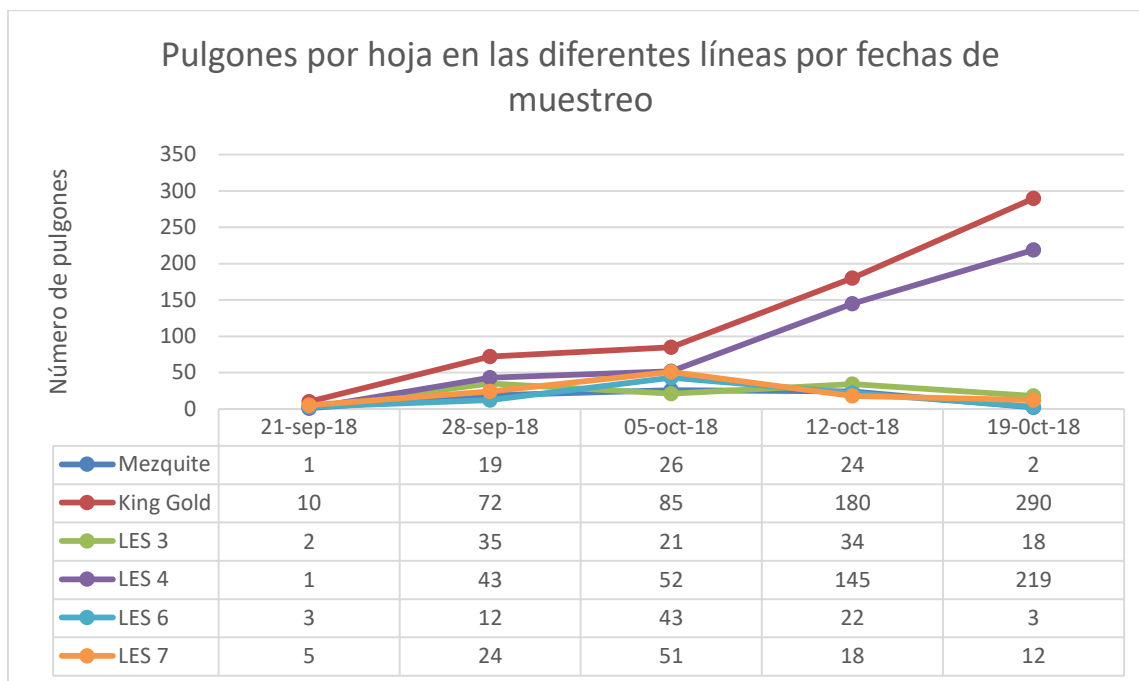


Figura 20. Número de pulgones por hoja en las diferentes líneas por fechas de muestreo

En el Cuadro 25 se observa que en los materiales LES3 y LES6 no son significativamente diferentes en los tratamientos 1 (control biológico) y 2 como control del pulgón, a comparación de los genotipos LES4, LES7 y Mezquite® donde es más eficaz el tratamiento 3 (aplicación de químico) como control del áfido.

El bajo número de áfidos en el genotipo LES6 y el control Mezquite® puede ser atribuido a la producción de ceras (ya que estas se observaron en campo) (Figura 21). Mote y Shahane (1994) describen este mecanismo de defensa que utilizan las plantas contra el ataque de insectos.

Cuadro 25. Comparación de medias para tratamientos en los seis genotipos de la variable número de pulgones

King Gold		LES 3		LES 4		LES 6		LES 7		Mezquite	
T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media	T	Media
3	438 ^a	2	1824 ^a	2	945 ^a	2	33 ^a	2	310 ^a	2	75 ^a
1	290 ^a	3	46 ^b	1	219 ^b	3	5 ^b	3	86 ^b	3	22 ^b
2	0 ^b	1	18 ^b	3	5 ^c	1	3 ^b	1	12 ^c	1	2 ^c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). (T) Tratamientos. (T1) Infestación natural, (T2) Infestación natural con jaula; (T3) Tratamiento con insecticida.



Figura 21. Producción de cera como mecanismo de defensa.

5. CONCLUSIONES

A nivel de invernadero se identificaron tres genotipos resistentes (LES3, LES6, LES11) por presentar la totalidad de las plantas en niveles bajo y nulo de infestación de pulgones, los cuatro genotipos susceptibles (LES1, LES4, LES7, LES10) fueron identificados por presentar niveles altos de infestación. No se observó una asociación clara entre resistencia y precocidad de los genotipos.

En la evaluación de campo, se concluye que los controles tuvieron un comportamiento de acuerdo con lo esperado.

Presumiblemente la producción de cera puede ser un mecanismo de defensa que utilizan los genotipos contra el ataque del pulgón amarillo

El tratamiento con insecticida para el control del pulgón amarillo y el tratamiento con el control biológico del pulgón amarillo no tuvieron diferencia estadísticamente significativa en el número de pulgones, sin embargo hubo una tendencia en el tratamiento del control del áfido con insecticida a presentar un mayor rendimiento de grano y peso de 100 semillas en los genotipos de sorgo.

De acuerdo con los resultados de la interacción de genotipos*tratamiento en la variable rendimiento, se concluye que aquellos genotipos que tienen un mecanismo de defensa ante las plagas y que ayudó a obtener un mayor rendimiento y peso de 100 semillas en el tratamiento 2 son las más resistentes, siendo el control

Mezquite[®], y los genotipos LES7 y LES6. Los materiales susceptibles fueron definidos en base a su nulo o casi nulo peso de 100 semillas y rendimiento en la interacción con el tratamiento dos, las cuales fueron el control King Gold[®], y los genotipos LES4 y LES3.

6. LITERATURA CITADA

- Armstrong, J. S., Rooney, L. W., Peterson, C. G., Villanueva, R. T., Brewer, J. M., Sekula-Ortíz, D. 2015. Sugarcane Aphid (Hemiptera:Aphididae): Host Range and Sorghum Resistance Including Cross-Resistance From Greenbug Souces. *Journal of Economic Entomology*. 108(2):576-582.
- Armstrong, J. S., Mbulwe, L., Sekula-Ortíz, D., Villanueva, R. T., Rooney, L.W. 2016. Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in Forage and Grain Sorghums. *Journal of Economic Entomology*. 110(1):259-265.
- Bowling, R., Brewer, M., Knutson, A., Biles, S., Way, M., Sekula-Ortíz, D. 2015. Monitoreo del pulgón Amarillo en sorgo en el sur, centro y oeste de Texas. *Texas A & M Agrilife*. Fecha de cosulta: 18 de noviembre de 2018. Disponible en: http://www.pulgonamarillo.to.com/exteduc/publicaciones/17_Tarjeta_para_el_monitoreo.pdf
- Bowling, R., Michael, J. B., David, L. K. 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae) A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*. 7(1):1-13.
- Brewer, M. J., y Elliot. N.C. 2004. Biological control of cereal aphids and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annu. Rev. Entomol.* 49:2019-242.

- Delgado-Ramírez, C. S., Salas-Araiza, M. D., Martínez-Jaime, O. A., Díaz-García, J. A., Guzmán-Mendoza, R. y E. Salazar-Solís. 2016. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomología mexicana*, 3: 369–374.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FIRA. 2016. Panorama agroalimentario. Sorgo 2016. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. 14-18, 41-44 y 47-50 pp.
- Hall, D. G. 1988. Insects and mites associated with sugarcane in Florida. *Florida Entomologist* 71:138-150.
- Heike, V. 2009. Malezas de México. Poace *Sorghum bicolor* (L.) Moench. CONABIO. Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/sorghum-bicolor/fichas/ficha.htm>
- Hiltbrunner, J., Buchmann, U., Vogelgsang, S., Gutzwiller, A., Ramseier, H. 2012. Le sorgho-une grande culture intéressante encore inconnue en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse*. 3(11-12) :524-531.
- INEGI. 2007. Carta topográfica 1:50 000. Ciudad Apodaca G14C16.

- INIFAP. 2017. Demostraciones sobre pulgón amarillo del sorgo en el CERIB. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2018. Disponible en: http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2017/NOTA_55.pdf
- Jaimes-Orduña, J., Zavala-García, F., Pérez-González, O. 2018. *Chilocorus* spp., Potential Natural Enemies for *Melanaphis sacchari* at Nuevo León, México. *Southwestern Entomologist*. 43(2) :413-416.
- López, M., Fernández, M. 1998. Biología de *Melanaphis sacchri* (Z) en caña de azúcar. I.- Características morfológicas del ciclo de desarrollo. *Revista Protección Vegetal*. 13(3):173-178.
- López, M., Fernández, M. 1999. Biología de *Melanaphis sacchri* (Z) en caña de azúcar. II.- Ciclo de vida, curva de supervivencia y parámetros poblacionales. *Revista Protección Vegetal*. 14(3):155-159.
- López, G. D. M., Salas, A. M. D., Martínez, J. O. A., Solís, E. S. 2016. Géneros de Aphidiidae (Hymenoptera) parasitando al pulgón amarillo de la caña de azúcar Zehntner, 1897 (Hemiptera : Aphididae) en Irapuato, Guanajuato, México. *Entomología Mexicana* 3 : 365-368.
- Maya, V., y Rodríguez-del-Bosque, L. A. 2014. Pulgón amarillo: Una nueva plaga del sorgo en Tamaulipas. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamps., México. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2018. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/983.pdf>
- Melaku, G., Kenneth, D., John, C. R. 1998. Sorghum Germoplasm Tolerant to Greenbug (Homoptera : Aphididae) Feeding Damage as Measured by

- Reduced Chlorophyll Loss. *Journal of the Kansas Entomological Society* 71(2) :108-115.
- Mote, U. N. y Shahane, A. K. 1994. Biophysical and Biochemical characters of sorghum varieties contributing resistance to delphacid, aphid and leaf sugary exudations. *Indian Journal of Entomology* 56 :113-122.
 - Museo Nacional de Historia de Francia [Ed]. 2003-2017. *Invetaire National du Patrimoine Naturel*. Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2017. Disponible en: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/638617/tab/taxo
 - Olivares, S. E., 1995. Programa estadístico. Facultad de Agronomía de la UANL.
 - Provisor-Bermudez, Y. y López-Martínez, V. 2016. Primer registro de *Hippodamia convergens* y *Cycloneda sanguinea* (Coleóptera: Coccinellidae), como depredadores de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), en sorgo, en Morelos, México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 2 :51-53.
 - Quijano, J. A., Pecina, V., Bujanos, R., Marín, A., Yáñez, R. 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Folleto para productores No. 1. Comité Técnico de Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. Guanajuato, México. 36 p.
 - Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., González-Razo, F., García-Martínez, A. (2016). Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Enero-Junio, 229-240.

- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y Terán, A. P. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae): A New Sorghum Insect Pest in Mexico. *Southwestern Entomologist Scientific Note*. 40(2):433-434.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 2016. Umbral económico del pulgón Amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Rodríguez-Fuentes, H. 2011. Guía para la interpretación de análisis de suelo. UANL.
- Rodríguez-Vélez, J. M., Rodríguez-Vélez, B., Sarmiento-Cordero, M. A., Palomares-Pérez, M., Arredondo-Bernal, H. C. 2016. Species of Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) associated with *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) in Tamaulipas, Mexico. *Entomological News* 126: 97–105.
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán México.
- SAGARPA y SENASICA. 2019. Campaña de manejo fitosanitario. Manual de plagas y enfermedades en sorgo. 19 p.
- SENASICA. 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* Zehntner, ficha técnica número 43. Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, no 43, 15 p.
- Setokuchi, O. 1973. Ecology of *Longiunguis sacchari* infesting sotghum. I. Nymphal period and fecundity of apterus viviparous females. *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu* 19:95-97.

- Sharma, H. C., Sharma, P. S., Munghate, R. S. 2013a. Phenotyping for resistance to the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in *Sorghum bicolor* (Poaceae). International Journal of Tropical Insect Science. 33(4):227-238.
- Sharma, H. C., Bhagwat, V. R., Daware, D. G., Pawar, D. B., Munghate, R. S., Sharma, S. P., Kumar, A. A., Reddy, B. V. S., Prabhakar, K. B., Ambekar, S. S., y Gadakh, S. R. 2013b. Identification of sorghum genotypes with resistance to the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* under natural and artificial infestation. Plant Breeding 133, 36-44
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. Estadística de la Producción Agrícola desde 2007 hasta 2008. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/estadistica.aspx>.. Consulta el 17 de agosto de 2017.
- Silva-Martínez, C., Nava, C. U., García-Rodríguez, J. L. y Ávila-Rodríguez, V. 2015. Niveles de infestación del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Homóptera:Aphididae) en zacate Johnson y sorgo forrajero, en la Comarca Lagunera. Pp. 898–903. In: Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.
- Sobetski, H. 2015. Polinización del sorgo. Banco de semillas de Echo. Echo community. En: <https://www.echocommunity.org/es/resources/458c7e59-9887-4706-935e-6bdfc2a9da10>. Consulta el 15 de agosto de 2019.
- Starks, K. J. y R. L. Burton. 1977. Greenbugs: determining biotypes, culturing, and screening for plant resistance with notes on rearing parasitoids. USDA Technical Bulletin. 1556.
- USDA. 2017. Crop Production. USA. 123 pp.

- Van-den-Berg, J. 2002. Status of resistance of sorghum hybrids to the aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae). South African Journal of Plant and Soil 19 (3) 151-155.
- Van-Resburg, N. J. 1973. Population fluctuations of the sorghum aphid, *Melanaphis (Longiunguis) pyrarius* (Passerini) forma *sacchari* (Zehntner). Phytomyologia 5:127-134.
- Vázquez-Navarro, J., Carrillo-Aguilera, J., Cisneros-Flores, B. 2016. Estudio poblacional en un cultivar de sorgo forrajero infestado con pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemíptera: Aphididae) en la Comarca Lagunera. Entomología mexicana.3:395-400.
- Villeda, D. A. (2014). Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con bajo contenido de lignina. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 99 p.
- Vinall, H. N., Stephens, J. C., Martin, J. H. 1936. Identification, history, and distribution of common sorghum varieties. Technical Bulletin. No. 506.
- Zapata, M. y Orozco, H. (1991). Evaluación de diferentes métodos de control de malezas y distancias de siembra sobre la cenosis de las malezas, crecimiento y rendimiento del frijol común. Tesis de Ing. Agron. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 72 p
- Zeledón, H., Hernández, M., Ayala, J., Guzmán, R., Borja, C., Alvarado, M., Calderón, V. 2007. Guía técnica del sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Ministerio de Agricultura y Ganadería y Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. La Libertad, El Salvador.

