

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Insecticida y Bioinsecticida para el Control Químico y Biológico de
Pulgón Amarillo (*Melanaphis sacchari*) en Genotipos de Sorgo

Por:

SALOMÓN ISAÍAS RODRÍGUEZ MORALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Insecticida y Bioinsecticida para el Control Químico y Biológico de
Pulgón Amarillo (*Melanaphis sacchari*) en Genotipos de Sorgo

Por:

SALOMÓN ISAÍAS RODRÍGUEZ MORALES

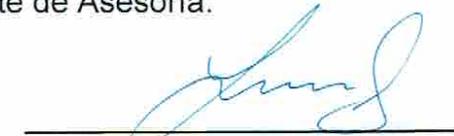
TESIS

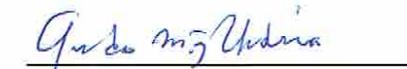
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor Principal Interno


Dr. Leonardo Sepúlveda Torre
Asesor Principal Externo


Dr. Armando Muñoz Urbina
Coasesor


Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre, 2023

Declaración de no plagio

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

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

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

Pasante



Salomón Isaías Rodríguez Morales

DEDICATORIA

A DIOS por darme las fuerzas necesarias y la fortaleza de querer superarme, por cuidarme, protegerme y permitir la llegada de cosas buenas y muchas bendiciones.

A mi MAMA Eugenia Guadalupe Morales González por darme la vida, por guiarme en el camino del bien, por enseñarme que la vida siempre hay metas que se pueden cumplir, por ser una gran mamá única y ejemplar, por darme los mejores consejos para seguir adelante y ser fuerte en la vida, por darme todo el cariño y amor, por siempre confiar en mí, aunque este con Dios sé que desde el cielo me está cuidando todos los días.

A mis TIAS, María de los Ángeles Morales González, Leonarda Margarita Morales González, y María de la Luz Morales González, por todos los esfuerzos que hicieron para que llegaré a convertirme en un profesionista, por darme el apoyo para lograr una meta más en la vida, aparte de la felicidad que siempre me ha rodeado al tenerlos a mi lado. Gracias a ustedes, he llegado tan lejos y he aprendido a afrontar la vida. Gracias por sus consejos, son las personas que más valoro en el mundo.

A mi HERMANO: Elías Mises Rodríguez Morales, gracias por estar siempre a mi lado, por los maravillosos momentos que hemos pasado, por estar en las buenas y en las malas, lo quiero mucho y recordarle que, en la vida hay que soñar en grande y que hay que luchar para cumplir todos nuestros sueños.

A mi ABUELO Wenceslao Morales Sánchez. por darme a la mejor mamá y a las mejores tías, por los buenos consejos y fuerza para seguir adelante, por el amor brindado y la confianza, gracias por estar conmigo, gracias por ser parte importante en mi vida.

Al Ing. OLIVER GÓMEZ SANCHEZ. Por su apoyo y consejos para seguir en la Universidad, por estar siempre en las buenas y en las malas como amigos.

A todos mis amigos, tanto como de mi carrera como de otras más, gracias por todo y por los consejos que en algún momento me brindaron y me sirvieron de mucho, gracias por formar parte de mi vida y por estar en los momentos buenos y malos durante la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A mi queridísima Alma Terra Mater “**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**” en donde pase estos largos años, los mejores años para formarme como un profesionalista.

Al Dr. Antonio Flores Naveda por confiar en mi para la realización de este trabajo, por su tiempo, por los consejos, el apoyo, la amistad brindada y los conocimientos durante la carrera, estaré siempre agradecido con usted.

Al Dr. Leonardo Sepúlveda Torre por su apoyo y confianza, en el desarrollo del proyecto de investigación y por confiar en mí, para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Armando Muñoz Urbina por brindar parte de su tiempo, para poder realizar las correcciones de este trabajo, por su amistad y por sus consejos para poder seguir adelante.

A Lorenzo Villa Sandoval que, desde el inicio en la presente investigación de Tesis a nivel de campo, fue de gran ayuda, por su apoyo, amistad brindada y el tiempo empleado en todas las etapas, gracias.

A la Dra. Pilar Espitia Hernández por apoyarme en la explicación de la elaboración de los extractos de sorgo, y su apoyo incondicional dentro del proyecto de investigación.

A Melvin de Jesús Guízar González. Por apoyarme durante todo el proyecto de investigación a nivel de campo y laboratorio, además de brindarme su amistad durante toda la carrera.

A Romeo Velasco Santiago. Por brindarme su amistad incondicional, durante toda la carrera, además de apoyarme en la toma de datos del experimento y los demás trabajos de la presente investigación.

A Noe Alberto, Gonzalo Sánchez, Alejandro José, Jorge Joel. Por ayudarme en todo el proyecto desde el inicio hasta el final y siempre brindarme su amistad y su apoyo.

A todos los Profesores que me enseñaron y formaron parte de mi formación como profesionalista, por los conocimientos y consejos que me brindaron durante toda la carrera hasta este momento donde culmino el proceso.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. Objetivo general	2
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. Importancia del cultivo de sorgo	4
2.3. Producción de sorgo a nivel mundial	5
2.4. Producción de sorgo en México.....	6
2.5. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo.....	7
2.6. Diferentes razas de sorgo.....	7
2.7. Etapas fenológicas del sorgo.....	8
2.8. Propiedades nutraceuticas del sorgo.....	9
2.9. Composición química y valor nutricional.....	10
2.9.1. Polisacáridos.....	10
2.9.2. Lípidos.....	11
2.9.3. Proteínas.....	11
2.10. Impactos potenciales del sorgo en la salud humana	11
2.10.1. Cáncer.....	11

2.10.2. Diabetes.....	12
2.11. Principales plagas del sorgo.....	12
2.11.1. Mosquita de la panícula (<i>Contarinia sorghicola</i>)	13
2.11.2. Gusano barrenador del tallo (<i>Diatraea</i> spp.)	13
2.11.3. Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	13
2.11.4. Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>).....	13
2.12. Pulgón amarillo del sorgo (<i>Melanaphis sacchari</i>)	14
2.12.1. Clasificación taxonómica.....	14
2.12.2. Importancia económica	15
2.12.3. Hospedantes	15
2.12.4. Ciclo biológico	15
2.12.5. Descripción morfológica	16
2.12.6. Daños.....	16
2.12.7. Muestreo	17
2.12.8. Control genético	17
2.12.9. Control cultural	18
2.12.10. Control legal	19
2.12.11. Control biológico.....	19
2.12.12. Control químico	21
2.13. Análisis multivariado.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Localización del sitio experimental	23
3.2. Material genético	24
3.3. Tratamientos utilizados en el experimento.....	25
3.3.1. Testigo.	25
3.3.2. Tratamiento químico.....	25

3.3.3. Tratamiento biológico (Bioinsecticida).....	25
3.4. Variables evaluadas en las líneas experimentales de sorgo	26
3.4.1. Días a floración (DF).....	26
3.4.2. Altura de planta (AP).....	26
3.4.3. Número de pulgones por planta (NPP).	26
3.4.4. Rendimiento de grano por planta (RGP).....	26
3.5. Análisis estadístico multivariado	26
3.6. Prueba de <i>t</i> de <i>student</i>	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Tratamiento químico	30
4.2. Tratamiento con extractos	31
4.3. Testigo.....	33
V. CONCLUSIONES	38
VI. LITERATURA CITADA.....	39
VII. APENDICE	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rasgos característicos de diferentes razas de sorgo.....	8
Cuadro 2. Características del ensayo y parcela experimental.	24
Cuadro 3. Genotipos de sorgo y características del color de grano.....	24
Cuadro 4. Líneas experimentales de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) evaluadas para el control químico y biológico del pulgón amarillo (<i>Melanaphi sacchari</i>).....	29
Cuadro 5. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el tratamiento químico.	31
Cuadro 6. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el tratamiento con extractos de sorgo.....	33
Cuadro 7. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el testigo.	35
Cuadro 8. Prueba de <i>t</i> de <i>student</i> e intervalo de confianza para comparar las medias de tres tratamientos, con respecto a la variable DF.	35
Cuadro 9. Prueba de <i>t</i> de <i>student</i> e intervalo de confianza para comparar las medias de tres tratamientos, con respecto a la variable AP.	36
Cuadro 10. Prueba de <i>t</i> de <i>student</i> e intervalo de confianza para comparar las medias de RGP de dos tratamientos.	36
Cuadro 11. Prueba de <i>t</i> de <i>student</i> e intervalo de confianza para comparar las medias de NPP de dos tratamientos.....	36
Cuadro 12. Media general de las variables evaluadas en tres tratamientos para el control del pulgón amarillo en sorgo y resultados que muestran el nivel de significancia de acuerdo a la prueba de <i>t</i> de <i>student</i>	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Extensión de la superficie en millones de hectáreas del cultivo de sorgo a nivel mundial entre 2016 y 2023.	5
Figura 2. Evolución mensual de la producción de sorgo para grano en miles de toneladas.	6
Figura 3 Etapas vegetativas del sorgo desde la emergencia, hasta la aparición de la hoja bandera.	8
Figura 4. Etapas reproductivas del sorgo desde el inicio a floración, hasta la madurez fisiológica.	9
Figura 5. Diferencia de la madurez dentro de la panícula.	9
Figura 6. Croquis de las líneas experimentales de sorgo.	23
Figura 7. Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo utilizando el tratamiento químico Clorpirifos etil.	30
Figura 8. Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo utilizando extractos de granos sorgo de color negro y rojo.	32
Figura 9. Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo sin aplicación de ningún producto para el control del pulgón (testigo).	34

RESUMEN

El pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) es una de las plagas más importantes a nivel mundial. En México es la plaga número uno, ocasionando pérdidas económicas significativas en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), por lo tanto, en esta investigación el objetivo fue evaluar el efecto de insecticidas y extractos naturales, para control del pulgón amarillo en líneas experimentales de sorgo para grano en la región sureste de Coahuila. El experimento se estableció en el ciclo P-V del 2022 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) donde se evaluaron 40 líneas experimentales de sorgo del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. Se estudiaron las variables: días a floración (DF), altura de planta (AP), número de pulgones por planta (NPP) y rendimiento en gramos por planta (RPG).

Con la información obtenida se realizó un análisis de conglomerados además de la prueba de *t* de *student* con el paquete estadístico Minitab 16. Los resultados obtenidos, indican que mediante la aplicación del ingrediente activo (Clorpirifos etil), se formaron tres grupos de genotipos sobresalientes con alto rendimiento: G2 (119.8 g pl⁻¹), G3 (118.7 g pl⁻¹) y G4 (119.6 g pl⁻¹), además de tener un buen control de la plaga con promedios de 14 a 34 pulgones por planta. Con la combinación de extractos de sorgo negro y rojo aplicados en el control del pulgón amarillo los grupos G7 (115.0 g pl⁻¹) y G8 (168.0 g pl⁻¹) sobresalieron por su alto rendimiento y por su bajo promedio en el número de pulgones con valores en un rango de 8.8 a 25 NPP.

Sin la aplicación, de ningún insecticida en el testigo se identificaron dos grupos con alto rendimiento: G2 (111.0 g pl⁻¹) y G3 (121.0 g pl⁻¹) con promedios en el número de pulgones por planta de 46 a 85, respectivamente. Con la prueba de *t* de *student* se determinó que el tratamiento químico, fue estadísticamente superior, seguido por el tratamiento con extractos de sorgo, ambos superando al testigo en el control del insecto plaga. Finalmente, se puede concluir que mediante la aplicación de los extractos de sorgo se presentó un buen control del pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, por lo cual este experimento da pauta, para futuras investigaciones en el control de la plaga.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, *Melanaphis sacchari*, control químico, extractos de sorgo y análisis multivariado.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es el quinto cultivo de importancia entre los cereales del mundo, solamente superado por el trigo (*Triticum aestivum*); maíz (*Zea mays*); arroz (*Oryza sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Según la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS), el sorgo ocupa el segundo lugar en América Latina (Rebollar *et al.*, 2016).

Los principales países productores son Nigeria con 12.0%, Sudán 8.5%, México 8.3%, y Estados Unidos con 8.1%. La producción en México en el ciclo agrícola otoño-invierno 2022/2023, fue de una superficie cosechada de 153,040 hectáreas, con 16.9% de avance, respecto de las siembras, que Tamaulipas ha producido de 192,760 toneladas, 37.2% del total del ciclo. A su vez, Nayarit con 136,751, 26.4%; Campeche 78,968, 15.2%; San Luis Potosí 36,376, 7%; y el resto de las entidades 73,928 toneladas 14.3%, dando un total de 518,783 toneladas (SIAP, 2023). La importancia económica del sorgo radica por su gran variedad de usos, el cual se utiliza para la alimentación humana, forraje para los animales, y biocombustibles, además contiene propiedades nutraceuticas y un alto contenido de nutrientes (Tenywa *et al.*, 2018).

El pulgón amarillo se ha convertido en una de las plagas importantes en el cultivo del sorgo y fue detectado en el norte de Tamaulipas en el 2013 en donde provocó una devastación de hasta del 100% de pérdidas para los agricultores. Esta plaga ha adquirido gran importancia por las grandes pérdidas que ha ocasionado en el cultivo del sorgo. Los daños que provoca en la planta, incluyen la decoloración marrón de la hoja, seguido de la clorosis, necrosis, retraso del crecimiento y retraso en la floración, llenado de grano deficiente, lo que ocasiona pérdidas significativas de calidad y rendimiento; además puede

trasmitir diversos patógenos como son el virus Sugarcane, entre otras enfermedades más (Bertasello *et al.*, 2021).

En diversos estados del país como en Tamaulipas, Coahuila, Sinaloa, Guanajuato, se ha demostrado su agresividad y capacidad de desplazarse rápidamente, atacando al cultivo de sorgo en sus diversos tipos (grano y forraje). La reproducción de la plaga está influenciada directamente por sus hospederos, teniendo como primarios al sorgo, caña de azúcar, trigo, avena y cebada. En condiciones naturales el pulgón amarillo puede llegar a tener, entre 50 y 60 generaciones por año (SENASICA, 2015).

Debido a que esta plaga se ha convertido en una de las más importantes, además de la superficie destinada para la producción de sorgo en México, se buscan diversas alternativas para la reducción del uso de agroquímicos, los cuales dañan al medio ambiente y la población de insectos benéficos, por lo cual en el presente trabajo de investigación se evaluaron extractos naturales de sorgo que contienen taninos condensados, los cuales pueden ser inhibidores del crecimiento de especies de insectos plaga que ocasionan daños a los cultivos.

Por lo antes mencionado, los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de insecticidas y extractos naturales, para control del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en líneas experimentales de sorgo para grano.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de insecticidas y bioinsecticidas, desde el tratamiento de la semilla, hasta la etapa reproductiva en las variables agronómicas días a floración y altura de planta en líneas experimentales de sorgo.

Estimar el rendimiento de grano y sanidad de la planta en líneas experimentales de sorgo, tratadas con insecticidas y bioinsecticidas en etapa de madurez fisiológica final.

1.2. HIPÓTESIS

Ho. La evaluación de los productos químicos y biológicos en líneas experimentales de sorgo, no permitirá estimar la efectividad para control del pulgón amarillo en las diversas etapas fenológicas de la planta de sorgo y en el rendimiento de grano.

Ha. La evaluación de los productos químicos y biológicos en líneas experimentales de sorgo, permitirá estimar su efectividad para control del pulgón amarillo en las etapas fenológicas de la planta de sorgo y su impacto en el rendimiento de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del cultivo de sorgo

Los primeros indicios muestran que el sorgo existió en la India en el siglo I d. C. Diversas esculturas describen que se hallaron en ruinas asirias de 700 años a. C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central, Etiopía o Sudán, ya que es donde se encuentra la mayor diversidad genética. Sin embargo, ciertas evidencias demuestran que surgió en forma independiente, tanto en África como en la India (Agrobot, 2010).

El mejoramiento genético de sorgo en México, inició en 1944 en la oficina de Estudios Especiales. Posteriormente, las actividades de mejoramiento se realizaron en tres regiones con la introducción de material genético de donde se derivaron líneas y se generaron los primeros híbridos de sorgo adaptados a distintas regiones agrícolas (Montes, 2021).

2.2. Importancia del cultivo de sorgo

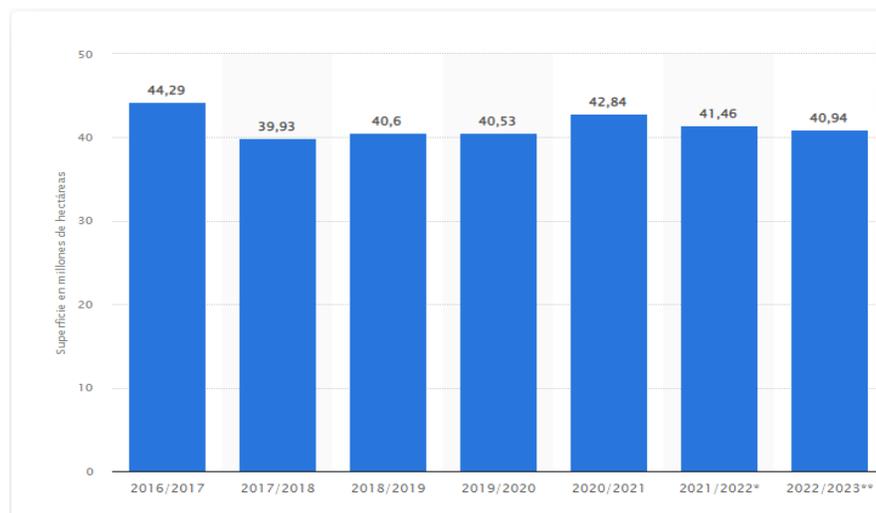
El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*) es el quinto cereal más importante del mundo y según la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS), ocupa el segundo lugar en América Latina (Rebollar *et al.*, 2016).

La importancia económica del sorgo destaca por su gran variedad de usos. El grano de sorgo se utiliza para la alimentación humana, donde se transforma en harina para la elaboración de pan, galletas y otros productos alimenticios, además contiene propiedades nutraceuticas. Actualmente, se está convirtiendo cada vez más en la base para alimentos y bebidas, ya que tiene un alto valor nutricional, adecuados niveles de grasas no saturadas, proteína, fibra y minerales (Tenywa *et al.*, 2018).

El sorgo actúa como un alimento básico para millones de personas que viven en unos 30 países en las regiones subtropicales y semiáridas. Además, es una fuente de alimento y forraje, principalmente en el sector agrícola tradicional de pequeña escala. También encuentra un lugar en el sector agrícola comercial de altos insumos como cultivo forrajero y para la elaboración de biocombustibles (Hariprasanna, 2016).

2.3. Producción de sorgo a nivel mundial

La producción de sorgo en el año 2022, fue de 62.20 millones de toneladas. La proyección estimada para el 2023 es de 60.06 millones de toneladas (USDA, 2022). Los principales países productores con un 44.6% del total mundial: son Nigeria 12.0%, Sudán 8.5%, México con 8.3%, Estados Unidos con 8.1% y Etiopía 7.7%. El principal incremento de la producción se prevé en Sudan, el cual estima un aumento de 41.6% con relación a 2021/2022, al ubicarse en 5.0 mdt. La producción de sorgo prevista a nivel mundial en el ciclo comercial 2022/2023 será de 58.5 mdt, lo cual significaría un retroceso en 5.7% respecto a la producción obtenida en el ciclo anterior. En la Figura 1 se presenta la extensión de siembra a nivel mundial (FIRA, 2023).

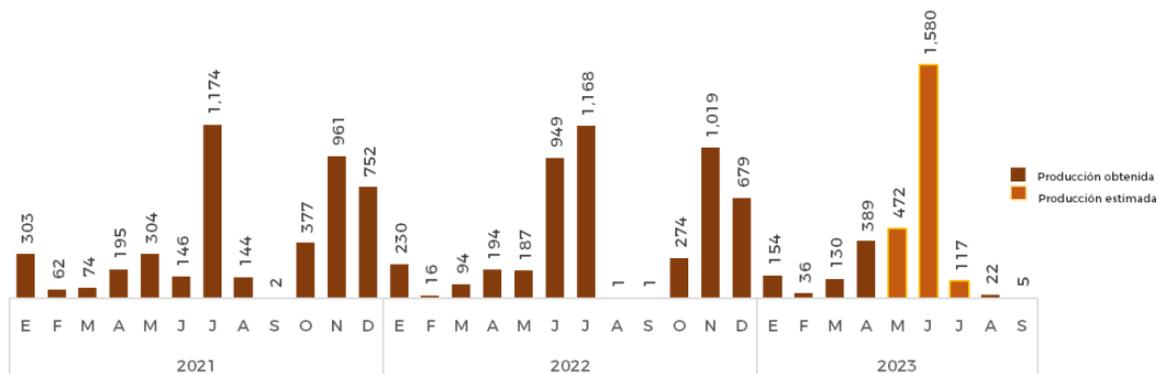


Fuente: (Statista, 2023).

Figura 1. Extensión de la superficie en millones de hectáreas del cultivo de sorgo a nivel mundial entre 2016 y 2023.

2.4. Producción de sorgo en México

El sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench es una gramínea C₄, originaria de África, que se utiliza como forraje para rumiantes y es resistente a sequía. Es considerado el quinto cereal más cultivado a nivel mundial, se siembra bajo condiciones de riego y lluvias estacionales (Pérez *et al.*, 2018). Al 30 de abril de 2023, en el ciclo otoño-invierno 2022/2023 se han cosechado 153,040 hectáreas, 16.9% de avance, respecto de las siembras, en las que se han obtenido 518,783 toneladas. Tamaulipas ha producido 192,760 toneladas, 37.2% del total del ciclo; Nayarit 136,751, 26.4%; Campeche 78,968, 15.2%; San Luis Potosí 36,376, 7%; y el resto de las entidades 73,928 toneladas 14.3% del total. Para el ciclo primavera-verano, 2023 se estimó una intención de siembras de 565,332 hectáreas, en las que se podrían obtener 2 millones 415 mil toneladas. Guanajuato estimó establecer 158,435 hectáreas, 28% del total del ciclo; Sinaloa 90,431, 16%; Tamaulipas 84,821, 15%; Michoacán 65,947, 11.7%; y el resto de las entidades 165,699, 29.3% del total. Al finalizar, el mes de abril de 2023 se establecieron 27,315 hectáreas (SIAP, 2023). Entre los principales productores de sorgo en México, el estado de Tamaulipas ocupa el primer lugar en superficie sembrada, alcanzando una producción de 1,758,356.28 t ha⁻¹. En la Figura 2 se muestran los avances de producción mensual desde el 2016-2023.



Fuente: (SIAP, 2023).

Figura 2. Evolución mensual de la producción de sorgo para grano en miles de toneladas.

2.5. Clasificación taxonómica del cultivo de sorgo

La planta de sorgo pertenece a la familia de las gramíneas y es un miembro importante de la tribu Andropogoneae. El género está compuesto por 25 especies y cinco subgéneros que comprende varias especies de importancia agronómica (Hariprasanna y Patil, 2015). Taxonómica y genéticamente, el sorgo está relacionado con el maíz, ya que ambos son diploides y tienen el mismo número de cromosomas ($2n=20$) además comparten la misma subfamilia, Andropogoneae.

A continuación, la clasificación taxonómica de *Sorghum bicolor* (L.) Moench según (Obiliana, 2004) es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: traceobionata

División: magnoliophyta

Clase: liliopsida

Subclase: commelinidae

Orden: cyperales

Familia: poáceas

Tribu: andropogoneae

Género: *Sorghum*

Especie: *Sorghum bicolor* (L.) Moench

2.6. Diferentes razas de sorgo

Existen diferentes razas de sorgo las cuales son bicolor, guinea, caudatum, kafir y durra, las cuales son morfológicamente diferentes. La caracterización morfológica de las cinco razas principales se presenta en el Cuadro 1. Como lo indican los estudios genéticos, todas las razas de sorgo son distintas entre sí. Se menciona que la raza más primitiva de sorgo es bicolor, y todas las demás razas se originaron a partir de ella (Kimber, 2000).

Cuadro 1. Rasgos característicos de diferentes razas de sorgo

No	Características	Bicolor	Kafir	Caudatum	Durra	Guinea
1	Inflorescencia	Inflorescencias abiertas	Moderadamente compacto	Abierto a compacto	Compacta	Abiertas
2	Glumas	Largo y ceñido	Largo y apretado	Corto	Medio arrugado e inferior	Largos separados
3	Espiguillas/granos	Elíptico	Elíptico	Un lado curvado y otro plano	Plano, ovado y sésil	Oblicuamente retorcido

Fuente: (Doggett, 1988).

2.7. Etapas fenológicas del sorgo

El cultivo del sorgo presenta tres etapas fenológicas bien definidas, con una duración de aproximadamente 30 días cada una, dependiendo de la variedad, así como de las condiciones agroclimáticas (Villeda, 2014).

Etapa 1 Vegetativa, comprende desde la siembra, hasta el inicio de los primordios florales. Inicia con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, el coleóptilo, crecimiento de hojas y tallo, finalizando al inicio del primordio floral con la hoja bandera visible.



Figura 3. Etapas vegetativas del sorgo desde la emergencia, hasta la aparición de la hoja bandera. Fuente: (Carcedo, 2023).

Etapa 2 Reproductiva, se inicia con la emergencia del primordio floral, continúa con iniciación de ramas primarias, secundarias; agrandamiento del ápice floral, glumas, espiguillas, formación de florecillas con sus estambres y pistilos, finalizando con la maduración de los órganos reproductivos.



Figura 4. Etapas reproductivas del sorgo desde el inicio a floración hasta la madurez fisiológica. Fuente: (Carcedo, 2023).

Etapa 3 comprende, polinización, fecundación del ovario, desarrollo y maduración del grano, debido a que la panícula no pasa por las etapas de crecimiento de manera uniforme, los primeros granos en desarrollarse y madurar se encuentran en la parte superior, los granos de la parte inferior son los últimos en madurar.

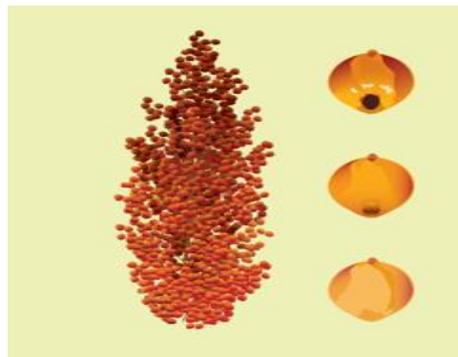


Figura 5. Diferencia de la madurez dentro de la panícula. Fuente: (Carcedo, 2023).

2.8. Propiedades nutraceuticas del sorgo

El sorgo ha sido un excelente alimento básico, durante un largo período de tiempo. El pericarpio, el endospermo y el germen son tres componentes anatómicos diferentes que se encuentran en los granos de sorgo. Entre el

pericarpio y el endospermo, algunos tipos incluyen un cuarto componente, llamado testa. Actualmente, se han realizado diversas investigaciones sobre el sorgo para consumo humano, debido a su gran potencial nutricional y funcional. Los compuestos fenólicos (3-deoxyanthocyanins, taninos, ácidos fenólicos) y los carotenoides hacen del sorgo un componente dietético importante. En el endospermo están presentes carbohidratos, proteínas, vitaminas B y minerales. El germen está formado por lípidos, vitaminas liposolubles, vitaminas del complejo B y minerales. Además, el sorgo es una rica fuente de sustancias químicas bioactivas en donde se ha demostrado que mejoran la salud humana. Se ha descubierto que los compuestos extraídos del sorgo, principalmente fenólicos, provocan cambios positivos en los parámetros relacionados con enfermedades como la diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares, cáncer e hipertensión, según investigaciones in vitro (Awika *et al.*, 2009; Kim y Park, 2012).

2.9. Composición química y valor nutricional

El sorgo es comparado en valor nutricional con el arroz, el maíz y el trigo. Los granos de sorgo tienen un valor energético de 296,1 a 356,0 kcal/100 g. Los polisacáridos (almidonados y no almidonados) son los constituyentes principales del sorgo, seguidos de las proteínas y los lípidos (Martino *et al.*, 2012).

2.9.1. Polisacáridos

Las características genéticas y las circunstancias de crecimiento impactan la cantidad y composición del almidón, el carbohidrato primario del sorgo. El contenido de almidón en diversos cultivos varía entre 32.1 y 72.5 g/100 g y se compone principalmente de amilopectina y amilosa. Debido a la estrecha conexión entre los gránulos de almidón, las proteínas y los taninos, el sorgo tiene la digestibilidad del almidón más baja de todos los cereales (Singh *et al.*, 2010).

2.9.2. Lípidos

Las prolaminas son las proteínas que se encuentran en el sorgo. Las principales prolaminas del sorgo son las kafirinas. Otros elementos exógenos que contribuyen a una mala digestibilidad incluyen el almidón, los elementos no almidonados polisacáridos, ácido fítico y lípidos (Martino *et al.*, 2012).

2.9.3. Proteínas

El sorgo tiene un bajo contenido de lípidos (1.24 a 3.07 g/100 g), y los ácidos grasos insaturados representan entre el 83 y el 88 por ciento del contenido de lípidos. Los ácidos grasos poliinsaturados son más abundantes que los ácidos grasos monoinsaturados en la mayoría de los cultivares de sorgo. Los ácidos linoleicos (45.6-51.1%), oleico (32.2-42.0%), palmítico (12.4-16.0%) y linolénico (1.4-2.8%) son los ácidos grasos más comunes que se encuentran en el sorgo (Afify *et al.*, 2012).

2.10. Impactos potenciales del sorgo en la salud humana

La investigación in vitro y en animales, ha revelado que los fenólicos, o sustancias químicas liposolubles extraídas del sorgo, ayudan a regular la microbiota intestinal y los parámetros relacionados con enfermedades como la obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer e hipertensión (Awika y Rooney, 2004).

2.10.1. Cáncer

Los carcinógenos como los tóxicos, los agentes mutagénicos y cancerígenos, que forman los intermediarios reactivos (especies reactivas de oxígeno y especies reactivas de nitrógeno); (Sharma *et al.*, 2010). La eliminación temprana de tumores malignos se considera un elemento importante de los beneficios anticancerígenos. Las investigaciones muestran que los compuestos fenólicos del sorgo, en particular las 3-deoxyanthocyanins, actúan directamente contra las células cancerosas al aumentar la apoptosis e inhibir el desarrollo y la propagación de células cancerosas de melanoma de

piel, colon, esófago, hígado, mama y médula ósea. Además, las 3-deoxyanthocyanins del sorgo son citotóxicas para las células cancerosas y la acción estrogénica de las flavonas del sorgo causó apoptosis en las células de cáncer de colon (Park *et al.*, 2012).

2.10.2. Diabetes

El efecto hipoglucemiante de los extractos fenólicos de sorgo fue similar al de la glibenclamida, un fármaco antidiabético utilizado en el grupo de control. Las áreas bajo las curvas de glucosa y glucemia disminuyeron en ratones después de consumir los extractos (Park, 2012). Según una investigación publicada en *The Journal of Agriculture and Food Chemistry*, los extractos de sorgo pueden ralentizar el ritmo de la digestión de la glucosa al inhibir las enzimas, lo que podría ser el primer mecanismo de acción del sorgo sobre el metabolismo humano. En ratones diabéticos a los que se les administraron extractos de sustancias fenólicas, se encontró un aumento en la concentración de insulina. Este aumento sugiere una mejor actividad de las células B, lo que tiene implicaciones terapéuticas para la diabetes tipo 2. A través de un aumento de la sensibilidad a la insulina, la administración oral de extractos fenólicos de sorgo puede prevenir y funcionar como factor coadyuvante en el tratamiento de la diabetes (Park *et al.*, 2012; Morey *et al.*, 2018).

2.11. Principales plagas del sorgo

Diversas plagas de insectos y ácaros son un factor limitante en la producción de sorgo. Las plagas clave atacan diversas de las etapas de crecimiento de la planta de sorgo, desde la emergencia hasta el llenado del grano, causando importantes pérdidas de rendimiento. Las principales plagas del sorgo en el campo incluyen mosquitos de la panícula, barrenadores del tallo, gusanos y pulgones. Otros incluyen los que se alimentan de hojas y los defoliadores (lepidópteros de varios géneros, langostas, saltamontes, escarabajos, entre otros); (Edde, 2022).

2.11.1. Mosquita de la panícula (*Contarinia sorghicola*)

La mosquita de la panoja, también conocida como mosca “midge” (*Contarinia sorghicola*), es una de las plagas más comunes y que causa más daño a la producción de grano de sorgo. Un alto número de mosquitas puede destruir cultivos susceptibles. En todo el mundo, se estima que destruye alrededor del 10-15% del sorgo cultivado (INIFAP, 2020).

2.11.2. Gusano barrenador del tallo (*Diatraea spp.*)

El daño se caracteriza por agujeros y galerías internas en los entrenudos causados por las larvas que se alimentan dentro de los tallos del sorgo. Este daño general causa pérdidas en la producción. Por ejemplo, para niveles de daño del 10% al 20% de los entrenudos perforados (Atencio *et al.*, 2022).

2.11.3. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El género *Spodoptera* se encuentra presente en todas las regiones agrícolas del mundo. Sin embargo, *S. frugiperda* es una especie de distribución limitada al continente americano, desde el sur de Canadá, hasta Chile y Argentina, incluyendo todas las islas del Caribe. En sorgo, el gusano cogollero corta las plántulas en la base, se alimenta de hojas y tallos recién formados (SENASICA, 2021).

2.11.4. Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

El gusano soldado es una plaga polífaga, motivo por el cual se encuentra ampliamente distribuida en el país. Se encuentra presente en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Baja California, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas entre otras entidades. En algunas plantas las larvas defoliar las plantas al alimentarse del follaje. Las larvas se alimentan por la noche y se ocultan durante el día (SENASICA, 2021).

2.12. Pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*)

El pulgón *Melanaphis sacchari* Z. (*Hemiptera: Aphididae*), ha sido una plaga económicamente importante del sorgo, en regiones de Asia y África, durante varias décadas. Se encontró por primera vez en los Estados Unidos en Florida en 1977 y fue encontrado en caña de azúcar en Luisiana en 1999, en Dinamarca 1988. Mientras que Dinamarca también informó que *M. sacchari* en Florida se alimentaba de *Sorghum spp.*, se detectó por primera vez a lo largo de la costa del Golfo de Texas en 2013. En este mismo año, esta nueva plaga del sorgo fue detectada en 38 condados en Texas, Luisiana, Oklahoma y Mississippi (Wesley, 2021). El pulgón amarillo se detectó por primera vez en México en octubre de 2013, desde entonces, esta plaga ha adquirido gran importancia por las grandes pérdidas que ha ocasionado en el cultivo del sorgo. El cual se ha convertido rápidamente en la plaga número uno en el cultivo del sorgo en varios estados de México. Reportes en Tamaulipas, Coahuila, Sinaloa, Guanajuato, Jalisco y Nayarit, han demostrado su agresividad y capacidad de desplazarse rápidamente en el país, atacando tanto a sorgos de grano como forrajeros (INTAGRI, 2014).

2.12.1. Clasificación taxonómica

Según (Avila, 2022) menciona la siguiente clasificación del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), el cual es un insecto que ataca diversos cultivos.

Reino: Animalia

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Aphididea

Género: *Melanaphis*

Especie: *Sacchari*

2.12.2. Importancia económica

El origen de esta especie se localiza en África y actualmente se distribuye en diversos países de Asia, Australia, el Caribe, Centro y Sudamérica (INIFAP, 2014). El pulgón ataca a la planta de sorgo, durante todo el desarrollo del cultivo, hasta la formación de la panícula, pero el daño económico usualmente ocurre durante las etapas posteriores al desarrollo vegetativo lo que ocasiona daños en la planta al succionar el jugo y transmitir enfermedades. Puede causar pérdidas desde el 30% al 100%, debido a que presenta altas tasas de reproducción y densidades de población muy altas (CIMMYT, 2016). Como daño indirecto, sobre la melaza que es producida por el pulgón, puede crecer fumagina afectando la capacidad fotosintética de la planta (SENASICA, 2014).

2.12.3. Hospedantes

El pulgón amarillo del sorgo es considerado, por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, como una plaga de importancia económica que daña a los cultivos de sorgo, avena, caña de azúcar, trigo y cebada, y tiene como hospedantes secundarios al arroz, al maíz y zacate Johnson, entre otros (SENASICA, 2014).

2.12.4. Ciclo biológico

El ciclo biológico del insecto está regulado, principalmente por la calidad del alimento y por la temperatura. La temperatura óptima para el desarrollo del pulgón amarillo del sorgo es de 28.3 °C (T mínima 8.6 °C y T máxima 37.8 °C), por lo cual pasa por cuatro estadios ninfales. Su ciclo de vida oscila entre 28 a 37 días. Estos insectos son ovovivíparos (sin fase de huevecillo) y en cinco días alcanzan la madurez, posteriormente se reproduce en forma asexual cada hembra da origen a otras hembras, lo que explicaría la formación de colonias con gran cantidad de individuos. En condiciones naturales el pulgón amarillo puede llegar a tener entre 50 y 60 generaciones por año (Chang *et al.*, 1982 y SEGOB, 2014).

2.12.5. Descripción morfológica

Las ninfas, varían en sus colores y depende de la planta que se alimente, su color va desde un amarillo pálido, hasta tonalidades verde-grisáceas en las formas más desarrolladas. En su fase adulta son color amarillo claro a grisáceo, con una longitud de 1.10-1.90 mm, las antenas tiene generalmente seis segmentos con una longitud mayor a la del cuerpo, se presenta en forma alada y áptera (Payán, 2020).

2.12.6. Daños

Los daños del pulgón amarillo en el cultivo incluyen la decoloración marrón de la hoja, seguido de la clorosis, necrosis, retraso del crecimiento y retraso en la floración, llenado de grano deficiente lo que ocasiona pérdidas significativas de calidad y rendimiento. Se alimenta de la superficie abaxial de las hojas, las infestadas se cubren a menudo con fumagina que crece en la mielecilla producida, lo que afecta la capacidad fotosintética de la planta. Además, puede transmitir el virus Sugarcane mosaic virus (SCMV), Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) y otras enfermedades (Bertasello *et al.*, 2021).

Si, los pulgones infestan la panícula, antes de la antesis, las flores pueden no desarrollarse completamente, evitando la producción de semillas, llenado de grano o bien generando semillas de baja calidad (Paudyal *et al.*, 2019).

Cuando las infestaciones alcanzan altas densidades, antes de la floración, la emergencia de la panícula puede dificultarse fuera de la hoja bandera, y esto puede resultar en la pérdida total de la cosecha, así como el retraso en la madurez del grano (Bowling *et al.*, 2016).

Según Seiter *et al.*, (2019) se ha observado que a niveles de infestación de 300 pulgones por hoja (pueden cubrir una superficie de 15 cm² de la hoja), los cuales pueden provocar una pérdida del 100 %.

La distribución geográfica del pulgón amarillo alrededor del mundo, comprende diferentes países como son Angola, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Egipto, Etiopia, Haití, Hawái, India, Indonesia, Japón, Jamaica, Nigeria, Pakistán, Perú, Filipinas, Sudan, Trinidad y Tobago, Tailandia y Venezuela. Donde causan importantes daños económicos en el cultivo, en China, Japón, India, Sudáfrica, Estados Unidos y recientemente en México en el cual en su detección causó daños importantes en el ciclo del cultivo en el año 2013 en distintas regiones de norte América (Singh *et al.*, 2004; y Villanueva *et al.*, 2014).

2.12.7. Muestreo

El pulgón amarillo se muestrea desde la emergencia, hasta la madurez fisiológica del grano, inspeccionando semanalmente los márgenes y el centro de la parcela. Es importante muestrear particularmente el envés de las hojas, ya que allí se localizan la mayoría de los pulgones (INIFAP, 2014).

2.12.8. Control genético

La resistencia genética sobre todo de híbridos de sorgo tolerantes o resistentes a los insectos, se ha caracterizado en tres mecanismos de resistencia que son antixenosis (no preferencia), antibiosis y tolerancia (Payán, 2020). La resistencia de las plantas a los insectos, rara vez depende totalmente de un solo mecanismo; invariablemente se notan mecanismos de superposición, así como factores morfológicos y bioquímicos, la resistencia de las plantas producida principalmente de híbridos es un componente importante del manejo de los áfidos y puede ayudar en el control de esta plaga (Qureshi *et al.*, 2006).

La antixenosis el cual es la no preferencia que es atribuida al insecto cuya conducta, inducida por la planta, impide alimentarse, refugiarse u reproducirse en ella, por lo tanto podría definirse mejor como la capacidad del

vegetal para mantener alejados a los insectos, los caracteres en las plantas que están asociados con la no preferencia incluyen vello, ángulo de las hojas, olor y sabor, la no preferencia involucra varias características morfológicas y químicas de las plantas hospedadoras y el grado de no preferencia varía de una especie a otra. En las plantas de sorgo las características pueden ser como mayor distancia de entrenudos en las hojas, láminas de cera gruesas, menor ángulo de hojas respecto al tallo (erectas y semierectas), contenidos de polifenoles, y niveles altos de nitrógeno (Hernández *et al.*, 2015).

La antibiosis se define como al efecto adverso de la planta huésped en el desarrollo y reproducción del insecto plaga, los cuales se alimentan de plantas resistentes, las cuales retrasan el crecimiento y la tasa de reproducción de los insectos, la antibiosis puede provocar incluso la muerte y se considera la verdadera forma de resistencia a los insectos y puede implicar características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de la planta huésped (Perales *et al.*, 2019).

La tolerancia es la capacidad de una planta para crecer, reparar daños y producir, bajo presiones poblacionales de insectos que matarían o incapacitarían a otras variedades susceptibles (Perales *et al.*, 2019).

2.12.9. Control cultural

Las buenas prácticas para el control cultural son manipulaciones del agroecosistema implementadas para reducir las poblaciones de plagas e incluyen prácticas como el manejo de la vegetación, la rotación de cultivos, la fecha de siembra, la densidad de siembra y el crecimiento de variedades resistentes (Wratten *et al.*, 2007).

El pulgón amarillo pasa el invierno en el tejido vegetal vivo y tiene un rango de huéspedes estrecho, por lo tanto, se debe hacer la eliminación del sorgo y residuos de la cosecha anterior, donde estos puedan sobrevivir a las bajas temperaturas. Por lo tanto, es fundamental para eliminar las poblaciones existentes y romper su ciclo de vida, por lo cual es importante durante las

labores de preparación del terreno para la siembra; independiente al uso de labranza utilizado, las malezas, rebrotes y plantas voluntarias deberán ser eliminadas. Además, es importante mantener libre de malezas al cultivo, durante los primeros 40 días para tener un mejor control de esta plaga (Singh *et al.*, 2004).

2.12.10. Control legal

Emplear una adecuada fecha de siembra de sorgo es importante, donde las poblaciones de *M. sacchari* sean reducidas; con el empleo de variedades resistentes. Además, se debe cumplir con la “Norma Oficial Mexicana NOM-001-SAG/FITO-2013” (SAGARPA, 2018).

Después de la cosecha es recomendable eliminar los residuos que hayan quedado mediante su incorporación al suelo, a través de barbecho y rastreo. Además, se deberá realizar la eliminación de plantas hospederas tanto en las orillas del cultivo, como en drenes, canales, caminos, etc. En caso de que no sea posible la destrucción de plantas voluntarias y malezas como zacate Johnson, se considera importante enfocar el muestreo en estos hospedantes (Payán, 2020).

2.12.11. Control biológico

Los predadores, parasitoides y entomopatógenos juegan un papel muy importante en la regulación de las poblaciones del pulgón amarillo del sorgo, existen diversos insectos que se han registrado y controlan el pulgón amarillo. Se han documentado más de 47 especies de enemigos naturales en todo el mundo, ya que frecuentemente mantienen las poblaciones por debajo de los umbrales económicos en el cultivo de sorgo alguno de ellos son: *Lecanicillium lecanii*, predadores *Diomus terminatus* Say (*Coleoptera: coccinellidae*), *Allograpta exotica* (Wiedemann) (*Diptera: Syrphidae*), *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (*Hymenoptera: Braconidae*), *Chrysoperla externa* (Hagan) (*Neuroptera: Hemerobiidae*) *Coleomegilla maculata fuscilabris* (Mulsant),

Cycloneda sanguínea (L.), *Hippodamia convergens* Guerin y *Ola v-nigrum* Mulsant (Coleoptera: Coccinellida); (White *et al.*, 2001); (Singh *et al.*, 2004).

Se han desarrollado nuevas alternativas para el control de las plagas, entre las que se encuentran la utilización de extractos vegetales, como insecticida alternativo. Asimismo, se han realizado diversos estudios sobre la búsqueda y evaluación de diferentes especies de plantas, para utilizarlas como insecticidas botánicos, que presenten compuestos químicos secundarios y activos contra las plagas agrícolas (Rodríguez, 2016). Estudios recientes de Gómez *et al.*, (2020) determinaron la efectividad del extracto de chicalote, donde resulto que provocaba una mortalidad de hasta 91% en pulgón amarillo del sorgo.

Además, se han realizado evaluaciones para determinar la efectividad biológica de extractos vegetales de neem (*Azadirachta indica*), cempasúchil (*Tagetes erecta*), pirul (*Schinus molle*), higuera (*Ricinus communis*) y sorgo (*Sorghum bicolor*); (Rodríguez, 2016) donde este último cultivo cuenta con propiedades como los taninos, y en particular los taninos condensados como polímeros fenólicos en especial proantocianidinas, que son inhibidores endógenos del crecimiento de numerosas especies de insectos, actuando como sustancia antibiótica o como disuasor anti nutricional en relación a los insectos y áfidos.

Esta función está correlacionada con la toxicidad que estos pueden tener gracias a su capacidad de acomplejar proteínas y disminuir la capacidad de que los alimentos sean digeridos, con efectos negativos sobre el metabolismo endógeno del insecto, mientras otro aspecto de su poder disuasorio se relaciona con su efecto en el sabor (astringencia); (SILVATEAM, 2021).

2.12.12. Control químico

El control químico debe utilizarse como último recurso considerando que esto puede generar resistencia a la plaga, tratando de realizar la rotación de los ingredientes activos. Los insecticidas que generalmente se utilizan en sorgo, han sido impredecibles en su desempeño contra el *M. sacchari*, los cuales son Sulfoxaflor (Transfrom™ 50 WG, Dow AgroSciences, Indianapolis, IN) y flupiradifurona (Sivanto®™ 200SL, Bayer CropScience, Leverkusen, Alemania) fueron muy efectivos para controlar los áfidos de la caña de azúcar en los EE. UU. (Buntin *et al.*, 2017).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2014) determinó que los mejores insecticidas para el control del pulgón amarillo del sorgo, con una efectividad mayor al 90% en diversas dosis (g de ingrediente activo/ha) son: Imidacloprid (105), Sulfoxaflor (12), Spirotetramat (45), Thiametoxam (125) Metamidofos (900) y Clorpirifos etil, el cual es un plaguicida y acaricida organofosforado, se caracteriza por ser altamente de amplio espectro para control de plagas de suelo y parásitos, ya que bloquea el paso de la acetilcolinesterasa a nivel neurona este último, es utilizado para el control del pulgón amarillo (Lewis, 2016).

2.13. Análisis multivariado

El análisis multivariante es una técnica que se utiliza para analizar múltiples variables simultáneamente. Su objetivo es encontrar patrones, relaciones y asociaciones entre las variables. En contraste con el análisis univariante, que se enfoca en una sola variable, el análisis multivariante examina la interacción entre múltiples variables (INESDI, 2023). Ejemplos de análisis multivariados son el análisis de conglomerados y de componentes principales. El análisis de conglomerados o grupos se refiere a un algoritmo que agrupa objetos similares en grupos.

El análisis de conglomerados es un conjunto de grupos, donde cada uno es diferente entre sí y los objetos de cada grupo son muy similares entre si (Universidad de Murcia, 2022).

El análisis de componentes principales (ACP) es uno de los métodos de análisis de datos multivariantes el cual permite investigar conjuntos de datos multidimensionales con variables cuantitativas. Se utiliza ampliamente en bioestadística, marketing, sociología y muchos otros campos.

Es un método que permite proyectar las observaciones de un espacio p -dimensional con p variables a un espacio k -dimensional (donde $k < p$) para conservar la máxima cantidad de información (la información se mide aquí a través de la varianza total del conjunto de datos) de las dimensiones iniciales. Las dimensiones del ACP también se denominan ejes o factores. Si, la información asociada a los 2 o 3 primeros ejes representa un porcentaje suficiente de la variabilidad total del diagrama de dispersión, las observaciones podrían representarse en un gráfico de 2 o 3 dimensiones, facilitando así su interpretación (XLSTAT, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio experimental

En el ciclo agrícola primavera-verano, 2022 se establecieron bajo condiciones de campo abierto 40 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) evaluadas en tres tratamientos (extractos, testigo y químico) en su respuesta a la infestación del pulgón amarillo. El sitio experimental se ubica en “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), situado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el cual se encuentra a una latitud de 25° 21'33" N, longitud de 101°02'20" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2021). La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco. El croquis del experimento se presenta en la Figura 6, así como las características del experimento en el Cuadro 2.

Surco	Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7	Bloque 8	Bordo
66	Extractos	*****	PAS 23-3	PAS 23-2	PAS 23-1	PAS 23	PAS 22-2	*****	*****	*****
65		PAS 21-2	PAS 21-3	PAS 21-4	PAS 21-5	PAS 22	PAS 22-1	*****	*****	*****
64		PAS 21-1	PAS 21	PAS 20-23	PAS 20-2	PAS 20-1	PAS 20	PAS19-4	*****	*****
63		5 ▲ --	MR	T1R3	PAS 19	PAS 19-1	PAS 19-2	PAS19-3	*****	*****
62		5 ▲	T1R3	LES 115 ▲	LES 015 ▲	LES 013 ▲	LES 012 ▲ BCO	12	11 ▲ -1	*****
61		T2R3	T5R3	6 ▲	9 ▲	T9R1	T10R3	T10-1	11 ▲	*****
60	Testigo	PAS 21-5	PAS 22	PAS 22-1	PAS 22-2	PAS 23	PAS 23-1	PAS 23-2	PAS 23-3	*****
59		PAS 21-4	PAS 21-3	PAS 21-2	PAS 21-1	PAS 21	PAS 20-3	PAS 20-2	PAS 20-1	*****
58		5 ▲ --	MR	T1R3	PAS 19	PAS 19-1	PAS 19-2	PAS 19-3	PAS20	*****
57		5 ▲	T1R3	LES 115 ▲	LES 015 ▲	LES 013 ▲	LES 012 ▲ BCO	12	11 ▲ -1	*****
59		T2R3	T5R3	6 ▲	9 ▲	T9R1	T10R3	T10-1	11 ▲	*****
55	Químico	PAS 21-5	PAS 22	PAS 22-1	PAS 22-2	PAS 23	PAS 23-1	PAS 23-2	PAS 23-3	*****
54		PAS 21-4	PAS 21-3	PAS 21-2	PAS 21-1	PAS 21	PAS 20-3	PAS 20-2	PAS 20-1	*****
53		5 ▲ --	MR	T1R3	PAS 19	PAS 19-1	PAS 19-2	PAS 19-3	PAS20	*****
52		5 ▲	T1R3	LES 115 ▲	LES 015 ▲	LES 013 ▲	LES 012 ▲ BCO	12	11 ▲ -1	*****
51		T2R3	T5R3	6 ▲	9 ▲	T9R1	T10R3	T10-1	11 ▲	*****
		3 M	3 M	3 M	3 M	3 M	3 M	3 M	3 M	*****

▲ = incremento

Figura 6. Croquis de las líneas experimentales de sorgo.

Cuadro 2. Características del ensayo y parcela experimental.

Localidad	UAAAN		
Fecha de siembra	27 de mayo de 2022		
Régimen hídrico	Riego por cintilla		
Número de genotipos	40		
Número de surcos por parcela	1		
Número de plantas por surco	54		
Longitud de surco (m)	3		
Distancia entre surcos (m)	0.80		
Distancia entre plantas (m)	0.06		
Fertilización	20-20-20;	20-30-10	+
	micronutrientes		
Densidad de población (plantas por hectárea)	300,000		

3.2. Material genético

El germoplasma utilizado consistió de 40 líneas experimentales de sorgo (Cuadro 3) pertenecientes al programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

Cuadro 3. Genotipos de sorgo y características del color de grano.

No.	Genotipo	Color de grano	No.	Genotipo	Color de grano
1	T2R3	Marrón claro	21	LES-PA19	Marrón claro
2	T5R3	Marrón claro	22	LES-PA19-2	Marrón claro
3	LES-6 Δ	Marrón claro	23	LES-PA19-3	Marrón claro
4	LES-9 Δ	Marrón oscuro	24	LES-PA 20	Rojo anaranjado
5	T9R1	Marrón claro	25	LES-PA 20-1	Rojo anaranjado
6	T10R3	Rojo anaranjado	26	LES-PA 20-2	Rojo anaranjado
7	T10-1	Blanco grisáceo	27	LES-PA 20-3	Rojo anaranjado
8	LES-11 Δ	Marrón claro	28	LES-PA 21	Marrón claro
9	LES-11 Δ -1	Rojo naranjado	29	LES-PA 21-1	Marrón claro
10	LES-12	Blanco	30	LES-PA 21-2	Marrón claro
11	LES 012 Δ	Blanco amarillento	31	LES-PA 21-3	Marrón claro
12	LES 013 Δ	Marrón oscuro	32	LES-PA 21-4	Marrón claro
13	LES 015 Δ	Marrón claro	33	LES-PA 21-5	Marrón claro
14	LES 115 Δ	Marrón claro	34	LES-PA 22	Blanco
15	T1R3	Rojo anaranjado	35	LES-PA 22-1	Blanco amarillento
16	LES-5 Δ	Marrón rojizo	36	LES-PA 22-2	Blanco amarillento
17	LES-5 Δ --	Marrón claro	37	LES-PA 23	Marrón claro
18	MR	Blanco	38	LES-PA 23-1	Marrón claro
19	T1R3	Marrón claro	39	LES-PA 23-2	Blanco
20	LES-PA 19	Marrón claro	40	LES-PA23-3	Blanco amarillento

Δ = incremento de semilla experimental de sorgo.

3.3. Tratamientos utilizados en el experimento

- 3.3.1.** Testigo. Sin aplicación de ningún producto para el control del pulgón amarillo.
- 3.3.2.** Tratamiento químico. Se utilizó el producto Clorpirifos etil a una dosis de 1ml L⁻¹, realizando dos aplicaciones, la primera al inicio de la aparición de pulgón amarillo y la segunda se aplicó en la etapa reproductiva de la planta.
- 3.3.3.** Tratamiento biológico (Bioinsecticida). Mezcla de extractos naturales de granos de sorgo de color negro al 25% de etanol y granos de sorgo rojo al 50% de etanol. Efectuando la primera aplicación al momento de la aparición del pulgón amarillo, realizando seis aplicaciones a una dosis de 2 ml L⁻¹ de la mezcla de los extractos y una aplicación más incrementando la dosis a 20 ml L⁻¹.

La metodología para la elaboración del extracto de la semilla de sorgo aplicada por González-Martínez (2022), se basó en el método de Cox *et al.* (2019). El cual consiste en utilizar 10 g de muestra de harina de sorgo mezclado con 100 ml de etanol a concentración de 25% para el genotipo LES 291 y 50% para genotipo LES N. Posteriormente, las muestras se dejaron en agitación por un periodo de 36 horas a temperatura ambiente y almacenado por 24 horas a 4°C, se mantuvieron en reposo y las muestras se filtraron con discos de papel Whatman del número 1.

3.4. Variables evaluadas en las líneas experimentales de sorgo

- 3.4.1. Días a floración (DF).** Esta variable se tomó cuando las plantas de cada genotipo en la parcela presentaban el 50% de las panículas en antesis media.
- 3.4.2. Altura de planta (AP).** Se utilizó una regla graduada hasta los 2.95 m, tomando tres plantas al azar, las cuales se midieron desde la base del tallo, hasta la parte superior de la panícula, reportándose en centímetros (cm).
- 3.4.3. Número de pulgones por planta (NPP).** Se realizó un conteo cuantitativo de pulgones presentes, en tres plantas al azar por cada genotipo evaluado, para determinar la incidencia presente en la planta.
- 3.4.4. Rendimiento de grano por planta (RGP).** Se cosecharon y trillaron tres panículas por línea y se determinó el promedio, expresándose en gramos por planta (g pl^{-1}), para lo cual se utilizó una balanza analítica.

3.5. Análisis estadístico multivariado

Los análisis de conglomerados y la prueba de *t* de *student* se utilizaron para analizar los datos obtenidos en la evaluación de 40 líneas experimentales de sorgo para grano, utilizando tres tratamientos: químico, biológico y un testigo. Los datos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 16 (2009).

Análisis de conglomerados (AC), este análisis básicamente lo que realiza es una implementación del siguiente algoritmo:

1. Examina la matriz de datos original ($n \times p$) conformada por n poblaciones y p variables.
2. Estandariza la matriz de datos originales ($n \times p$) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1.

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma}$$

Donde:

Z = Es la observación transformada a unidades de desviación estándar.

X = Es el valor original a estandarizar.

\bar{X} = Es la media de la variable original.

σ = Es la desviación estándar de la variable original.

3. Estima la distancia euclidiana en base a la matriz de datos estandarizados para el par de poblaciones (i, j) con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} = \left[\sum_{k=1}^P (X_{ik} - X_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

E_{ij} = es la distancia entre la población i y la población j .

X_{ik} = es el valor de la k -ésima variable sobre la i -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclidiana en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas y agrupa el par de poblaciones (i, j) que son más similares y las une en un nuevo grupo; utilizando el procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior.
5. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidiana para reflejar la supresión del par de poblaciones, i y j , que fueron unidas, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo, hasta que las n poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el dendograma.

3.6. Prueba de *t* de *student*

Se utilizó la *prueba de t de student* que es apropiada para comparar estadísticamente medias de dos muestras independientes y se calcula de la siguiente manera (Condo y Pazmiño, 2015).

$$t_c = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

El valor de la *t_c* se contrasta con el valor crítico o tabular al nivel de significancia ($P < 0.05$ o $P < 0.01$), de acuerdo a los grados de libertad $gl = (n_1 + n_2) - 2$.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se presentan los diferentes tipos de color de grano de las 40 líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor*) evaluadas para el control del pulgón amarillo (PAS), de las cuales 24 las líneas son de grano de color marrón (60%), siete presentaron color rojo (17.5%) y nueve con granos de color blanco (22.5%). El color de grano es una característica importante, ya que granos de color marrón son más resistentes al daño por aves, debido al contenido de taninos condensados, en contraste los tipos de grano de color blanco son más susceptibles al consumo por aves (Ruiz-González, 2022).

Cuadro 4. Líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor*) evaluadas para el control químico y biológico del pulgón amarillo (*Melanaphi sacchari*).

No.	Genotipo	Color de grano	No.	Genotipo	Color de grano
1	T2R3	Marrón claro	21	LES-PA19	Marrón claro
2	T5R3	Marrón claro	22	LES-PA19-2	Marrón claro
3	LES-6 Δ	Marrón claro	23	LES-PA19-3	Marrón claro
4	LES-9 Δ	Marrón oscuro	24	LES-PA 20	Rojo anaranjado
5	T9R1	Marrón claro	25	LES-PA 20-1	Rojo anaranjado
6	T10R3	Rojo anaranjado	26	LES-PA 20-2	Rojo anaranjado
7	T10-1	Blanco grisáceo	27	LES-PA 20-3	Rojo anaranjado
8	LES-11 Δ	Marrón claro	28	LES-PA 21	Marrón claro
9	LES-11 Δ -1	Rojo naranjado	29	LES-PA 21-1	Marrón claro
10	LES-12	Blanco	30	LES-PA 21-2	Marrón claro
11	LES 012 Δ	Blanco amarillento	31	LES-PA 21-3	Marrón claro
12	LES 013 Δ	Marrón oscuro	32	LES-PA 21-4	Marrón claro
13	LES 015 Δ	Marrón claro	33	LES-PA 21-5	Marrón claro
14	LES 115 Δ	Marrón claro	34	LES-PA 22	Blanco
15	T1R3	Rojo anaranjado	35	LES-PA 22-1	Blanco amarillento
16	LES-5 Δ	Marrón rojizo	36	LES-PA 22-2	Blanco amarillento
17	LES-5 Δ --	Marrón claro	37	LES-PA 23	Marrón claro
18	MR	Blanco	38	LES-PA 23-1	Marrón claro
19	T1R3	Marrón claro	39	LES-PA 23-2	Blanco
20	LES-PA 19	Marrón claro	40	LES-PA23-3	Blanco amarillento

Δ = incremento

4.1. Tratamiento químico

Análisis de conglomerados (AC)

Con el análisis de conglomerados se analizaron simultáneamente las variables: días a floración (DF), altura de planta (AP), número de pulgones por planta (NPP) y rendimiento de grano por planta (RGP). Obteniendo el dendograma representado en la Figura 7 con el cual se obtuvieron nueve grupos, al realizar el corte de la gráfica a una distancia euclidiana de 1.94, cuando el genotipo 2 se enlaza con el genotipo 4, formando el grupo G3. La gráfica corresponde a los 40 genotipos de sorgo del tratamiento químico.

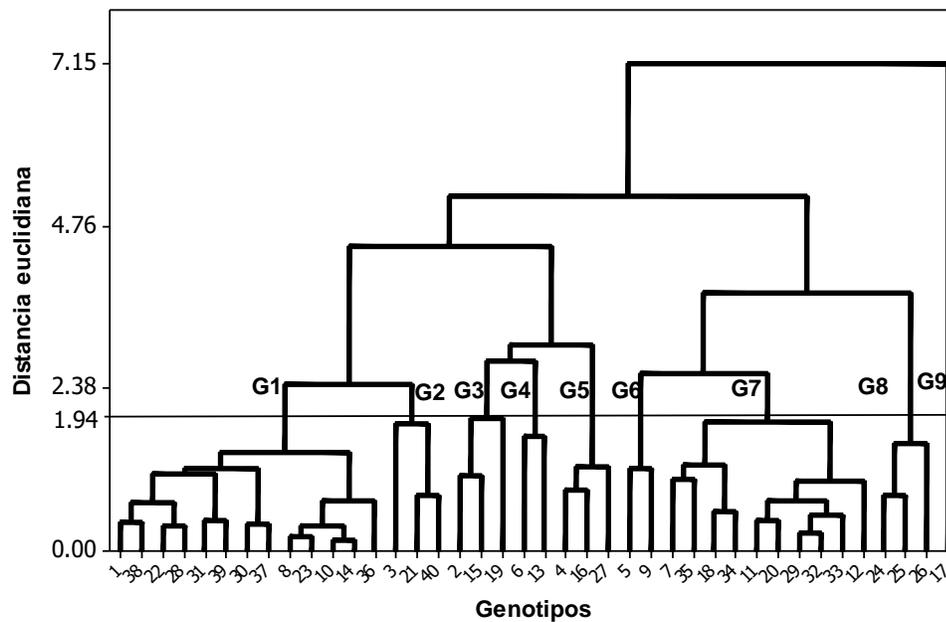


Figura 7. Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo utilizando el tratamiento químico Clorpirifos etil.

En el Cuadro 5 se presentan los promedios de los nueve grupos de genotipos de sorgo, para las cuatro variables evaluadas. En este análisis sobresalen por su rendimiento de grano, los grupos de genotipos: G2 (119.8 g pl⁻¹), G3 (118.7 g pl⁻¹) y G4 (119.6 g pl⁻¹) respectivamente, que además

mostraron un buen control de la plaga con promedios de 14 a 34 NPP, los cuales no sobrepasan el umbral de daño económico que va de un rango de 50 a 125 pulgones por hoja (Silva-Martínez *et al.*, 2019). En contraste el G9 fue el más susceptible presentando un mayor NPP=116, obtenido un rendimiento de 80.0 g pl⁻¹.

Cuadro 5. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el tratamiento químico.

Grupos	Genotipos	DF días	AP cm	NPP No.	RGP g pl ⁻¹
G1	1,38,22,28,31,39,37 30,8,23,10,14,36	86.4	160.6	15.3	95.7
G2	3,21,40	87.7	167.8	23.0	119.8
G3	2,15,19	86.3	298.2	14.0	118.7
G4	6,13	84.5	247.0	34.0	119.6
G5	4,16,27	83.0	252.0	11.7	93.4
G6	5,9	86.0	123.5	15.0	51.7
G7	7,35,18,34,11,20,29 32,33,12	83.8	159.7	11.2	77.3
G8	24,25,26	81.0	218.2	18.3	50.6
G9	17	86.0	142.7	116.0	80.0

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta.

4.2. Tratamiento con extractos

El análisis de conglomerados para el tratamiento con extractos de sorgo, el cual incluye las variables: DF, AP, NPP y RGP, se representa en la Figura 8. En el dendograma se observa que al hacer el corte de la gráfica a distancia euclidiana de 2.03 cuando se incorpora el genotipo 1 con el genotipo 6 forman el G1, lo cual da como resultado la formación de 11 grupos.

En el experimento donde se aplicaron los extractos de sorgo (Cuadro 6), se obtuvieron rendimientos altos en los grupos G7 (115.0 g pl⁻¹) y G8 (168.0 g pl⁻¹) y un buen control del pulgón amarillo del sorgo (PAS) con promedios de 8.8 a 25 NPP, respectivamente. En contraste en los grupos que presentaron el mayor número de pulgones: G9 (NPP=480), G10 (NPP=295) y G2 (NPP=265).

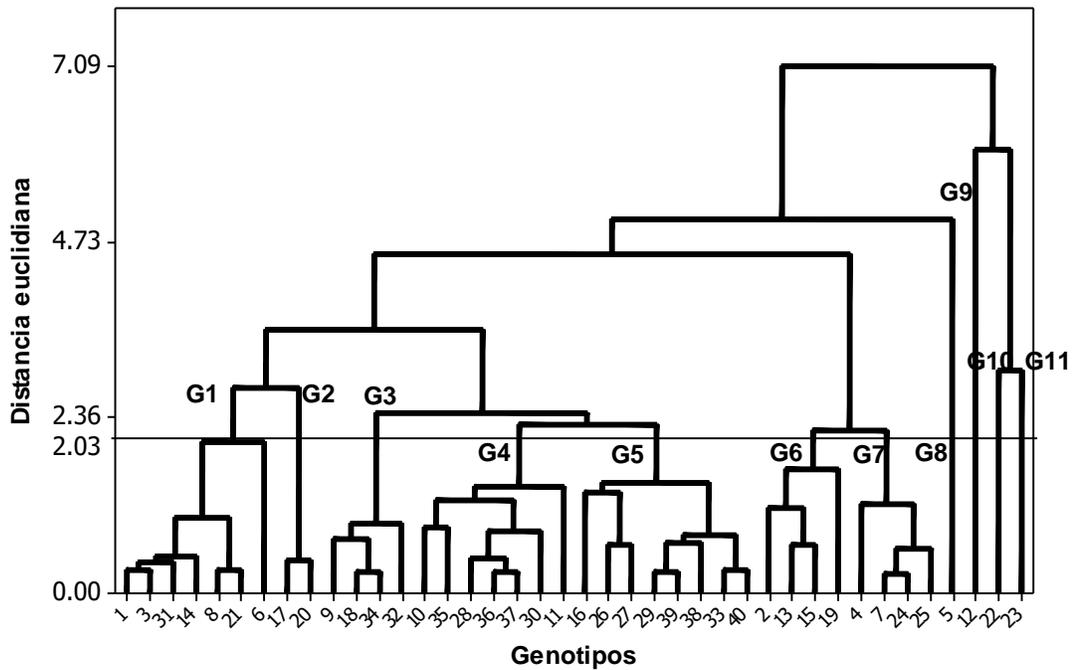


Figura 8. Dendrograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo utilizando extractos de granos sorgo de color negro y rojo.

Se presentó una disminución del rendimiento con promedios de 42 g pl⁻¹, 79 g pl⁻¹ y 79.3 g pl⁻¹ respectivamente, representado en el Cuadro 6. Los extractos de sorgo contienen propiedades como taninos condensados, los cuales son polímeros fenólicos inhibidores endógenos en el crecimiento de las plagas, actuando como sustancia antibiótica o anti nutricional, esto en función a su toxicidad con efectos negativos sobre el metabolismo del insecto y correlacionándose con su efecto en el sabor el cual es astringente (SILVATEAM, 2021).

Cuadro 6. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el tratamiento con extractos de sorgo.

Grupos	Genotipos	DF días	AP cm	NPP No.	RGP g
G1	1,3,31,14,8,21,6	89.3	146.5	54.7	79.8
G2	17,20	89.5	146.7	265.0	79.3
G3	9,18,34,32	84.8	121.0	28.0	49.6
G4	10,35,36,28,37,30,11	84.6	136.0	42.0	90.9
G5	16,26,27,29,39,38,33,40	83.6	160.6	42.6	67.4
G6	2,13,15,19	86.3	275.9	17.8	93.1
G7	4,7,24,25	83.8	230.8	8.8	115.0
G8	5	87.0	123.0	25.0	168.0
G9	12	83.0	141.0	480.0	42.0
G10	22	104.0	143.0	295.0	79.0
G11	23	99.0	109.0	40.0	68.0

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta.

Otra característica importante que resulta de la utilización de los extractos de sorgo es su eficacia en el control de hongos fitopatógenos como *Alternaria spp* y *Botrytis spp* (González-Martínez, 2023).

4.3. Testigo

Análisis de conglomerados (AC)

Con respecto al testigo, en cual no se aplicó ningún control del PAS, se formó un mayor número de grupos en el dendograma (Figura 9), donde se evaluaron las variables DF, AP, NPP y RGP, dando como resultado 14 grupos, cortando la gráfica a una distancia euclidiana de 1.61, cuando el genotipo 3 enlaza con el genotipo 10 formado el grupo G6.

En el testigo (Cuadro 7) a pesar de no haber aplicado ningún producto para el control de pulgón amarillo se obtuvieron grupos de genotipos como el G2 (NPP= 46) y G3 (NPP=85) con bajo número de PAS y con alto rendimiento con promedios de 111 y 121 g pl⁻¹. Esto se puede deber a que estos genotipos pueden presentar mecanismos de resistencia los cuales son antibiosis, antixenosis o tolerancia al insecto plaga (Payán, 2020).

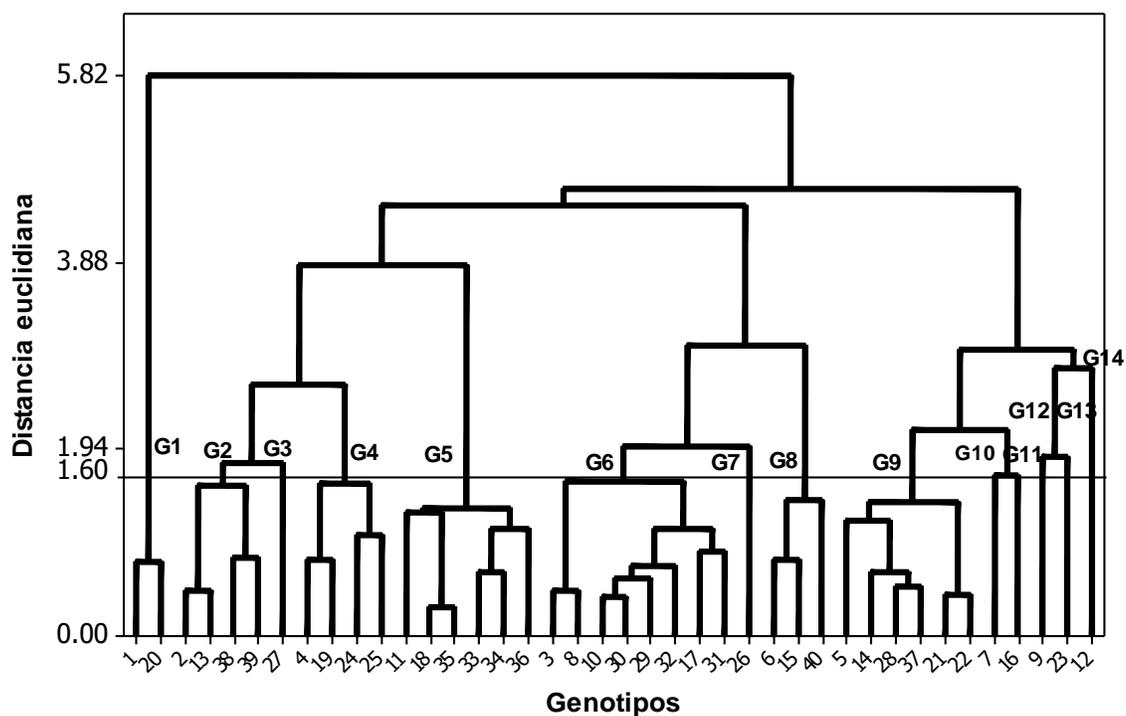


Figura 9. Dendrograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de sorgo, sin aplicación de ningún producto para el control del pulgón (testigo).

La resistencia de las plantas a los insectos, rara vez depende totalmente de un solo mecanismo invariablemente, se notan mecanismos de superposición, además de factores morfológicos y bioquímicos (Qureshi *et al.*, 2006). El G1 presentó el más alto rendimiento de grano (199.6 g pl⁻¹) aunque presento un promedio de 207.5 en el NPP. En contraste los grupos G9, G11, G12, G13 y G14 presentaron un índice alto de infestación del PAS disminuyendo su rendimiento con un rango en promedio de 23 a 75.9 g pl⁻¹, en este experimento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios de grupos en genotipos de sorgo obtenidos mediante el análisis de conglomerados para el testigo.

Grupos	Genotipos	DF días	AP cm	NPP No.	RGP g
G1	1,20	87.5	155.0	207.5	199.6
G2	2,13,38,39	84.3	242.9	46.0	111.9
G3	27	81.0	243.0	85.0	121.0
G4	4,19,24,25	83.0	283.8	30.5	69.5
G5	11,18,35,33,34,36	82.8	134.5	78.3	59.0
G6	3,8,10,30,29,32,17,31	87.1	151.6	108.3	82.8
G7	26	87.0	192.0	10.0	48.0
G8	6,15,40	88.3	251.0	97.0	89.2
G9	5,14,28,37,21,22	87.8	152.1	277.2	75.9
G10	7	86.0	203.0	238.0	107.0
G11	16	89.0	211.0	290.0	71.0
G12	9	84.0	107.0	216.0	41.0
G13	23	88.0	143.0	252.0	23.0
G14	12	83.0	155.0	392.0	69.0

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta.

Prueba de *t* de student

La prueba de *t* de student permite formular la hipótesis nula (H_0) y la alternativa (H_a) con la cual se puede determinar, si hay diferencias entre las medias de dos muestras independientes (Sánchez-Turcios, 2015). En los resultados obtenidos al realizar esta prueba, comparando la media general de las variables: DF, AP y RGP no se obtuvieron estadísticamente diferencias significativas entre las medias de los tres tratamientos (Cuadros 8, 9 y 10), indicando que la *t* calculada es menor que la *t* de student al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

Cuadro 8. Prueba de *t* de student e intervalo de confianza para comparar las medias de tres tratamientos, con respecto a la variable DF.

Variable	gl	Dif. de medias	Error estándar de la media	t cal.	<i>t-stud</i>	Intervalo de confianza 95%	
DF						inferior	superior
EX vs Q	78	1.375	0.785	1.75	1.99	-0.130	2.880
Ex vs T	78	0.725	0.852	0.85	1.99	-0.853	2.303
T vs Q	78	0.650	0.496	1.31	1.99	-0.339	1.639

DF= días a floración, EX= extractos, Q= químico y T= testigo

Cuadro 9. Prueba de *t de student* e intervalo de confianza para comparar las medias de tres tratamientos, con respecto a la variable AP.

Variable AP	gl	Dif. de medias	Error estándar de la media	t cal.	t-stud	Intervalo de confianza 95%	
						inferior	superior
Q vs EX	78	19.9	11.24	1.77	1.99	-2.4	42.2
T vs EX	78	19.4	11.97	1.62	1.99	-4.4	43.1
Q vs T	78	0.5	12.5	0.04	1.99	-22.7	23.7

AP= altura de planta, EX= extractos, Q= químico y T= testigo.

Cuadro 10. Prueba de *t de student* e intervalo de confianza para comparar las medias de RGP de dos tratamientos.

Variable RGP	gl	Dif. de medias	Error estándar De la media	t cal.	t-stud	Intervalo de confianza 95%	
						inferior	superior
Q vs EX	78	7.66	5.28	1.45	1.99	-2.80	18.11
T vs EX	78	1.61	7.0	0.23	1.99	-11.97	15.18
Q vs T	78	6.05	6.72	0.90	1.99	-7.29	19.39

RGP= rendimiento de grano por planta, EX= extractos, Q= químico y T= testigo.

En la variable NPP al aplicar la prueba de *t de student* se obtuvieron diferencias significativas en la media general de los tres tratamientos (Cuadro 11), donde se observa que la *t* calculada es mayor que la *t de student* a un nivel de significancia del 0.05 de probabilidad. El hecho de que el valor de cero, no pertenezca al intervalo de confianza, indica que se dispone de evidencia para concluir que las medias de la variable comparadas son distintas en cada tratamiento evaluado.

Cuadro 11. Prueba de *t de student* e intervalo de confianza para comparar las medias de NPP de dos tratamientos.

Variable NPP	gl	Dif. de medias	Error estándar De la media	t cal.	t-stud	Intervalo de confianza 95%	
						inferior	superior
EX vs Q	78	47.0	15.51	3.03	1.99	15.7	78.2
T vs EX	78	72.2	22.14	3.26	1.99	28.2	116.3
T vs Q	78	119.2	19.27	7.31	1.99	86.3	152.1

NPP= número de pulgones por planta, EX= extractos, Q= químico y T= testigo.

En el Cuadro 12 se presentan las medias generales para las variables evaluadas, donde se observa en la variable AP que el tratamiento de los extractos registró una altura media menor, aunque no es significativa con respecto a los demás tratamientos, obteniéndose un comportamiento similar en la variable RGP ver Apéndice (1, 2 y 3). En el control del pulgón amarillo se observa que el tratamiento químico, fue el más efectivo, ya que presentó una media reducida para la variable número de pulgones, seguido del tratamiento con extractos de sorgo, con el cual también se obtuvo un control medio de la plaga en comparación al tratamiento testigo.

Cuadro 12. Media general de las variables evaluadas en tres tratamientos para el control del pulgón amarillo en sorgo y resultados que muestran el nivel de significancia de acuerdo a la prueba *t* de *student*.

Tratamientos	DF días	AP cm	NPP no.	RGP g pl ⁻¹
Químico	85.1 a	184.4 a	18.1 c	89.7 a
Extractos	86.4 a	164.6 a	65.1 b	82.0 a
Testigo	85.7 a	183.9 a	137.4 a	83.6 a

DF= días a floración, AP= altura de planta, NPP= número de pulgones por planta y RGP = rendimiento de grano por planta. Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de *t* de *student* 0.05).

V. CONCLUSIONES

Se presentó una gran variación en el germoplasma experimental de sorgo evaluado, de acuerdo al atributo físico del color de grano, los cuales se clasificaron en marrón (60%), rojo (17.5%) y blanco (22.5%).

En el tratamiento químico, los genotipos de los grupos: G2 (119.8 g pl⁻¹), G3 (118.7 g pl⁻¹) y G4 (119.6 g pl⁻¹), presentaron alto rendimiento de grano por planta y un buen control de pulgones con promedios de 14 a 34 pulgones por planta.

Con la combinación de extractos de sorgo de color de grano negro y rojo, aplicados en el control del pulgón amarillo, se obtuvo alto rendimiento en los grupos G7 (115.0 g pl⁻¹) y G8 (168.0 g pl⁻¹), además de un buen control de la plaga con promedios de 8.8 a 25 número de pulgones por planta.

En el testigo los grupos G2 (NPP= 46) y G3 (NPP=85) presentaron un bajo número de pulgones y un alto rendimiento de grano con promedios de 111 y 121 gramos por planta, los cuales pueden presentar mecanismos de tolerancia al pulgón amarillo del sorgo y por lo tanto, se pueden utilizar para futuros trabajos de investigación.

VI.LITERATURA CITADA

- Afify, A.E.M.M.**, El-Beltagi, H.S., Abd El-Salam, S.M. and Omran, A.A. 2012. Protein solubility, digestibility and fractionation after germination of sorghum varieties. Plos one, 7(2):31154.
- Agrobit.** Origen del cultivo del sorgo. Consultado marzo, 2023. Disponible en [https://agrobit.com/Documentos/A_1_5_Sorgo/616_ag_000009sg\[1\].htm](https://agrobit.com/Documentos/A_1_5_Sorgo/616_ag_000009sg[1].htm)
- Atencio. R,** François-Régis Goebel, Abby Guerra, Amin Nikpay, Rubén D. Collantes G 2022. Integrated pest management of the sugarcane stemborers *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* and *Telchin licus*, Revista Especializada en Ciencias Agropecuarias Semillas del Sur. Vol. 2, 20 p.
- Avila. M. 2022.** Actividad afidicida en dieta artificial de *Dodonaea viscosa* contra *Melanaphis sacchari* Zehntner (*Hemiptera: Aphididae*). Tesis de Licenciatura. UAEM Cuernavaca. Morelos. 40p.
- Awika, J.M., Yang, L.,** Browning, J.D. and Faraj, A. 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. LWT–Food Science and Technology, 42(6):1041–1046.
- Awika JM, Rooney LW.** 2004, Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*;65,9:1199-221. doi: 10.1016/j.phytochem.2004.04.001. PMID: 15184005.
- Bertasello, L.E.T.,** Carmo-Sousa, M., Prado Maluta, N.K., Rossini Pinto, L., Spotti Lopes, J.R. & Gonçalves, M.C. 2021. Effect of Sugarcane Cultivars Infected with Sugarcane Yellow Leaf Virus (ScYLV) on Feeding Behavior and Biological Performance of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Plants*, 10(10): 2122.
- 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., Biles, S. & Maxson, E. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *J. Integr. Pest Manag.*, 7: 1-13.

- Buntin, G.D.**, X. Ni, K.R. Harris-Shultz, M.D. Toews, and D. Dunn. 2017. Grain, silage and forage sorghum hybrid resistance to insect and bird damage, 41 2017,
- Carcedo, P. Ana.** 2023. Sorghum Growth and Development, Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Chang, C.P.**, Fang, M.N. & Tseng, H.Y. 1982. Studies on the life history and varietal resistance in grain sorghum aphid, *Melanaphis sacchari* Zehntner in central Taiwan. Chinese Journal of Entomology, 2: 70-81.
- CIMMYT.** 2016. El pulgón amarillo puede dañar el total de la cosecha de sorgo. Disponible en <https://idp.cimmyt.org/el-pulgon-amarillo-puede-danar-el-total-de-la-cosecha-de-sorgo/>. Consultado. Noviembre 2023.
- Condo, L. A., & Pazmiño, J. M.** 2015. Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias (1.^a ed., Vol. 3). Riobamba, Ecuador: ESPOCH.
- Cox, S.**, Noronha, L., Herald, T., Bean, S., Lee, S. H., Perumal, R., Wang, W., Smolensky, D. 2019. Evaluación de las condiciones de extracción a base de etanol de compuestos bioactivos de salvado de sorgo con propiedades antiproliferativas posteriores en células cancerosas humanas. Heliyon, 5(5), e01589.
- Doggett, H.** 1988. Sorghum. Longman Scientific and Technical, Essex, UK, 512.
- Edde, Peter.** 2022. Arthropod pests of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). 10.1016/B978-0-12-818621-3.00011-2.
- FIRA.** 2023. Panorama agroalimentario. Sorgo. 2023. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. 33p.
- Google Earth,** 2021. Consultado en abril del 2021. Disponible en: <https://earth.google.com>
- Gonzalez-Martinez, D.V.** 2023. Cuantificación e identificación de taninos por HPLC-MS de extractos etanólicos de dos genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila. 67 p.

- Gómez A.H,** Fabián García González, Ricardo Trejo Calzada, José Ramón Hernández Salgado y Marco Andrés López Santiago, 2020. Evaluación de extractos acuosos de chicalote (*argemone pleiacantha* greene.) para el control del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner). Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. - Chihuahua, Bermejillo, Durango, México, 2 p.
- Hariprasanna, K . and Patil, J.V. 2015.** Sorghum: origin, classification, biology and improvement. In Sorghum Molecular Breeding, 3–20. Springer: New Delhi.
- Hernández-Martínez, M.,** Pecina-Quintero, V., Corredor, C. 2015. Situación actual del cultivo de sorgo en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. Disponible en: <http://www.cesaveg.org.mx/new/reunionpas/sorgoproblematicaresistencia-pulgon.pdf>. consultado noviembre 2023.
- Hariprasanna, K.,** Rakshit, S. 2016. Importancia Económica del Sorgo. *In:* Rakshit, S., Wang, YH. (eds). El genoma del sorgo. Compendio de Genomas de Plantas. Springer, Cham. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-319-47789-3_1.
- Hernández S, R. 2018.** Determinación de materia seca en dos variedades de sorgo forrajero cultivables en el municipio de hidalgo, Durango. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila 65 p.
- INAFAP, 2020.** La “mosquita de la panoja” del sorgo, prevención y control. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Rio Bravo Tamaulipas. 1 p.
- INAFAP, 2014.** Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Rio Bravo Tamaulipas. 2 p.
- INTAGRI S.C. 2014.** La Situación Actual del Pulgón Amarillo del Sorgo en México. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-situacion-actual-del-pulgon-amarillo-del-sorgo-en-mexico>.
- INESDI. 2023.** Análisis Multivariante. Recuperado de <https://www.inesdi.com/blog/analisis-multivariante-que-es-ejemplos/>

- Kimber, C.T. 2000.** Origins of domesticated sorghum and its early diffusion to China and India. In *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*. C.W. Smith and R.A. Frederiksen, (Eds.), 3–97.
- Kim, J . and Park, Y . 2012.** Anti-diabetic effect of sorghum extract on hepatic gluconeogenesis of streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition & Metabolism*, 9(1):1–7.
- Johnson, E.D. 2000.** *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Internacional Thompson Editores S.A de C. V. New York, U.S.A. Pp. 3–4.
- Lewis, K. T. 2016.** An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 1050-1064.
- Martino, H.S.D. , Tomaz, P.A. , Moraes, É.A. , Conceição, L.L.D., Oliveira, D.D.S. , Queiroz, V.A.V. , Rodrigues, J.A.S. , Pirozi, M.R. , Pinheiro-Sant'Ana, H.M. and Ribeiro, S.M.R. 2012.** Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 71(2):337–344.
- Minitab, Inc. 2009.** Minitab Statistical Software, Versión 16 para Windows, StateCollege, Pennsylvania. Minitab® es una marca comercial registrada de Minitab, Inc.
- Morey, S.R. , Hashida, Y ., Ohsugi, R ., Yamagishi, J . and Aoki, N. 2018.** Evaluation of performance of sorghum varieties grown in Tokyo for sugar accumulation and its correlation with vacuolar invertase genes *SbInv1* and *SbInv2*. *Plant Production Science*, 21(4):328–338.
- Montes, N. y Pecina.V. 2021.** Mejoramiento genético de sorgo en el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 25: 59-62. Consultado marzo 2023.<http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2824/4552>.
- Rodríguez, J.A.S., Pirozi, M.R. , Pinheiro-Santana, H.M. and Ribeiro, S.M.R. 2012.** Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 71(2):337–344.
- Rodríguez-Rodríguez, José F., Cerna-Chávez E., Ochoa Fuentes-Y.M. y Hernández-Bautista, 2016.** Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en Sorgo en Guanajuato. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*.

- Rebollar, R. S., Hernández, M.J., González, R. F. J., García, M. A.** 2016. Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare Pers*) en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 38: 229- 240. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14146082004>.
- Ruiz-González, S.R.** 2022. Evaluación en campo de variables agronómicas de genotipos de sorgo para determinación de tolerancia al pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 57 p.
- Obilana, A.B.** 2004. Sorghum: breeding and agronomy. In: Wrigley, C ., Corke, H ., Walker, C.E. (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*, vol. 3. Elsevier, Oxford, 108–119.
- Park, J.H. , Lee, S.H. , Chung, I.M. and Park, Y .** 2012. Sorghum extract exerts an anti-diabetic effect by improving insulin sensitivity via PPAR- in mice fed a high-fat diet. *Nutrition Research and Practice*, 6(4):322–327.
- Park, J.H. , Darvin, P ., Lim, E.J. , Joung, Y.H. , Hong, D.Y. , Park, E.U. , Park, S.H. , Choi, S.K. , Moon, E.S. , Cho, B.W. and Park, K.D.** 2012. Hwanggeumchal sorghum induces cell cycle arrest, and suppresses tumor growth and metastasis through Jak2/STAT pathways in breast cancer xenografts. *PLoS one*, 7(7):40531.
- Paudyal, S., Armstrong, J.S., Giles, K.L., Payton, M.E., Opit, G.P. & Limaje, A.** 2019. Categories of Resistance to Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae) Among Sorghum Genotypes. *J. Econ. Entomol.*, Aug 3;112(4):1932-1940. doi: 10.1093/jee/toz077. PMID: 30972411.
- Payán M.** 2020. “Caracterización de Antibiosis, Antixenosis y Tolerancia en Genotipos de *Sorghum bicolor* L. para *Melanaphis sacchari* Zethntner y Parasitoides Asociados a su Cultivo en Culiacán”. Tesis de Doctorado. UAS. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, 122 p.
- Perales-Rosas, D., R. Hernández-Pérez, V. López-Martínez, M. Andrade-Rodríguez, I. Alia-Tejacal, P. Juárez-López, F. Perdomo-Roldán, and D. Guillén-Sánchez.** 2019. Evaluación de la antibiosis, antixenosis, y tolerancia de *Melanaphis sacchari/sorghum* en híbridos de sorgo. *Southwest. Entomol.* 44: 763-770.
- Pérez Alejandra Hernández,** Adrián Raymundo Quero Carrillo, José Alberto Salvador Escalante Estrada, María Teresa Rodríguez González, Santiago Garduño Velázquez, Leonor Miranda Jiménez, 2017, Fenología, Biomasa y Análisis de Crecimiento de Cultivares de Sorgo

Forrajero en Valles Altos. *Agronomía Costarricense* 42,2: 107-117.
ISSN:0377-9424

- SAGARPA.2017.** Planeación Agrícola Nacional. Sorgo para grano. Consultado marzo,2023.Disponible.https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf.
- SAGARPA. 2018.** secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Regla para la calificación de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Servicio Nacional de Inspección y certificación de semillas. pp. 1- 18.
- Sánchez-Turcios, RA.** 2015. t-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología.* 26 (1) pp. 59-61.
- SEGOB, 2014,** Pulgón Amarillo de la Caña de Azúcar, Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura>. Consultado Noviembre, 2023.
- Seiter, N.J.,** Miskelley, A.D., Lorenz, G.M., Joshi, N.K., Studebaker, G.E. & Kelley, J.P. 2019. Impact of Planting Date on *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) Population Dynamics and Grain Sorghum Yield. *J. Econ. Entomol.*, 112(6):2731-2736. doi: 10.1093/jee/toz230. PMID: 31504628.
- SENASICA, 2021,** Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae),https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_ma_z_y_arroz.pdf, consultado Noviembre 2023
- SENASICA, 2014,** *Pulgón amarillo Melanaphis sacchari (Zehntner)* Disponible en.http://www.cesavep.org/descargas/Sorgo/FichaT%C3%A9cnicaNo.43Pulgonamarillo_25junio.pdf. consultado noviembre 2023.
- SENASICA, 2021,** *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633036/Gusano_soldado_spodoptera_exigua.pdf, consultado noviembre 2023.
- Sharma, S.,** Kelly, T.K. and Jones, P.A. 2010. Epigenetics in cancer. *Carcinogenesis*, 31(1):27–36.
- Singh, H.,** Sodhi, N.S. and Singh, N. 2010. Characterisation of starches separated from sorghum cultivars grown in india. *Food Chemistry*, 119(1):95–100.

- Singh BU, Padmaja PG and Seetharama N** 2004 Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection* 23:739–755.
- Silvateam, 2021.** *Todo sobre los taninos*, 09 Avenida Madison, Suite 1510 Nueva York, Nueva York 10022 Estados Unidos, Consultado noviembre 2023 Recuperado de <https://www.silvateam.com/en/who-we-are/extracts-nature/all-about-tannins.html>.
- SIAP, 2023.** Escenario mensual de productos agroalimentarios Dirección de Análisis Estratégico. Consultado noviembre, 2023. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832162/Sorgo_Mayo.
- SIAP, 2023** De nuestra cosecha, consultado julio 2023. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/789380/DE_NUESTRA_COSECHA_ENERO_2023.pdf
- Silva-Martínez, C., Nava-Camberos U., Cano-Ríos P., Reyes-Carrillo J.L., Avila-Rodríguez V. y García-Hernández J.L.** 2019. Programa de muestreo para el pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphissacchari* (Zehntner). *Ecosist. Recur. Agropec.* 6: 565-571. DOI: 10.19136/era.a6n18.2048
- Statista, 2023.** Superficie de cultivo mundial de sorgo 2016-2023. Consultada abril 2023 Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1128790/superficie-sorgo-cultivada-en-el-mundo/>
- Tenywa, M.M., Nyamwaro, S.O., Kalibwani, R., Mogabo, J., Buruchara, R. and Fatunbi, A.O.** 2018. Innovation Opportunities in Sorghum Production in Uganda. *FARA Research Reports.* 2: pp 20.
- Pérez A, Cuero J, María R, Santiago G, Leonor M.** 2018 Fenología, biomasa y análisis de crecimiento de cultivares de sorgo forrajero en valles altos *Agronomía Costarricense*, vol. 42, núm. 2, pp. 107-117,
- Qureshi, J. A., J. P. Michaud, and T. J. Martin.** 2006. Resistance to biotype 2 Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in two wheat lines. *J. Econ. Entomol.* 99: 544-550.
- Universidad de Murcia. 2022.** *Análisis de conglomerados*. Recuperado de <https://www.um.es/estadempresa/multivarianteR/CLUS/index.html> [um.es/estadempresa/multivarianteR/CLUS/resumen_CLUS.html](https://www.um.es/estadempresa/multivarianteR/CLUS/resumen_CLUS.html)
- USDA, 2022** Livestock, Dairy, and Poultry Outlook. Consultado abril 2023 disponible en: <https://www.usda.gov/>.

- Villeda C. Dora A, 2014.** Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con bajo contenido de lignina". INTSORMIL Scientific Publications. 46. <http://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs/46>.
- Villanueva RT,** Brewer MO Way SB, Sekula D, Bynum ED, Swart J, Crumley C, Knutson A, Porter P, Parker R, Odvody G, Allen C, Ragsdale D, Rooney W, Peterson G Kerns D, Royer T and Armstrong S (2014) Sugarcane Aphid: A New Pest of Sorghum. Texas A&M AgriLife Bookstore, ENTO-035 (<http://www.AgriLife bookstore.org/product-p/ento-035.htm>).
- Wratten,** S. D., G. M. Gurr, J. M. Tylianakis, and K. A. Robinson. 2007. Cultural control. In: van Emden, H.F., and Harrington, R., (Eds), Aphids as crop pests. 423-445.
- Wesley, J. 2021,** Management of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: aphididae), In Susceptible and Resistant Grain Sorghum, Doctoral Thesis, Texas A&M University, College Station Texas.123 p.
- White, W. H.,** Reagan, T. E., and D. G. Hall. 2001. *Melanaphis sacchari* (Homoptera: Aphididae), a sugarcane new to Louisiana. Fla. Entomol. 84: 435-436.
- XLSTATA, 2023.** Análisis de Componentes Principales (ACP). Copyright, Lumivero consultado. Noviembre 2023.

VII. APENDICE

Apéndice 1. Datos obtenidos en campo de las variables para el tratamiento químico.

Genotipos	DF días	AP cm	NPP no	RGP g pl ⁻¹
1	87	166	15	82
2	86	292	28	131
3	89	159	32	107
4	84	249	12	99
5	86	130	25	49
6	86	233	37	122
7	84	191	7	66
8	86	158	16	101
9	86	117	5	55
10	86	162	10	100
11	83	159	13	80
12	84	147	8	98
13	83	261	31	118
14	86	164	12	98
15	86	295	9	125
16	83	230	8	86
17	86	143	115	80
18	84	142	14	56
19	87	307	5	101
20	83	160	11	89
21	87	178	13	131
22	86	154	20	89
23	86	167	16	102
24	81	225	19	55
25	81	232	30	43
26	81	198	6	54
27	82	277	15	95
28	86	165	17	84
29	84	170	6	82
30	87	165	9	102
31	87	165	28	102
32	84	167	10	81
33	84	166	12	91
34	83	138	13	61
35	85	158	18	69
36	85	173	11	94
37	87	147	9	105
38	87	146	15	85
39	87	156	21	102
40	87	166	24	121
Promedio	85.05	184.4	18.1	89.7

Apéndice 2. Datos obtenidos en campo de las variables para el tratamiento con extractos de sorgo.

Genotipos	DF días	AP cm	NPP no	RGP g pl ⁻¹
1	89	144	38	66
2	87	232	28	95
3	90	149	43	70
4	84	269	13	123
5	87	123	25	168
6	88	185	80	109
7	84	212	13	118
8	90	137	75	86
9	86	103	19	47
10	84	137	110	82
11	81	136	16	97
12	83	141	480	42
13	86	277	18	95
14	89	154	52	74
15	88	286	20	84
16	84	165	120	54
17	89	143	250	78
18	84	121	32	48
19	84	308	5	99
20	90	151	280	81
21	90	121	75	85
22	104	143	295	79
23	99	109	40	68
24	84	220	3	114
25	83	222	6	105
26	81	197	56	69
27	82	190	9	61
28	86	143	15	97
29	85	152	23	63
30	84	160	35	92
31	89	136	20	70
32	86	146	29	54
33	84	145	30	75
34	83	113	32	50
35	84	108	50	88
36	86	130	28	91
37	87	137	40	90
38	86	150	47	76
39	84	153	18	66
40	83	134	35	75
Promedio	86.43	164.6	65.1	82.0

Apéndice 3. Datos obtenidos en campo de las variables para el testigo.

Genotipos	DF días	AP cm	NPP no	RGP g pl ⁻¹
1	87	158	220	189
2	85	256	15	132
3	89	165	85	101
4	84	285	10	69
5	87	125	310	58
6	88	220	89	102
7	86	203	238	107
8	89	150	117	93
9	84	107	216	41
10	87	149	113	83
11	82	155	25	74
12	83	155	392	69
13	84	257	35	127
14	87	165	315	71
15	88	243	118	81
16	89	211	290	71
17	88	146	129	72
18	82	110	85	45
19	84	288	15	97
20	88	152	195	210
21	89	152	225	78
22	88	150	215	76
23	88	143	252	23
24	81	270	52	65
25	83	292	45	47
26	87	192	10	48
27	81	243	85	121
28	88	160	275	83
29	86	162	78	89
30	86	145	110	83
31	86	143	158	78
32	86	153	76	66
33	84	135	84	78
34	84	126	80	56
35	82	119	68	51
36	83	162	128	50
37	88	161	323	90
38	84	251	73	98
39	84	208	61	91
40	89	290	84	85
Promedio	85.70	183.9	137.4	83.6