



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**INSECTOS ENTOMÓFAGOS ASOCIADOS AL PULGÓN AMARILLO
(*Melanaphis sacchari* ZEHNTNER) DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L.
MOENCH) EN PUEBLA, MÉXICO**

JAZMIN VERONICA FORTOUL DIAZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **JAZMIN VERONICA FORTOUL DIAZ** alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Arturo Huerta de la Peña**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Insectos entomófagos asociados al pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en Puebla, México**" y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 08 de noviembre del 2019.

Alumna
Jazmin Veronica Fortoul Diaz

Vo. Bo. Profesor Consejero
Arturo Huerta de la Peña

La presente tesis, titulada: **Insectos entomófagos asociados al pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en Puebla, México**, realizada por la alumna: **Jazmin Veronica Fortoul Diaz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

ASESOR: 
DR. JOSÉ HILARIO HERNÁNDEZ SALGADO

ASESOR: 
DR. ANDRÉS PÉREZ MAGAÑA

ASESOR: 
DR. JOSÉ REFUGIO LOMELI FLORES

Puebla, Puebla, México, 8 de noviembre del 2019

INSECTOS ENTOMÓFAGOS ASOCIADOS AL PULGÓN AMARILLO (*Melanaphis sacchari* Zehntner) DEL SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench) EN PUEBLA, MÉXICO

Jazmin Veronica Fortoul Diaz, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

En 2018 Estados Unidos, Nigeria, India, México y Etiopía fueron los países con mayor producción de sorgo (USDA, 2019). En México, Tamaulipas, Nayarit, Campeche y Sinaloa son los principales estados productores (SIAP, 2019). En 2014 se detectó por primera vez a *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en Tamaulipas, causando graves pérdidas a los productores de sorgo. En esta investigación se estudió la fluctuación poblacional del pulgón amarillo y se identificaron sus enemigos naturales en parcelas comerciales de sorgo en las localidades de Aguacomulcan, Atzala y Calmecca, Puebla. La colecta de enemigos naturales se realizó mediante método directo e indirecto. El material colectado fue procesado en laboratorio e identificado mediante claves dicotómicas. De igual manera, se diseñó una guía de entrevista para recopilar información de la percepción de los productores de sorgo sobre la incidencia del pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales. Esta guía se aplicó en las tres localidades mencionadas anteriormente y se entrevistó a un total de 44 productores de sorgo. Los resultados mostraron que la parcela ubicada en Aguacomulcan presentó la mayor densidad poblacional de *M. sacchari*, superando el umbral de daño económico en los primeros muestreos (44 días después de la siembra). También se determinó que mediante el método directo la familia Coccinellidae fue la más abundante, seguida por Chrysopidae y Syrphidae. Así mismo se registró que el 43% de los productores participó en 2018 en la Campaña MIP. El 100% de éstos manifestó tener infestación de *M. sacchari*; el control fue con insecticidas de síntesis y algunos lo complementaron con liberación de huevos de *Chrysoperla carnea* (Stephens). Finalmente se registró que más del 70% de los productores ha observado enemigos naturales del pulgón amarillo en su parcela, de los cuales los “miguelitos” (sírfidos) y las catarinas fueron los más conocidos.

Palabras clave: Aphididae; Coccinellidae; Braconidae; productores; conocimientos.

ENTOMOPHAGOUS INSECTS ASSOCIATED TO SUGARCANE APHID (*Melanaphis sacchari* Zehntner) OF SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench) IN PUEBLA, MEXICO

Jazmin Veronica Fortoul Diaz, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

In 2018, United States, Nigeria, India, Mexico and Ethiopia were the countries with the highest sorghum production (USDA, 2019). In Mexico, Tamaulipas, Nayarit, Campeche, and Sinaloa are the main producing states (SIAP, 2019). In 2014, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) was detected in Tamaulipas in sorghum crops, where it caused severe losses to farmers. In this research, the population fluctuation of the sugarcane aphid and the identification of its natural enemies in commercial plots of sorghum in the localities of Aguacomulcan, Atzala, and Calmecca was studied. The sampling of natural enemies was done by a direct and indirect method. Subsequently, they were processed in laboratory and identified by dichotomous keys. Likewise, an interview guide was designed to gather information on sorghum producers' perceptions of the incidence of sugarcane aphid and the identification of their natural enemies. This guide was applied in the three locations mentioned above and a total of 44 sorghum producers were interviewed. The results showed that the plot located in Aguacomulcan had the highest population density of *M. sacchari*, exceeding the economic threshold in the first 44th days after sowing. It was also determined that by the direct method the Coccinellidae family was the most abundant, followed by Chrysopidae and Syrphidae. It was recorded that 43% of producers participated in 2018 in the MIP Campaign. 100% of these said they had an infestation of *M. sacchari*; the control was with synthetic insecticides and some supplemented it with the release of *Chrysoperla carnea* (Stephens) eggs. Finally, it was recorded that more than 70% of the producers have observed natural enemies of the sugarcane aphid in their plot, of which the "miguelitos" (hoverflies) and lady beetles were the most known.

Keywords: Aphididae; Coccinellidae; Braconidae; producers; knowledge.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento proporcionado para la realización de esta investigación.

Al Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados Campus Puebla por el apoyo financiero proporcionado para esta investigación y por brindar las facilidades para cursar y concretar mi postgrado.

A los doctores Arturo Huerta de la Peña, José Refugio Lomeli Flores, José Hilario Hernández Salgado y Andrés Pérez Magaña miembros de mi Consejo Particular por su apoyo académico para la realización de esta investigación.

Al Ingeniero José Reynaldo Vázquez Ortiz y a los Ingenieros del CESAVEP, por el apoyo brindado para el envío de ejemplares al CNRCB y por apoyarnos en el acercamiento a productores de la región para aplicar las guías de entrevista.

Al Dr. Agustín Aragón García de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por brindar las facilidades para el uso de equipo de laboratorio.

A los productores de las localidades de Aguacomulican, Atzala y Calmecca por brindar su colaboración para la realización de la fase de campo y por compartir sus conocimientos sobre el cultivo de sorgo.

A mis padres y hermanos por el apoyo brindado durante mi posgrado y en las etapas de campo.

A mis amigos y compañeros de la Unidad en Desarrollo para la Investigación y Transferencia de Tecnología en Control Biológico del Colegio de Postgraduados (CP) Campus Puebla, por sus conocimientos y el apoyo brindado durante mi posgrado.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. HIPÓTESIS.....	4
4. MARCO TEÓRICO	5
4.1. Descripción y producción del sorgo grano.....	5
4.2. Plagas asociadas al cultivo de sorgo.....	5
4.3. Descripción de <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner).....	6
4.4. Daños ocasionados por el pulgón amarillo.....	8
4.5. Control químico de <i>Melanaphis sacchari</i>	9
4.6. Control biológico.....	11
4.7. Control biológico de <i>Melanaphis sacchari</i>	12
4.8. Conocimiento local y participación de los productores.....	13
LITERATURA CITADA.....	15
CAPÍTULO I. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES	21
1.1. Fluctuación poblacional de <i>Melanaphis sacchari</i> y sus enemigos naturales... ..	21
1.2. Conocimiento de productores de sorgo sobre el pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales.....	24
LITERATURA CITADA.....	25

CAPÍTULO II. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Melanaphis sacchari</i>	
(Zehntner) E IDENTIFICACIÓN DE SUS DEPREDADORES EN SORGO	
EN PUEBLA, MÉXICO.....	27
2.1. INTRODUCCIÓN.....	28
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
2.4. AGRADECIMIENTO.....	41
2.5. LITERATURA CITADA.....	41
CAPÍTULO III. PARASITOIDES ASOCIADOS A <i>Melanaphis sacchari</i>	
(Zehntner) EN SORGO EN PUEBLA, MÉXICO.....	46
3.1. INTRODUCCIÓN.....	47
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
3.4. AGRADECIMIENTO.....	53
3.5. LITERATURA CITADA.....	53
CAPÍTULO IV. PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE SORGO SOBRE LA	
INCIDENCIA DE <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) Y SUS ENEMIGOS	
NATURALES EN PUEBLA, MÉXICO.....	56
4.1. INTRODUCCIÓN.....	57
4.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
4.3. RESULTADOS.....	60
4.4. AGRADECIMIENTO.....	69
4.5. LITERATURA CITADA.....	69

CONCLUSIONES GENERALES.....	72
RECOMENDACIONES GENERALES.....	73

LISTA DE CUADROS

Página

CAPÍTULO II

Cuadro 2.1	Fenología inicial del sorgo grano, condiciones climatológicas variedad de semilla, número de aplicaciones y dosis de Imidacloprid® en tres parcelas localizadas en Puebla, México.....	30
------------	--	----

CAPÍTULO III

Cuadro 3.1	Especies de parasitoides asociados a <i>M. sacchari</i> en parcelas de sorgo en Puebla, México, 2018.....	50
Cuadro 3.2	Especies de hiperparasitoides asociados a <i>M. sacchari</i> en parcelas de sorgo en Puebla, México, 2018.....	52

CAPÍTULO IV

Cuadro 4.1	Reconocimiento de enemigos naturales por productores de tres localidades de Puebla, México.....	68
------------	---	----

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO II

Figura 2.1	Fluctuación poblacional de ninfas <i>M. sacchari</i> y sus depredadores (adultos) en parcelas de sorgo grano en tres localidades de Puebla, México, 2018. a) Fluctuación poblacional de <i>M. sacchari</i> y b) Coccinellidae.....	35
------------	--	----

CAPÍTULO IV

Figura 4.1	Nivel de estudio de productores de sorgo de tres localidades en Puebla, México 2018. (Porcentaje de nivel estudio)	61
Figura 4.2	Porcentaje de los cultivos sembrados en 2018 y de las problemáticas de mayor relevancia en la producción de sorgo en localidades de la región de Izúcar de Matamoros Puebla.....	62
Figura 4.3	Formas de reconocer la presencia y daños del pulgón amarillo por productores de sorgo en Puebla, México.....	63
Figura 4.4	Prácticas usadas para el control de pulgón amarillo en tres localidades del estado de Puebla, México.....	65
Figura 4.5	Insectos benéficos observados por productores de sorgo en tres localidades de Puebla, México.....	66
Figura 4.6	Razones por las cuales los productores de sorgo consideran el uso de enemigos naturales para controlar pulgón amarillo.....	67
Figura 4.7	Efectos adversos sobre enemigos naturales en tres localidades de Puebla, México.....	68

INTRODUCCIÓN GENERAL

En los últimos 15 años la demanda de granos ha incrementado, debido a cambios generados en las tecnologías de producción. Entre estos granos destaca el sorgo, el cual es usado para el consumo animal, humano y producción de forraje. Además de que representa una inversión de menor riesgo, debido a su tolerancia a la sequía (CEDRSSA, 2015). En el ciclo 2017/2018 su producción mundial fue de 57.68 millones de toneladas y su rendimiento medio de 1.44 t/ha. Durante ese ciclo los países con mayor producción fueron Estados Unidos, Nigeria, India, México y Etiopía (USDA, 2019)

En nuestro país el sorgo grano (*Sorghum bicolor*) es utilizando principalmente para la producción de alimentos de consumo pecuario (Caamal *et al.*, 2016). En 2016 México fue el cuarto productor de este grano a nivel mundial, satisfaciendo el 60.6% de las necesidades nacionales (SAGARPA, 2017). En 2017 se encontró entre los 34 productos agropecuarios con representatividad nacional con una superficie sembrada de 2,175,099 ha (INEGI, 2018). En ese año los estados productores fueron Tamaulipas, Nayarit, San Luis Potosí y Campeche (SIAP, 2018)

A pesar de que el estado de Puebla no fue uno de los principales productores tuvo una superficie de siembra de 20,502 ha y generó un rendimiento medio de 3.505 t/ha (SIAP, 2018). En el estado, la producción de este grano se genera en los Distritos de Desarrollo Rural (DDR), Izúcar de Matamoros, Cholula y Tecamachalco (Calzada *et al.*, 2017). En 2017 el DDR 06 Izúcar de Matamoros tuvo la mayor superficie sembrada (16,610 ha) y obtuvo un rendimiento medio de 3.18 t/ha (SIAP, 2018).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el período 2003 a 2016 se observó un decremento en la superficie de siembra del sorgo grano (26.98%) (SAGARPA, 2017). Así mismo, del año 2016 a 2018 se presentó una reducción en la superficie de siembra de 120,000 ha y en la productividad (90,000 t) (USDA, 2019). En 2018 el estado de Puebla tuvo una reducción en la superficie de siembra (686 ha) y el rendimiento (0.458 t/ha). A nivel distrito, el DDR 06 obtuvo un

decremento en la superficie sembrada de 747 ha y generó un rendimiento de 2.756 t/ha (SIAP, 2019).

Entre los factores que han contribuido a esto se encuentra la infestación del sorgo con *Melanaphis sacchari* (Zehntner), el cual es considerado por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria como una de las plagas de mayor importancia económica por generar daños al cultivo (FIRA, 2016). Los daños ocasionados por el áfido se deben a que, al succionar la savia de las hojas, se reduce la absorción de nutrientes, los cuales son utilizados para el desarrollo de la planta y el llenado del grano (Quijano *et al.*, 2017). *Melanaphis sacchari* se reportó por primera vez en 2014, en donde generó pérdidas de entre 30% a 100% (Rodríguez y Terán, 2015). En 2015 se presentó en más de 20 estados de la República Mexicana (SENASICA, 2017) En ese año, Puebla presentó una infestación del 64% y afectó a 7500 productores de sorgo (CESAVEP, 2017). Ante esta problemática, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) aprobó la Campaña Nacional contra el pulgón amarillo. A partir del 2017 se ha implementado el Manejo Integrado de Plagas (MIP) en la cual se hace uso de estrategias de control biológico, cultural y químico (SENASICA, 2017).

Actualmente, el control químico es el más usado por los productores, puesto que permite un mejor control de altas poblaciones del áfido. Los productores de sorgo que no participan en la Campaña MIP desconocen que se deben de realizar monitoreos semanales después de la siembra. Esta etapa es importante, ya que si se observan pequeñas colonias en una zona de la parcela se pueden emplear productos ecológicos que no dañen a la fauna benéfica o si se supera el umbral de daño se tomen acciones de control con productos que vayan de acuerdo al nivel de infestación; al no existir este tipo de prácticas tempranas, la detección de la plaga ocurre cuando ésta ya ha alcanzado niveles altos de daño económico, con lo cual se incrementa el uso de productos como Imidacloprid® (Quijano *et al.*, 2017). La dosis recomendada de este insecticida es de 100 a 200 ml/200 L de agua, pero los productores hacen uso de hasta 300 ml, con lo cual se genera efecto tóxico en los depredadores y parasitoides de *M. sacchari*, se incrementa la

resistencia del áfido a este tipo de productos, se daña al medio ambiente y la salud humana (Peña *et al.*, 2018).

Por lo anterior, se están haciendo uso de otras alternativas, entre las cuales destaca el control biológico, el cual consiste en el uso de organismos antagónicos, con la finalidad de reducir la capacidad invasiva de agentes patógenos. La ventaja de este método de control es que los enemigos naturales son específicos para una plaga, por lo cual no se generan daños económicos (Nicolls, 2008). En los estados de Tamaulipas, Sinaloa y Guanajuato se han identificado especies de depredadores y parasitoides de las familias Coccinellidae, Chrysopidae, Hemerobiidae, Syrphidae y Braconidae. De igual forma, la Campaña Nacional del MIP realiza la liberación masiva de huevos de *Chrysoperla carnea* (Stephens); sin embargo, en el estado de Puebla no se han reportado especies locales de control biológico, ni se ha descrito cual es la percepción de los productores sobre los daños generados por *M. sacchari* y la identificación de sus enemigos naturales. Por lo anterior, este conocimiento es un requisito indispensable para implementar programas de conservación de enemigos naturales del pulgón amarillo en la región y promover la participación de productores en la campaña MIP.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estimar la fluctuación poblacional de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) y sus enemigos naturales, así como conocer la percepción de los productores de sorgo sobre la incidencia del pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales en las localidades de Aguacomulcan, Atzala y Calmecca, Puebla, México.

2.2. Objetivos Específicos

a) Estimar la fluctuación poblacional de *Melanaphis sacchari* en las localidades de Aguacomulcan, Atzala y Calmecca, Puebla.

- b) Identificar las especies de depredadores y parasitoides asociadas al pulgón amarillo en las tres localidades del estado de Puebla, México.
- c) Conocer la percepción de productores de sorgo de las localidades de Aguacomulcan, Atzala y Calmecca, sobre la incidencia de *Melanaphis sacchari* y la identificación de sus enemigos naturales.

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis General

En al menos una de las localidades de Aguacomulcan, Atzala o Calmecca, *Melanaphis sacchari* supera el umbral de daño económico, existe una especie local de depredador y parasitoide asociada al control biológico del pulgón amarillo con una fluctuación población continua de los muestreos 1 al 7 y al menos el 50% de los productores tiene conocimiento sobre la incidencia del áfido y conoce uno de sus enemigos naturales.

3.2 Hipótesis Específicas

- a) En más de una de las localidades de Aguacomulcan, Atzala o Calmecca, *Melanaphis sacchari* supera el umbral de daño económico en una fecha de muestreo.
- b) Las parcelas ubicadas en Aguacomulcan, Atzala y Calmecca presentan al menos una especie de depredador y parasitoide asociada al control biológico de *Melanaphis sacchari*.
- c) Al menos una familia de enemigo natural del pulgón amarillo presenta una fluctuación poblacional continua del muestreo 1 al 7.
- d) Al menos el 50% de productores de sorgo de las localidades de Aguacomulcan, Atzala o Calmecca, tienen conocimientos sobre la incidencia y daños ocasionados por el pulgón amarillo y conocen uno de sus enemigos naturales.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Descripción y producción del sorgo grano

El sorgo es un cultivo originario de la India que pertenece a la familia gramínea (SAGARPA, 2017). Tiene una altura de entre 1 m a 2 m y presenta un solo tallo de 0.5 a 5 cm en la base. El tallo se encuentra formado por una serie de nudos (7 a 24) y entrenudos. Cuenta con una corteza rígida, una médula suave y un sistema radicular adventicio fibroso, el cual se desarrolla en los nudos bajos del tallo. El enraizado de la planta tiene una profundidad de entre 1 a 1.3 m y el 80% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm (CENTA, 2007). La temperatura óptima de crecimiento es de 18°C, pero es capaz de emerger a 15°C (Carrasco *et al.*, 2011).

En México este grano es producido en la mayoría de los estados de la República. En 2009 se produjeron 6,108,085.15 toneladas con un rendimiento de 3,613.14 kg/ha (SEMARNAT, 2010). Durante el 2015, cinco estados concentraron el 82% de la producción de sorgo grano, destacando el estado de Tamaulipas con el 40.2% (2 millones de toneladas) (FIRA, 2016). A pesar de que el estado de Puebla no es uno de los principales productores, durante el período de 1990 a 2012 presentó un incremento productivo de 231.96%, pasando de 28,187 a 93,568 toneladas (Caamal *et al.*, 2016). En el estado de Puebla, la siembra del cultivo es del 1º de junio al 30 de julio y la cosecha del grano es del 1º de noviembre al 15 de enero. Este grano es usado para la elaboración de alimentos pecuarios, la harina es utilizada para la producción de pan, galletas y alfajores y en la industria es empleado para la obtención de glucosa, almidón, acetona, alcohol y butanol.

4.2 Plagas asociadas al cultivo de sorgo

De acuerdo con Nicolls (2008), en el sector agrícola se le llama plaga a los organismos que al superar cierta densidad poblacional, generan un daño económico en las especies vegetales o animales, en la etapa de desarrollo, producción o manejo posterior. Por su parte, Mejía y Mesa (2016), consideran plaga a todo organismo vivo cuya densidad

poblacional supera un nivel arbitrado que no es aceptable por el hombre, ya que ocasiona un daño económico. Por lo anterior, es importante la determinación de las pérdidas de cosecha y el establecimiento del umbral económico, el cual estima la densidad mínima poblacional en el que un organismo comienza a generar perjuicios económicos. Cuando los cultivos tienen un precio de producción bajo la pérdida es limitada, mientras que, en una cosecha con precio de producción alta, los daños pequeños pueden ocasionar una gran pérdida.

Entre las principales plagas del sorgo se encuentran:

- 1) *Diatraea saccharalis* (Barrenador del tallo): las larvas perforan los tallos, formando galerías que debilitan a la planta.
- 2) *Contarinia sorghicola* (mosca del sorgo): las larvas se alimentan por 1 a 2 semanas del grano impidiendo su formación, por lo cual las espiguillas infestadas se encuentran vacías.
- 3) *Frankliniella* sp. (trips): al alimentarse de la planta generan daños directos en las hojas, afectan el proceso de fotosíntesis y ocasionan daños indirectos al ser vectores de virus.
- 4) *Diloboderus abderus* (bicho torito): las larvas generan daños al destruir un gran número de raíces y ocasionando la pérdida de plántulas. La presencia de esta plaga se caracteriza por la aparición de pequeños montículos de tierra sobre galerías subterráneas.
- 5) *Elasmopalpus lignosellus* (gusano saltarín): las larvas se suelen introducir en el tallo, lo cual dificulta su control. Este insecto se encuentra principalmente en suelos arenosos o sueltos (Carrasco *et al.*, 2011).
- 6) *Melanaphis sacchari* (pulgón amarillo): las ninfas del áfido generan daños a las hojas, al desarrollo de la planta y el llenado del grano al alimentarse de la savia (Bowling *et al.*, 2016).

4.3 Descripción de *Melanaphis sacchari* (Zehntner)

Melanaphis sacchari es un insecto perteneciente al orden Hemiptera, considerado como una plaga exótica capaz de generar daños en cualquiera de las etapas fenológicas del sorgo grano (Peña *et al.*, 2018).

Se caracteriza por tener un tamaño de entre 1.1 mm a 2 mm, una coloración amarilla a café, la cual depende de las condiciones ambientales y de la planta hospedera. Pueden ser ápteros o alados, con marcas oscuras en el dorso y presenta antenas con una longitud mayor a la mitad del cuerpo, conformadas por 6 segmentos (SENASICA, 2014). Su clasificación taxonómica es: 1) Clase: Insecta 2) Orden: Hemíptera 3) Familia: Aphididae 4) Género: *Melanaphis* 5) Especie: *Melanaphis sacchari* (Peña *et al.*, 2018). Se caracteriza por ser una especie partenogenética y vivípara.

Al inicio del proceso invasivo se pueden observar grupos pequeños de adultos ápteros de color amarillo a café junto con ninfas (menor tamaño) de color verde a amarillo. Su ciclo de vida es de 14 días a 28 días. Cuenta con 4 estadios ninfales, los cuales son desarrollados en 5.4 días a una temperatura de 25°C. Los adultos ápteros tienen una duración de 11.7 días, generando un promedio de 46 ninfas (SENASICA, 2014). Estos adultos se producen cuando los pulgones encuentran una adecuada nutrición en la planta; sin embargo, cuando las hembras (ápteras) detectan una baja nutrición inducen la producción de formas aladas o ápteras con la finalidad de buscar nuevos hospederos de mayor calidad (Peña *et al.*, 2018). Los adultos alados tienen una duración de 7.5 días y originan 10.6 ninfas. La temperatura óptima para la reproducción del pulgón amarillo es de entre 20°C a 25°C (SENASICA, 2014).

Dentro de las plantas hospedantes de *M. sacchari* se encuentran *Hordeum vulgare* L., *Miscanthus sinensis* Andersson, *Oryza sativa* L., *Saccharum officinarum* L., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench, entre otros (Peña *et al.*, 2018). En 2015 en la zona centro-norte de Texas se observaron colonias de *M. sacchari* en Zacate Johnson, a pesar las heladas y la poca vegetación. Se ha considerado que la subsistencia de la plaga en la costa del Golfo de Texas y en México se debe a que el invierno es moderado. En las zonas templadas del Norte de Estados Unidos se puede deber al crecimiento de hospederos durante el invierno (Bowling *et al.*, 2016). Así mismo, en México durante la temporada de frío se suele hallar en la parte superior del tallo de plantas de sorgo. Existen diversos factores que pueden generar mayores daños al cultivo, entre los cuales se encuentra la duración de la infestación, el tamaño de la población, el

estado fenológico de la planta y la temperatura ambiental. La densidad poblacional se encuentra afectada por la etapa de desarrollo de la planta y la temperatura. El viento es otro factor importante en la dispersión de la plaga, ya que el insecto puede ser trasladado por corrientes de aire (SENASICA, 2014).

4.4 Daños ocasionados por el pulgón amarillo

Los daños ocasionados se deben a que el pulgón amarillo introduce sus dos pares de estiletes en la epidermis de las hojas de sorgo, dejando dos canales en su interior; el salival es empleado para la inyección de enzimas que destruyen la pared celular y el alimenticio es usado para que fluya la savia hasta el tubo digestivo. Este proceso se puede dar por succión o por presión osmótica (Peña *et al.*, 2018). Esto ocasiona que las hojas se tornen de color amarillo, marrón y rojizo hasta secarse completamente (Singh *et al.*, 2004). Así mismo, la succión de la savia reduce la absorción de nutrientes empleados en el desarrollo de la planta y el llenado del grano. El estrés generado en la planta afecta el desarrollo de la panoja, reduciendo el rendimiento. Los daños ocasionados al cultivo dependen de la densidad poblacional de la plaga y de la duración de ésta. En un corto período de tiempo la plaga puede llegar a cubrir la parte inferior de las hojas, generando la aparición de adultos alados, los cuales al dispersarse por la parcela pueden infestar una hoja hasta con 30,000 áfidos (SENASICA, 2014).

Dentro de los daños indirectos se encuentra la formación de mielecilla. Ésta es ocasionada cuando se presenta una alta infestación en la planta. Esto puede favorecer el desarrollo del hongo fumagina, el cual tiene una coloración negra que cubre la superficie de la hoja. Este hongo ocasiona que la hoja se seque de forma rápida, debido a que reduce el proceso fotosintético de la planta, además de afectar el desarrollo de los granos en la panoja. Otro de los daños indirectos ocasionados por el pulgón amarillo es la transmisión de virus. Entre los más comunes se encuentra: el virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (SYLS) y el virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV) (SENASICA, 2014). El virus SYLS por sus siglas en inglés, es ingerido por el áfido (vector) y es transportado hacia las glándulas salivales, permitiendo su propagación al picar y succionar la savia de las plantas (Goytia, 2007). Este virus reduce el rendimiento y el

adecuado desarrollo de retoños. (Aday *et al.*, 2014). Así mismo, genera que las nervaduras de la planta se tornen de color amarillo. SYLS ha sido estudiado primordialmente en caña de azúcar y se ha determinado que puede generar pérdidas de entre un 40% a un 60% (Lockhart, 1995). Por su parte, el virus SCMV reduce el rendimiento entre un 11% a 50% en los cultivos de caña azúcar (Bermúdez *et al.*, 2016).

En 2013, en los estados de Texas y Oklahoma (Estados Unidos) se reportaron daños ocasionados por *M. sacchari*. En 2014 la plaga se presentó en 12 estados más, afectando a aproximadamente 300 condados (Bowling *et al.*, 2016). En México esta plaga fue detectada en 2014 en el estado de Tamaulipas, en donde generó pérdidas entre el 30% al 100%. Después se detectó en los estados de Coahuila, Guanajuato, Nayarit, Nuevo León, Sinaloa, San Luis Potosí, Veracruz y Puebla (Rodríguez y Terán, 2015). En ese año, el estado de Sinaloa presentó pérdidas de hasta el 70% en sorgo forrajero. Así mismo, el áfido fue detectado en *Sorghum halapense* (L. Perss) y en socas de sorgo (Payán *et al.*, 2018).

4.5 Control químico de *Melanaphis sacchari*

De acuerdo con Kegley *et al.* (2016), a nivel mundial existen 6400 ingredientes activos de plaguicidas registrados, los cuales al combinarse con compuestos inertes dan origen a 100,000 productos comercializados. Plimmer (2001) describe que un gran número de estos compuestos fueron desarrollados hace 70 años. Dentro de los primeros plaguicidas de síntesis se encuentra el 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano (DDT), el cual fue empleado para el control de vectores de enfermedades como el paludismo o la fiebre tifoidea. Otros de los compuestos comercializados a partir de 1944 son los carbamatos, organofosforados y de síntesis. En 2007, en México el consumo aparente de plaguicidas fue de 50.27 (miles de toneladas) (SEMARNAT, 2016). En 2010 los estados con mayor uso de plaguicidas fueron Sinaloa, Chiapas y Veracruz. El octavo lugar lo ocupó la región de Puebla-Oaxaca. Dentro de los plaguicidas, los insecticidas son los más usados en los cultivos de manejo intensivo de exportación (Huerta *et al.*, 2010).

En México, los insecticidas químicos son empleados para el control de *M. sacchari*, ya que protegen al sorgo hasta 30 días después de la emergencia de la planta y reduce el

riesgo de infestaciones tempranas, principalmente en siembras de temporal. Así mismo, su uso permite reducir la densidad poblacional de la plaga una vez que esta ha alcanzado el umbral económico. Dentro de estos productos se encuentra el Imidacloprid® y Thiamethoxam®, los cuales controlan al áfido, pero son altamente tóxicos para sus enemigos naturales. (Quijano *et al.*, 2017). Así mismo, Calero (2015) describe que el Imidacloprid® es el producto más recomendado en el país para el control de insectos chupadores como los áfidos. En algunas localidades de nuestro país, este insecticida no es usado por su costo (Silveira *et al.*, 2018).

La desventaja de este tipo de control es que algunas formulaciones pueden ser tóxicas y generar problemas en la salud humana y el medio ambiente (Harsimran y Harsh, 2014). Fritz *et al.* (2011), describen que los insecticidas que son aplicados mediante aspersión de mezclas acuosas o polvos, pueden dispersarse y afectar la salud de trabajadores que no hacen uso de equipo de protección, además de acumularse en el agua y el suelo superficial. Por su parte, Butler *et al.* (2017) determinaron que los productos que son aplicados por fumigación, pueden ser transportados por el viento a sitios cercanos. Así mismo, Silveira *et al.* (2018) describen que actualmente no existen datos exactos sobre la cantidad y la frecuencia de uso de insecticidas químicos, así como no hay información reciente sobre sus especificaciones de uso, principio activo, dosis recomendadas y forma de aplicación.

En la salud humana, los efectos generados por los residuos dependen de la frecuencia de exposición, la toxicidad del compuesto activo y la vulnerabilidad de las poblaciones. De acuerdo con Gamlin *et al.* (2006), los niños forman parte de los grupos más vulnerables a la exposición y a los efectos adversos, debido a que tienen más contacto (boca-mano) con el entorno y su masa corporal es menor. Por su parte, las personas que no se exponen ocupacionalmente a éstos, pueden presentar una exposición crónica a pequeñas partes de estos activos, desarrollando efectos a largo plazo (Koureas *et al.*, 2012). De igual manera, Croft (1990) considera que el control químico es el más dañino para los enemigos naturales. Esto debido a que no hay un registro del uso de estos productos a nivel de localidad y predio, así como del cumplimiento de las medidas de

prevención establecidas por las normas del país (Silveira *et al.*, 2018). De igual manera, Hernández *et al.* (2018) realizaron una revisión bibliográfica de las investigaciones relacionadas con la exposición a plaguicidas y los efectos generados en seres humanos, fauna silvestre y alimentos. Esto con la finalidad de conocer cuál es el estado actual de los plaguicidas en nuestro país. Por lo anterior, los mercados a nivel mundial exigen cada vez más los productos libres de estos compuestos. Ante esto, se ha optado por el uso de otras alternativas para el control de plagas, entre las cuales se encuentra el control biológico.

4.6 Control biológico

El control biológico se destaca por hacer uso de poblaciones de enemigos naturales para disminuir la densidad poblacional de plagas de forma temporal o permanente. A su vez, este se puede clasificar en: 1) Control biológico clásico, el cual consiste en la introducción de enemigos naturales de un insecto plaga no nativo de una región, por lo cual éstos son colectados en la ubicación de origen del invasor. 2) Control biológico por conservación, en el cual se reducen los factores que pueden afectar a las poblaciones de especies benéficas y refuerza las prácticas que favorecen su desarrollo, como las prácticas agrícolas, desarrollo de refugios físicos, la siembra de plantas con flores, entre otros. 3) Control biológico aumentativo, el cual consiste en la liberación de enemigos naturales que son producidos a escala comercial. Este tipo de control puede ser aumentativo (introducción temprana) o por inundación (liberación masiva). Dentro del control biológico los parasitoides y los depredadores son los más usados para el control de insectos plaga. Los parasitoides se destacan por matar a su hospedero y completar su ciclo de desarrollo en un solo organismo, mientras que los depredadores cazan y se alimentan de su presa. No obstante, en algunos grupos la dieta cambia dependiendo del estadio de vida. (Van Driesche *et al.*, 2007).

De acuerdo con Jacas *et al.* (2005), los enemigos naturales ideales deben de presentar una alta capacidad reproductora, alta capacidad de búsqueda, adecuada adaptación al ambiente, alto grado de especificidad, fácil cría masiva, alta capacidad para dispersarse y estar libres de otros enemigos naturales. Las ventajas del control biológico son: no es

tóxico par el hombre, es rentable, efectivo al largo plazo, económico y es un método sustentable. Dentro de las desventajas del control biológico se encuentran: tiene efecto a largo plazo (no es inmediato), la densidad poblacional del insecto plaga no debe ser muy alta ni baja para que los enemigos naturales actúen, no siempre tiene éxito en el control de la plaga y no siempre se puede aplicar; sin embargo, este autor considera que son mayores las ventajas de esta estrategia de control.

4.7 Control biológico de *Melanaphis sacchari*

A nivel mundial se han identificado 47 especies de enemigos naturales asociados a *M. sacchari*, pertenecientes a las familias Aphelinidae, Braconidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Hemerobiidae, Syrphidae, entre otras. (Singh *et al.*, 2004). En 2015 en el centro y sur de Texas se realizó un muestreo para determinar las especies de enemigos naturales del pulgón amarillo, entre los depredadores más abundantes se encontraron las familias Coccinellidae, Hemerobiidae, Chrysopidae, Syrphidae. Estos se encontraron en plantas de sorgo infestadas con áfidos jóvenes y adultos. Así mismo se determinó la presencia de los parasitoides *Aphelinus* sp., *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) en menor cantidad y del hiperparasitoide *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr). A pesar de ello, se observó que *M. sacchari* logró aumentar su población, sobrepasando los niveles económicos de daños aún con la presencia de enemigos naturales (Bowling *et al.*, 2016).

En México se emplea el control biológico mediante el incremento de enemigos naturales de *M. sacchari*, entre los cuales destaca la liberación de *Chrysoperla* sp. Maya y Castillo (2015), consideran que *C. carnea* es la especie más reproducida a nivel nacional. Así mismo Tabuer *et al.* (2000), mencionan que la reproducción de *Chrysoperla* llega a tener una ventaja sobre otros depredadores, puesto que su metodología de cría se encuentra desarrollada y difundida en el país. En 2015, Vázquez *et al.* (2016) identificaron en Durango a *Coleomegilla maculata* (Degeer), *Olla v-nigrum* (Mulsant), *Cycloneda munda* (Say), *Harmonia axyridis* (Pallas), *Scymnus* sp, *Chrysoperla* sp. y *Lysiphlebus* sp. De igual forma, determinaron que los enemigos naturales llegaron a ser más efectivos al inicio de la temporada. Así mismo, en 2016 Cortez *et al.* (2016) identificaron en Sinaloa a especies pertenecientes a las familias Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae,

Hemerobiidae, Aphelinidae y Braconidae. A pesar de esta diversidad, se observó que esto no es suficiente para el control de altos niveles poblacionales de *M. sacchari*. Salas *et al.* (2017) identificaron en Guanajuato a las especies de parasitoides *Praon* sp. y *Lysiphlebus* sp.

En México, a partir del 2017 se ha realizado la Campaña Nacional de Manejo Integrado (MIP) del pulgón amarillo. De acuerdo con la FAO (1980) el MIP es definido como un sistema de manejo de plagas, en el cual se emplean todas las tecnologías y métodos adecuados para mantener las poblaciones de insectos plaga por debajo de niveles económicos y que a la vez conserven su calidad ambiental. A pesar de que este manejo cuenta con un gran número de estrategias, las que actualmente tienen mayor relevancia a nivel mundial son el control biológico y químico (Huerta *et al.*, 2010). En los últimos dos años en nuestro país se ha incrementado el uso del control biológico, a través de la liberación masiva de huevos de *C. carnea* (10,000 huevos por ha) o de larvas del 1er instar, después de los 25 días de la emergencia de la planta o durante las primeras seis semanas. El uso de ejemplares de la familia Coccinellidae, no es muy usado debido a que representa un costo mayor de producción, por lo cual se recomienda realizar colectas en predios con altas poblaciones y liberarlas en las parcelas que las requirieran (SENASICA, 2017). De igual manera, la presencia de avispas parasíticas puede generar la muerte de hasta un 90% de ninfas de *M. sacchari*, las cuales son transformados en momias (SENASICA, 2014). Durante 2016 en Puebla la superficie manejada con *Chrysoperla* sp. fue de entre 2000 a 5000 ha (CESAVEP, 2017).

4.8 Conocimiento local y participación de los productores

En México la Campaña MIP desarrolla estrategias de control del pulgón amarillo; sin embargo, para incrementar la participación de los productores en este tipo de programas, se deben de considerar los conocimientos locales. DeWalt (1994) menciona que los conocimientos locales comprenden un conjunto de ideas, prácticas, innovaciones, juicios, procesos tecnológicos y sistemas explicativos, los cuales son desarrollados mediante la relación que tienen las comunidades con los recursos biológicos de su entorno. Así mismo, Sánchez *et al.* (2015), describe que las comunidades tienen conocimientos sobre

los elementos que conforman los agroecosistemas de su entorno; un claro ejemplo son las épocas de siembra, lluvia, sequía, granizada, plagas y enfermedades asociadas a los cultivos.

De acuerdo con Barrios y Trejo (2003), en el manejo y diseño de agroecosistemas es necesaria la participación de los diversos actores sociales involucrados en el sector productivo, en donde se debe de reconocer el conocimiento empírico y local tanto de los productores como de su familia para lograr la difusión del conocimiento en las localidades. De igual manera describen que mediante la capacitación e investigación informal se facilita la difusión y la apropiación de las prácticas entre los actores externos y productores. Hernández *et al.* (2011), consideran que para lograr esto, se deben de emplear herramientas como las experiencias interactivas y la comunicación, ya que a través de ellas se incorpora la información técnica generada por la investigación experimental y a la vez se consideran los conocimientos que tienen los productores sobre las prácticas agrícolas; esto permite la difusión conocimientos adaptados a la realidad agroecológica, socioeconómica y ambiental de los productores. Sinclair y Walker (1994) consideran que la calidad del conocimiento local sobre el medio ambiente depende de factores como la edad, género, capacidad intelectual, posición social y profesión. Así mismo, describen que el conocimiento local se genera de la experiencia, comprensión y observación de los agroecosistemas.

Así mismo Walter *et al.* (1995), describen que, en los estudios de los sistemas productivos es importante considerar la participación de las localidades para enfocar la investigación hacia las necesidades de los productores; esto con la finalidad de permitir una mayor difusión y adopción de nuevas prácticas agrícolas. Por su parte, Damasceno *et al.* (2007) consideran que el empoderamiento de las comunidades se desarrolla, cuando su autonomía no es influenciada por agentes externos; sin embargo, requieren de aliados externos para fortalecer el liderazgo de su entorno productivo y familiar.

LITERATURA CITADA

- Aday, O., La O, M., Zardón, M., Rodríguez, E., Mesa, J., Puchades, Y., Delgado, J. & Díaz, F. (2014). Distribution of the Sugarcane yellow leaf virus in Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 29(3), 177-184.
- Barrios, E. & Trejo, M. (2003). Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma*, 111, 217-231.
- Bermúdez, M., García, K., Orozco, M., Guzmán, S., Velázquez, J., García, J., Cervantes, J. & Álvarez, M. (2016). *Enfermedades ocasionadas por virus en caña de azúcar en el occidente de México*. México: Prometeo.
- Bowling, R., Brewer, M., Kerns, D., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N., Buntin, D., Way, M., Royer, T., Biles, S. & Maxson, E. (2016). Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7, 1-13.
- Butler, M., van de Zande, J., van den Berg, F., Kennedy, M., O'Sullivan, C., Jacobs, C., Fragkoulis, G., Spanoghe, P., Gerritsen, R., Frewer, L. & Charistou, A. (2017). The BROWSE model for predicting exposures of residents and bystanders to agricultural use of plant protection products: An overview. *Biosystems Engineering*, 154, 92-104.
- Caamal, I., Fernández, V. y Martínez, D. (2016). *Producción, Comercialización y Medio Ambiente*. México: ECORFAN.
- Calero, M. (2015). Manejo integrado de plagas del sorgo en Guanajuato. Campaña de Manejo Fitosanitario de Cultivos Básicos en Guanajuato. 25/09/2019, de CESAVEG Sitio web: <http://www.cesaveg.org.mx/>
- Calzada, J., Narváez, J., Aguilar, R., Romero, M., López, M. & González, F. (2017). *Agenda Técnica Agrícola de Puebla*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Carrasco, N., Zamora, M. & Melin, A. (2011). Manual de sorgo. Recupero de INTA Sitio web: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf
- CEDRSSA (2015). Evolución de los precios del maíz, sorgo y trigo. 25/09/2019, de Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria Sitio web:

www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/78Reporte%20granos%20%20final%20sept%202015.pdf

CENTA. (2007). Guía técnica del sorgo. 28/09/2019, de Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Sitio web: www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GUIA%20TECNICA%20SORGO.pdf

CESAVEP. (2017). Manejo fitosanitario del sorgo. 25/09/2019, de Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla Sitio web: www.cesavep.org/

Cortez, E., Pérez, J. & Valenzuela, F. (2016). Relación de enemigos naturales del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en el norte de Sinaloa. *Memorias de Congreso Internacional ICA*, 19, 271-275.

Croft, B. (1990). *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Damasceno, A., Brandenburg, A., da Silva, O., Rodrigues, A., Santos, E. & Pinheiro, G. (2007). Resistência e empoderamento no mundo rural. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 15, 123-159.

DeWalt, B. (1994). Using Indigenous Knowledge to Improve Agriculture and Natural Resource Management. *Society for Applied Anthropology*, 53 (2), 123-131.

FAO. (1980). *Introducción al control integrado de las plagas del sorgo*, Roma, Estudio FAO: Producción y protección vegetal 19.

FIRA (2016). Panorama agroalimentario: Sorgo. 28/09/2019, de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Sitio web: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200640/Panorama_Agroalimentario_Sorgo_2016.pdf

Fritz B., Hoffmann W., Bagley W. & Hewitt A. (2011). Field scale evaluation of spray drift reduction technologies from ground and aerial application systems. *Journal of ASTM International*, 8(5), 1-11.

Gamlin, J, Romo, P. & Hesketh, T. (2006). Exposure of young children working on Mexican tobacco plantations to organophosphorous and carbamic pesticides, indicated by cholinesterase depression. *Child: care, health and development*, 33(3), 246-248.

- Goytia, M. (2007). *Transmisión natural por pulgones de Potyvirus: ensayos de interferencia aplicados al control de virosis (Tesis Doctoral)*. Universidad Complutense Madrid.
- Harsimran, K. & Harsh, G. (2014). *Pesticides: Environmental Impacts and Management Strategies*. En *Pesticides-toxic aspects (187-230)*. Croacia: IntechOpen.
- Hernández, R., Morros, E., Bravo, C., Lozano, Z., Herrera, P., Ojeda, A., Morales, J. & Birbe, B. (2011). La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabana. *Interciencia*, 36(2), 104-109.
- Hernández, J., Leyva, J., Martínez, I., Hernández, M., Aldana, M., Rojas, A., Betancourt, M., Pérez, N. & Perera, J. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 26-60.
- Huerta, A, Viñuela, E. & Medina, M. (2010). *Tendencias actuales para el manejo de insectos plaga en la agricultura*. En *Cultivos sanos (Manejo de plagas y enfermedades con bajo impacto ambiental) (9-38)*. México: Colegio de Postgraduados.
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria. 01/10/2019, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía Sitio web: www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/encagro/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf
- Jacas, J., Caballero, P. & Ávila, J. (2005). *El control biológico de plagas y enfermedades*. España: Color Impres.
- Kegley, S., Hill, B., Orme, S. & Choi, A. (2016). PAN Pesticide Database. 10/10/2019, de Pesticide Action Network North America Sitio web: <http://www.pesticideinfo.org/>
- Koureas, M., Tsakalof, A., Tsatsakis, A. & Hadjichristodoulou, C. (2012). Systematic review of biomonitoring studies to determine the association between exposure to organophosphorus and pyrethroid insecticides and human health outcomes. *Toxicology Letters*, 210, 155-168.
- Lockhart, B., Irely, M. & Comstock, J. (1995). *Sugarcane Bacilliform Virus, Sugarcane Mild Mosaic Virus and Sugarcane Yellow Leaf Syndrome*. En *Sugarcane Germplasm Conservation and Exchange (108-112)*. Australia: Paragon Printers.
- Maya, V. & Castillo, H. (2015). *Manejo Integrado del pulgón amarillo del sorgo*. INIFAP, CIR-Noreste. Campo experimental Río Bravo. Boletín electrónico. 1(2), 2

- Mejía, C. & Mesa, N. (2016). *Entomología económica y manejo de plagas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Nicolls, C. (2008). *Control Biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Payán, M., Ail, C., Gastélum, R., Guerra, J., Yáñez, M. & Ramírez, M. (2018). Parasitism and Hyperparasitism in *Melanaphis sacchari* Zehntner in Sorghum in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 43(2), 433-437.
- Peña, R., Lomelí, J., Bujanos, R., Muñoz, A., Viveros, A. & Ibarra, J. (2018). *Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), Melanaphis sacchari (Zehntner, 1897)*. México: Prometeo
- Plimmer, J. (2001). Application of pesticides to crops. *Pest Management Science*, 57, 102-103.
- Quijano, J., Pecina, V., Bujanos, R., Marín, A. & Yáñez, R. (2017). *Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo*. México: Prometeo.
- Rodríguez, L. & Terán, A. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A New Sorghum Insect Pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 40(2), 433-434.
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional. 25/09/2019, de Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Sitio web: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf
- Salas, M., López, D., Martínez, O. & Guzmán, R. (2017). Parasitoids of Sugarcane Aphid, *Melanaphis sacchari*, at Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologists*, 42(4), 1091-1094
- Sánchez, J. (2015). Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, Desarrollo y sociedad*, 12(2), 237-254.
- SEMARNAT. (2010). Producción y rendimiento de los principales cultivos cíclicos. 28/09/2019, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Sitio web: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/i_bi_apps/WFServlet8f93.html
- SEMARNAT. (2016). Consumo aparente de Plaguicidas. 29/09/2019, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Sitio web:

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores16/conjuntob/indicador/archivos/pdf/02_agua/calidad/indicadores/2.2-5.pdf

- SENASICA. (2014). Pulgón amarillo: *Melanaphis sacchari*. 25/09/2019, de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Sitio web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159533/FICHA_T_CNICA_PAS.pdf
- SENASICA. (2017). Pulgón amarillo del sorgo. 05/10/2019, de SADER Sitio web: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/pulgon-amarillo-del-sorgo-110905>
- SIAP. (2018). Avances de siembra y cosechas: resumen por estado. 10/10/2019, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- SIAP. (2018). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. 10/10/2019, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- SIAP. (2019). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. 28/09/2019, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Silveira, M., Aldana, M., Piri, J., Valenzuela, A., Jasa, G. & Rodríguez, G. (2018). Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34, 27-21.
- Sinclair, F. & Walker, D. (1994). *A Utilitarian Approach to the Incorporation of Local Knowledge in Agroforestry Research and Extension*. In: *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*. 245-276
- Singh, B., Padmaja, P. & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zenhtner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*, 23, 739-755.
- Tabuer, C., De león, T., Penny, N. & Tabuer, M. (2000). The Genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, Adults, and Comparative Biology. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(6), 1195-1221.

- USDA. (2019). World Agricultural Production. Recuperado de United States Department of Agriculture Sitio web: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- Van Driesche, R., Hoodle, M. & Center, T. (2007). *Control de plagas y malezas por enemigos naturales*. United States: USDA.
- Vázquez, M., Carrillo, J. & Cisneros, B. (2016). Estudio poblacional en un cultivar de sorgo forrajero infestado con pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemiptera:Aphididae) en la comarca lagunera. *Entomología mexicana*, 3, 395-400.
- Walter, D., Sinclair, F. & Thapa B. (1995) Incorporation of indigenous knowledge and perspectives in agroforestry development: Part I. Review of methods and their application. *Agroforestry Systems*, 30, 235-248.

CAPÍTULO I. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES

La metodología general se dividió en dos secciones: 1) Fluctuación poblacional de *M. sacchari* y sus enemigos naturales y 2) Documentación del conocimiento de productores de sorgo sobre el pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales.

1.1. Fluctuación poblacional de *M. sacchari* y sus enemigos naturales

Las fases de esta etapa fueron: campo, laboratorio, identificación y análisis de la información.

1.1.1. Campo

La presente investigación se llevó a cabo en 2018 en tres parcelas ubicadas en las localidades de Aguacomulcan, Atzala y Calmecca, Puebla. La selección de las parcelas se realizó con los siguientes criterios: a) presencia de plantas de sorgo emergidas en el mes de agosto; b) condiciones climatológicas de temperatura diferenciadas (+/- 2°C); c) antecedentes de infestación de *M. sacchari* en 2017; d) accesibilidad de la parcela y del productor y e) Seguridad de la zona de estudio.

El monitoreo del áfido y de sus enemigos naturales se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la “Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo” (Quijano *et al.*, 2017) y la “Tarjeta de monitoreo rápido del pulgón amarillo (MRP)” (Bowling *et al.*, 2016). El monitoreo de *M. sacchari* se realizó para estimar su fluctuación poblacional. Este proceso se llevó a cabo durante 7 semanas en Aguacomulcan, mientras que en Atzala y Calmecca fueron 10, de acuerdo a la fenología observada en cada localidad. Los muestreos iniciaron en la primera semana del mes de agosto y concluyeron en la segunda semana de octubre.

El monitoreo de depredadores se llevó a cabo en las mismas parcelas y fechas en las que se realizaron los muestreos de *M. sacchari*. En este proceso se utilizó un método directo e indirecto. Los insectos colectados por ambos métodos fueron colocados en frascos o bolsas plásticas, para su traslado a la Unidad en Desarrollo para la Investigación

y Transferencia de Tecnología en Control Biológico del Colegio de Postgraduados (CP) Campus Puebla.

1.1.2. Procesamiento en laboratorio de enemigos naturales

Los insectos colectados mediante el método directo fueron separados con base en las principales familias de enemigos naturales del pulgón amarillo (Chrysopidae, Coccinellidae y Syrphidae). Una vez realizado esto, se procedió a procesar por separado a los estadios inmaduros y maduros. Los estadios inmaduros fueron colocados individualmente en cajas de plástico de 60 x 15 mm previamente esterilizadas con alcohol al 70% y fueron alimentados con ninfas de *M. sacchari* provenientes de plantas de sorgo sembradas en el invernadero del Colegio de Postgraduados (CP) Campus Puebla. Este proceso se realizó cada 3 días hasta obtener el estadio de pupa. Una vez obtenido este estadio, se procedió a limpiar las cajas para evitar la contaminación de los individuos y asegurar la emergencia del estadio adulto. Los adultos obtenidos de las familias Chrysopidae y Syrphidae fueron colocados en frascos etiquetados de plástico de 1 ml con alcohol al 70% para su conservación. Los ejemplares pertenecientes a la familia Coccinellidae fueron alimentados con ninfas de *M. sacchari* cada 3 días por 1 semana, esto con la finalidad de permitir que estos desarrollaran correctamente sus características morfológicas. Al igual que los otros ejemplares fueron colocados en frascos etiquetados. Este proceso se realizó para las tres localidades durante los 10 muestreos. Los estadios maduros colectados directamente, fueron almacenados en frascos con alcohol hasta su uso.

Los insectos colectados por el método indirecto se colocaron en cajas de plástico de 60 x 15 mm con alcohol al 70%. Mediante un estereoscopio marca de MOTIC® modelo SMZ-168 se seleccionaron los estadios maduros de ejemplares pertenecientes a las familias Chrysopidae, Coccinellidae y Syrphidae, los cuales fueron colocados en frascos de plástico etiquetados de 1 ml con alcohol al 70% para su conservación. Este proceso se realizó para cada localidad y fecha de muestreo.

La extracción del aparato reproductor de adultos se realizó siguiendo la técnica propuesta por Márquez (2005).

El procesamiento de himenópteros parasíticos se realizó mediante la selección de ninfas parasitadas que se encontraban en buen estado (adultos no emergidos). Posteriormente se individualizaron en gradillas multipozo (96 pozos), se cubrieron y se colocaron en la cámara de cría del CP Campus Puebla a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $51 \pm 3.6\%$ hasta la emergencia del estadio adulto. Este proceso se hizo por cada localidad y fecha de muestreo. Los adultos emergidos de parasitoides e hiperparasitoides se colocaron en frascos de plástico etiquetados de 1 ml con alcohol al 70% para su conservación. Los insectos colectados por redeo, fueron colocados en cajas de plástico de 60 x 15 mm con alcohol al 70%. Por medio de un estereoscopio marca MOTIC® modelo SMZ-168 se seleccionaron los estadios maduros, los cuales fueron colocados en frascos de plástico de 1 ml con alcohol al 70% para su conservación. Posteriormente, los adultos fueron deshidratados mediante el uso de diferentes graduaciones de alcohol etílico (80%, 90%, 96% y 100%) por 30 minutos cada uno. Posteriormente se colocaron en acetato de amilo por al menos 24 horas, se secaron y se montaron para su identificación.

1.1.3. Identificación de enemigos naturales de *M. sacchari*

La identificación de las especies de cada familia se realizó de acuerdo con diferentes claves dicotómicas; entre estas se encuentran: Romero (1988); Brooks (1990); Gordon (1991); Marinoni *et al.* (2007); Mengual (2011); Havelka *et al.* (2012); Ferrer *et al.* (2013) y Tomanovic´ *et al.* (2014). Éstas consideran estructuras morfológicas, patrones de manchas o coloración de élitros, post-coxa, pronoto, propatas, cabeza, ojos, antenas, tórax, escutelo, patas y venación del ala anterior. Así como la morfología de la genitalia de hembras y machos.

1.1.4. Análisis de la información

Los datos obtenidos del monitoreo de *M. sacchari* fueron procesados en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel ®). Se determinó su fluctuación poblacional mediante la relación de las variables: número promedio de ninfas por parcela, fechas de muestreo y localidad.

Mediante los datos obtenidos de la identificación de los enemigos naturales del pulgón amarillo se estimó su fluctuación poblacional. Los datos se sistematizaron en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel ®). Posteriormente se analizó la relación de las variables: número promedio de adultos por planta, fechas de muestreo y localidad.

1.2 Conocimiento de productores de sorgo sobre el pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales.

Las fases de esta etapa fueron: Diseño-aplicación de guías de entrevistas y análisis de la información.

1.2.1. Diseño y aplicación de la guía de entrevista

Para conocer la perspectiva que tienen los productores de estas tres localidades, sobre la incidencia del pulgón amarillo y la identificación de sus enemigos naturales, se diseñó una guía de entrevista que recabara esta información respecto al año 2018. Las secciones planteadas en la guía fueron las siguientes:

I) Características generales del entrevistado: Edad, sexo, escolaridad y participación en la Campaña Nacional MIP del pulgón amarillo.

II) Cultivo de sorgo: Número de predios administrados y su superficie, cultivos sembrados y si fueron de temporal o riego.

III) Incidencia de *M. sacchari*: Problemáticas presentadas en la producción de sorgo, incidencia del pulgón amarillo del 2016 al 2018, características de identificación de la plaga, reducción de la superficie sembrada a nivel parcela y municipal, etapa fenológica del sorgo en la que observa las primeras colonias del áfido y cuando ya no las observan, comparación de la incidencia de *M. sacchari* del 2016 al 2018, factores asociados a la plaga, período de la canícula y su relación con la aparición del áfido y prácticas realizadas del 2016 al 2018 para el control del pulgón amarillo.

IV) Insecto benéficos: Presencia de enemigos naturales en las parcelas, año con mayor presencia de insectos benéficos, consideración positiva o negativa del uso de agentes de control del pulgón amarillo, etapa fenológica del sorgo en la que observan los primeros enemigos naturales y cuando ya no los observan, identificación y nombre local de los

insectos benéficos, factores que afectan la aparición de estos agentes de control y efectos adversos.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

a) Aplicación de la guía de entrevista en los días en los que técnicos de la institución CESAVEP realizaron entrega de huevos *C. carnea* de la campaña MIP y b) El instrumento se aplicó a productores que asistieron a la reunión.

Las guías fueron implementadas en cada localidad, en donde se llevó un registro escrito de la información. El cálculo de la muestra resultó del punto de saturación, en el cual se consideró el 50% de las respuestas repetidas.

1.2.2. Análisis de la información

Los datos recabados fueron organizados en las secciones: características de los entrevistados, superficie de siembra y problemática en la producción de sorgo, incidencia y daños del pulgón amarillo, factores asociados a *M. sacchari* y prácticas de control y enemigos naturales del áfido. Los datos de cada sección se codificaron y procesaron en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel®). A partir del análisis se realizó la estimación de: media, porcentaje, gráficas de barras y pastel.

LITERATURA CITADA

- Bowling, R., Brewer, M., Kerns, D., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N., Buntin, D., Way, M., Royer, T., Biles, S. & Maxson, E. (2016). Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7, 1-13.
- Brooks, S. & Barnard, P. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. 59: 117-286.
- Ferrer, M., Selfa, J., Equihua, A., Estrada, E., Lomeli, J., Peña, R. & Pujade, J. (2013). Charipinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) from Mexico with Description of Three New Species. *Annals of the Entomological Society of America*, 106, 26-41.

- Gordon, R. (1991). Field guide to recently introduced species of Coccinellidae (coleoptera) in North America, with a revised key to North American genera of Coccinellini. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 93, 845-867.
- Havelka, J., Tomanovic', Ž., Kavallieratos, N., Rakhshani, E., Pons, X., Petrovic', A., Pike, K. & Starý, P. (2012). Review and Key to the World Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of *Aphis ruborum* (Hemiptera: Aphididae) and Its Role as a Host Reservoir. *Annals of the Entomological Society of America*, 105(3), 386-394.
- Marinoni, L., Nunes, M. & Spaler, I. (2007). Chave de identificação ilustrada para os gêneros de Syrphinae (Diptera, Syrphidae) de ocorrência no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, 7, 146-160.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.
- Mengual, X. (2011). Black-tie dress code: two new species of the genus *Toxomerus* (Diptera, Syrphidae). *ZooKey*, 140, 1-26.
- Microsoft Office Profesional Plus 2016. (2016). Estados Unidos: Microsoft.
- Quijano, J., Pecina, V., Bujanos, R., Marín, A. & Yáñez, R. (2017). *Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo*. México: Prometeo.
- Romero, J. (1988). Características morfológicas útiles para diferenciar *Hippodamia convergens* Guerin de *Hippodamia koebelei* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae) en el área de Chapingo, México. *Entomología Mexicana*, 76, 45-54.
- Tomanovic', Ž., Petrovic', A., Mitrovic', M., Kavallieratos, N., Starý, P., Rakhshani, E., Rakhshanipour, M., Popovic', A., Shukshuk, A. & Ivanovic', A. (2014). Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bulletin of Entomological Research*, 104, 552-565.

CAPÍTULO II. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Melanaphis sacchari* (Zehntner) E IDENTIFICACIÓN DE SUS DEPREDADORES EN SORGO EN PUEBLA, MÉXICO

Jazmin V. Fortoul-Diaz, Arturo Huerta-de la Peña, José R. Lomeli-Flores,
José H. Hernández-Salgado, Andrés Pérez-Magaña

Resumen. En México se detectó por primera vez a *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en 2014 en el estado de Tamaulipas en cultivos de sorgo, donde causó graves pérdidas a los agricultores. Ante esta problemática el gobierno federal implementó la “Campaña Nacional Contra el Pulgón Amarillo”, con la finalidad de diseñar un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP), donde el control biológico es un elemento importante; por lo que el conocimiento de la entomofauna en cada región es un requisito indispensable para implementar programas de conservación de enemigos naturales. En esta investigación se estudió la fluctuación poblacional del pulgón amarillo y se identificaron sus depredadores en parcelas comerciales de sorgo en tres localidades en el estado de Puebla. La parcela ubicada en Aguacomulican fue la que presentó el mayor número promedio de ninfas de *M. sacchari* superando el umbral de daño económico en los primeros muestreos (44 días después de la siembra). Atzala superó el umbral en septiembre y en Calmecca no se superó el umbral en todo el ciclo. En cuanto a depredadores, en el método directo se identificó a Coccinellidae como la familia más abundante, destacando las especies *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) y *Cycloneda sanguinea* (L.). La familia Chrysopidae fue la segunda más abundante en este método de colecta, identificando a *Chrysoperla externa* (Hagen) con 44 especies. Además, mediante el método indirecto (redeo), la familia Syrphidae fue la más abundante destacando las especies *Allograptia exotica* (Wiedemann), *Toxomerus politus* (Say) y *Allograptia obliqua* (Say). Los resultados obtenidos aportan información útil que puede ser considerada dentro del Programa MIP de *M. sacchari*.

Abstract. In Mexico, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) was first detected in 2014 in the state of Tamaulipas in sorghum crops, where it caused serious losses to farmers. To face this problem, the federal government implemented the National Campaign against

sugarcane aphid, with the purpose to design an Integrated Pest Management Program (MIP), where biological control is an important element; Therefore, the knowledge of the entomofauna in each region is an indispensable requirement to implement conservation programs for natural enemies.

In this research, the population fluctuation of sugarcane aphid was studied and its predators were identified in commercial plots of sorghum in three localities in the state of Puebla. The plot located in Aguacomulcan presented the highest average of nymphs of *M. sacchari*, exceeding the economic threshold in the first sampling (44 days after planting). Atzala exceeded the threshold in September and in Calmecca the threshold was not exceeded throughout the cycle.

In terms of predators, in the direct method, Coccinellidae was identified as the most abundant family, standing out the species *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville) and *Cycloneda sanguinea* (L.). The Chrysopidae family was the second most abundant in this method, identifying *Chrysoperla externa* (Hagen) with 44 species. Also, through the indirect method (net), the Syrphidae family was the most abundant, standing out the species *Allograpta exotica* (Wiedemann), *Toxomerus politus* (Say) and *Allograpta obliqua* (Say). The results obtained in this research, provide useful information that can be considered within the MIP Program of *M. sacchari*.

2.1. Introducción

En México el sorgo de grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) es un cultivo de gran importancia para la elaboración de alimentos balanceados de consumo pecuario, ya que es uno de los principales ingredientes empleados en este sector industrial (Carbajal et al. 2018). Actualmente los principales estados productores de sorgo son Tamaulipas, Baja California Sur, Yucatán y Nayarit. Otros de los estados productores son Campeche, Colima, Guerrero, Estado de México, Oaxaca, Puebla y Zacatecas (SIAP 2019).

La producción nacional de sorgo entre los años 2016 a 2018 presentó una reducción de 120,000 ha en la superficie sembrada (USDA 2019). Entre los factores que contribuyeron a esto, se encuentra la infestación del grano con *Melanaphis sacchari* (Zehntner), el cual

fue detectado por primera vez en 2014 en Tamaulipas y actualmente afecta a 20 estados de la República Mexicana (SADER 2018).

El control químico ha sido el método más empleado para el combate de este áfido, siendo el Imidacloprid® y el Thiamethoxam®, los productos más usados debido a su efectividad; sin embargo, al aplicarse en altas dosis pueden seleccionar poblaciones resistentes de la plaga y ser tóxicos para sus enemigos naturales (Quijano et al. 2017).

Ante esto, en México se han implementado estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP), las cuales hacen uso de técnicas para el combate de plagas y el desarrollo de cultivos sanos, mediante la mínima perturbación de los ecosistemas agrícolas (FAO, 2006). Dentro de estos métodos se encuentra el control biológico, el cual se destaca por hacer uso de enemigos naturales para disminuir la densidad poblacional de plagas, ya sea de forma temporal o permanente (Van Driesche et al. 2007).

A nivel mundial se han identificado más de 47 especies de enemigos naturales de *M. sacchari*. Dentro de las familias depredadoras se encuentran: Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae y Syrphidae (Singh et al. 2004). De acuerdo con Hewlett et al. (2018), un gran número de estos insectos tienen el potencial para reducir la densidad poblacional del pulgón amarillo. En México, las estrategias de control biológico impulsadas por el gobierno federal y sus organismos auxiliares, incluyen la liberación masiva de los estadios de huevo y Larva (L1) de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (SADER 2018). Aunque en algunas localidades del norte del país no ha demostrado ser eficiente (Rodríguez y Terán, 2018). En 2016 en el estado Puebla, se empleó esta especie en una superficie de entre 2000 a 5000 ha (CESAVEP 2017).

Valencia et al. (2006) consideran que dentro los sistemas del MIP es importante el empleo de especies nativas, ya que éstas se encuentran mejor adaptadas que las especies introducidas y pueden ser empleadas en programas de control biológico por conservación. El estado de Puebla, al presentar regiones con una gran diversidad de vegetación, cultivos y condiciones edafoclimáticas, aloja a un gran número de especies depredadoras del pulgón amarillo que pueden ser agentes potenciales de control, por ello

cobra relevancia realizar estudios para conocer la composición de la entomofauna nativa. Bajo este principio, el objetivo de esta investigación fue monitorear y estimar la fluctuación poblacional del pulgón amarillo e identificar a sus depredadores en sorgo en el estado de Puebla, México.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Ubicación de los sitios de muestreo

La investigación se realizó en tres parcelas de sorgo ubicadas en las localidades de San Miguel Aguacomulcan (18° 49'6'' Lat.N, 98° 32'55'' Long.W); Atzala (18° 33' 26'' Lat.N, 98° 34' 1'' Long.W) y Calmecca (18° 39'' 23'' Lat.N, 98° 37'10'' Long.W). Las parcelas fueron seleccionadas de acuerdo a los siguientes criterios: presencia de plantas de sorgo emergidas, condiciones climatológicas de temperatura diferenciadas (+/- 2°C) y antecedentes de infestación de *M. sacchari*. Las características generales de las parcelas muestreadas y la fenología inicial del cultivo se presentan en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Fenología inicial del sorgo grano, condiciones climatológicas, variedad de semilla, número de aplicaciones y dosis de Imidacloprid® en tres parcelas localizadas en Puebla, México.

Table 2.1. Initial phenology of grain sorghum, weather conditions, seed variety, number of applications and doses of Imidacloprid® in three plots located in Puebla, Mexico.

Localidad	F.I.	\bar{T} (° C)	\bar{H} (%)	Var. S.	No. A.	Dos. (ml)
Aguacomulcan	6 hojas	21.8	53	85p20 Pioneer	3	180, 150 y 200
Atzala	5 hojas	26.7	49.6	AK 601 Tepalcingo	1	300
Calmecca	6 hojas	29.6	38.1	DKS-48 Dekalb	2	200 y 200

F.I.: fenología inicial del cultivo de sorgo, \bar{T} : temperatura media, \bar{H} : humedad media, Var. S.: variedad de sorgo, No. A.: número total de aplicaciones de Imidacloprid®, Dos.: dosis de Imidacloprid®

2.2.2. Monitoreo del pulgón amarillo del sorgo

El monitoreo de *M. sacchari* se realizó siguiendo las recomendaciones de la “Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo” (Quijano et al. 2017) y la “Tarjeta de monitoreo rápido del pulgón amarillo (MRP)” (Bowling et al. 2016). Se seleccionaron de manera aleatoria 5 plantas en cada punto del cinco de oros y se revisó la 2ª hoja de cada planta. Mediante una comparación con la escala de Bowling, se determinó el nivel de infestación del áfido. Los muestreos iniciaron en la primera semana del mes de agosto y concluyeron en la segunda semana de octubre de 2018.

La fluctuación poblacional de *M. sacchari* fue estimada mediante el número promedio de ninfas por planta, considerando la media aritmética de cada rango de la escala Bowling. Posteriormente, mediante la fórmula propuesta por este mismo autor, se estimó el promedio de ninfas del áfido por parcela.

$$\text{Promedio de Parcela} = \frac{\text{Total de todos los pulgones estimados}}{\text{Total de hojas examinadas}}$$

Con los datos obtenidos se analizó la relación de las variables: número promedio de ninfas por parcela y fecha de muestreo.

2.2.3. Monitoreo de depredadores del pulgón amarillo

El monitoreo de depredadores se realizó mediante método directo e indirecto, en las mismas fechas y parcelas donde se hicieron los muestreos de *M. sacchari*.

Método directo. Se revisaron aleatoriamente 5 plantas por punto de muestreo, en las cuales se cuantificó el número de depredadores presentes en estado inmaduro o adulto. Éstos se colectaron en recipientes de plástico para su traslado al Laboratorio para su identificación.

Método indirecto. Se realizaron 20 redeos por zona de muestreo, los insectos colectados fueron confinados en bolsas de plástico, para su traslado al laboratorio, con el propósito

de separar e identificar los insectos depredadores. En Aguacomulcan se efectuaron 700 golpes de red y en cada una de las dos localidades restantes fueron 1000.

2.2.4. Identificación de las especies pertenecientes a la familia Coccinellidae

Para la determinación del género y especie de Coccinellidae, se utilizaron las claves de Gordon (1985); Romero (1988); Gordon (1991) y Vandenberg (2002), en las que se consideran estructuras morfológicas, patrones de manchas o coloración de élitros, post-coxa, pronoto, propatas. Así como la morfología de la genitalia de hembras y machos. La extracción del aparato reproductor se realizó siguiendo la técnica propuesta por Márquez (2005), en la cual se hace un corte de la región ventral del abdomen y mediante el uso de hidróxido de potasio al 10% calentado a una temperatura de 80°C por 15 minutos se logra el aclarado de las piezas.

2.2.5. Identificación de las especies depredadoras pertenecientes a la familia Syrphidae

Para Syrphidae, la identificación a nivel de familia y género se realizó mediante la clave de Marinoni y Spaler (2007). A nivel de especies se utilizaron las claves de Cevallos (1973); Thompson (1981); Metz y Thompson (2001); Mengual et al. (2009) y Mengual (2011), las cuales describen la coloración, patrones de manchas y/o morfología de cabeza, ojos, antenas, tórax, escutelo, patas, abdomen y venación del ala anterior. De igual forma consideran la morfología de la genitalia de hembras y machos

2.2.6. Identificación de especies pertenecientes a la familia Chrysopidae

La identificación de los adultos pertenecientes a la familia Chrysopidae se hizo mediante las claves de Brooks (1990) y Valencia et al. (2006). La determinación de la especie se realizó mediante las claves de Brooks (1994) y Adams y Penny (1985), en las cuales se describe la morfología y coloración de cabeza, palpos, antenas, pro, meta y metanotum, patas, venación del ala anterior. Así como la morfología de estructuras internas como el gonarcus, tignum, acumen, subgenitalia y espermateca. La confirmación de la especie se realizó mediante el envío de ejemplares al Centro Nacional de Referencia de Control

Biológico (CNRCB) en México, a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP).

2.2.7. Fluctuación poblacional de Coccinellidae

Debido a que la familia Coccinellidae fue el grupo de depredadores más abundante, fue posible analizar gráficamente su fluctuación poblacional y relacionarla con *M. sachari*. En el caso de las familias Syrphidae y Chrysopidae, los datos obtenidos no fueron suficientes para estimar su fluctuación poblacional; sin embargo, se logró obtener información respecto a su abundancia en las tres localidades.

Para la estimación de la fluctuación poblacional, se registró el número promedio de adultos colectados en las diferentes fechas de muestreo y localidades. Los datos fueron sistematizados en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel ®). Se analizó la relación de las variables: número promedio de adultos de Coccinellidae, fechas de muestreo y localidad. En esta estimación se utilizaron los datos obtenidos mediante el método directo, ya que fue el que mostró un mayor número de ejemplares colectados por planta.

2.3. Resultados y Discusión

2.3.1. Fluctuación poblacional de *M. sacchari*

La parcela de Aguacomulcan fue la que presentó el mayor promedio de ninfas por parcela, superando el umbral de daño económico del muestreo 1 al 4 (Fig. 2.1a). Esto concuerda con lo reportado por Bowling et al. (2016) en el sur de Estados Unidos, en donde las primeras infestaciones pueden ser ocasionadas por áfidos que hibernan en el rastrojo de postcosecha o en hierbas silvestres. En esta parcela, el día 13 de agosto se registró el promedio máximo de ninfas por parcela (238), a pesar de que el 10 de agosto se realizó la primera aplicación de insecticida. Previo al muestreo 5 se aplicó la 3ª dosis de Imidacloprid® y a partir de ese muestreo se presentó un decremento continuo por debajo del umbral de daño económico.

La parcela localizada en Atzala fue la segunda en superar el umbral de daño económico, mostrando un incremento en el número promedio de ninfas del áfido del muestreo 1 al 6 (Fig. 2.1a). Los muestreos realizados los días 10 y 17 de septiembre superaron el umbral y presentaron 56 y 57 ninfas de pulgón amarillo respectivamente. Antes del muestreo 8 se realizó una aplicación de insecticida, con la cual se registró un decremento a 13 ninfas. A pesar de ello, el muestreo 9 y 10 mostraron nuevamente un incremento.

La parcela ubicada en Calmecca se caracterizó por no superar el umbral de daño económico en ninguna de las fechas de muestreo (Fig. 2.1a). Del muestreo 1 al 6 se realizaron 2 aplicaciones de insecticida, con lo cual el mayor promedio registrado fue de 3.64 ninfas de pulgón amarillo por parcela. En los últimos 4 muestreos se presentó un decremento continuo. Los resultados obtenidos concuerdan con los descritos por Perales et al. (2019) en el estado de San Luis Potosí, al obtener un mayor decremento del grado de infestación del pulgón amarillo después de realizar una segunda aplicación de Imidacloprid®, controlando así hasta el 92% de la población. Así mismo, determinaron que la dosis de 300 ml fue la que mostró la mayor eficacia con una reducción del 98.9% de la población de *M. sacchari*. Sin embargo, Hallett et al. (2014), reportaron la importancia de la incorporación de enemigos naturales dentro del (MIP) para la reducción o eliminación del uso excesivo de insecticidas.

2.3.2. Fluctuación poblacional de depredadores por familia

La familia Coccinellidae fue la que tuvo el mayor promedio de individuos por planta. Szczepaniec (2018), registró a esta familia depredadora como la más abundante en variedades de sorgo susceptibles. En Aguacomulican se registró el mayor promedio (0.16 adultos/planta) el día 27 de agosto (Fig. 2.1b). Previo al muestreo 5 se realizó una 3ª aplicación de insecticida y a partir de ese muestreo no se registraron adultos. La localidad de Atzala presentó el mayor promedio de adultos, mostrando un incremento continuo del muestreo 1 al 7 (Fig. 2.1b). Previo al muestreo 8 se realizó la aplicación de Imidacloprid®, con lo cual se registró un decremento a 0.12 adultos por planta.

En el muestreo 10 se registró el mayor promedio de adultos (0.88). La parcela ubicada en Calmecca, no presentó adultos del muestreo 1 al 3 (Fig. 2.1b). El muestreo 4 registró 0.2 adultos por planta, el cual fue el mayor promedio. Posteriormente, del muestreo 5 al 10 se observó un decremento, presentado un promedio máximo de 0.08 adultos por planta.

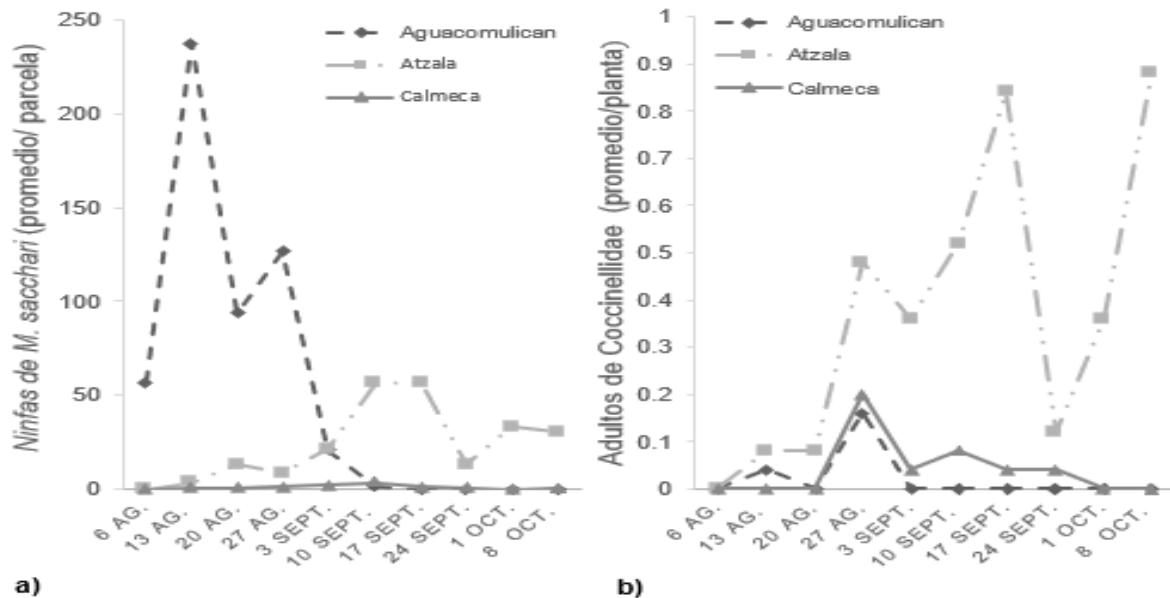


Fig. 2.1. Fluctuación poblacional de ninfas *M. sacchari* y sus depredadores (adultos) en parcelas de sorgo grano en tres localidades de Puebla, México, 2018. a) Fluctuación poblacional de *M. sacchari* y b) Coccinellidae.

Fig. 2.1. Population fluctuation of *M. sacchari* nymphs and their predators (adults) in plots of grain sorghum in three locations in Puebla, Mexico, 2018. a) Population fluctuation of *M. sacchari* and b) Coccinellidae.

Al realizar una comparación entre la fluctuación población de *M. sacchari* y el número promedio de Coccinélidos adultos por planta (Fig. 2.1), se observó que el número promedio de adultos de Coccinellidae es bajo con respecto al número promedio de ninfas del áfido. En Aguacomulcan, el mayor número de adultos se registró cuando la plaga registró los promedios más altos de *M. sacchari*. La localidad de Atzala, fue la que presentó un incrementó continuo tanto del áfido como del depredador, presentando

decrementos después de la aplicación de insecticida. La localidad de Calmecca fue la que registró la menor diferencia entre ambos, presentando el mayor promedio de ninfas y adultos entre los muestreos 4 y 6. Elliot et al. (2000) determinaron que existe una correlación entre la capacidad de depredación de Coccinélidos con la densidad poblacional de áfidos y la temperatura; es por ello que los ejemplares de esta familia fueron colectados cuando el pulgón amarillo alcanzó su mayor abundancia. De igual manera, Hewlett et al. (2018), opinan que la eficiencia de los depredadores se puede afectar por factores como la etapa vegetativa del sorgo, la distribución y densidad poblacional de las colonias de áfidos.

La familia Syrphidae fue la que mostró el menor promedio de individuos por planta. La parcela de Aguacomulcan tuvo el mayor número de adultos por planta. En el muestreo 3 registró 0.24 adultos por planta y en el 4 tuvo 0.04 adultos. La localidad de Atzala mostró el menor promedio de adultos (0.08) en los muestreos previos y posteriores a la floración. De igual manera, la parcela ubicada en Calmecca, mostró adultos en la etapa de floración, registrando el mayor promedio (0.12 adultos/planta) el día 17 de septiembre, dos semanas después la 2ª aplicación de insecticida. Brewer et al. (2017), reportaron en Lousiana la presencia de larvas de sírfidos en 20% al 30% de las hojas con 100 o más ninfas de *M. sacchari* en variedades susceptibles, dos semanas antes de la floración. En otra parcela ubicada en el mismo estado, registraron el incremento y prevalencia de larvas durante la floración

Al comparar la fluctuación del pulgón amarillo y el promedio de adultos de esta familia, se observó que el número promedio de depredadores es bajo en comparación con el áfido. La localidad de Aguacomulcan registró adultos en el mes de agosto, cuando *M. sacchari* superó el umbral de daño económico. Hatt et al. (2019), registraron el mayor número de adultos de Syrphidae durante la floración en el mes de junio de cultivos perennes. Por su parte, Fidelis et al. (2019), observaron en la col que cuando *B. brassicae* alcanzó un máximo de 1800 ninfas por planta, la densidad de esta familia fue baja, estimando un promedio menor a 0.5 larvas por planta en el mes de octubre y un máximo de 2 larvas en el mes de mayo.

La familia Chrysopidae fue la 2ª en mostrar el mayor número promedio de adultos por planta. Brewer et al. (2017), reportaron a esta familia como la menos abundante en Texas, ya que solo se encontró presente en menos del 0.1% de plantas.

La parcela de la localidad de Aguacomulcan no presentó adultos en ninguno de los muestreos, a pesar ser la que registró el mayor promedio de ninfas por planta. La localidad de Atzala mostró adultos en los últimos muestreos, después la aplicación de insecticida químico. El promedio máximo de adultos por planta (0.24) se registró en el muestreo 9. La parcela ubicada en Calmecca, fue la que tuvo el mayor número promedio de adultos de la familia. En el muestreo 7 presentó 0.08 adultos y en el último tuvo 0.4. Ambos registros se dieron después de la 2ª aplicación de Imidacloprid®.

Al contrastar la fluctuación población de *M. sacchari* y el número de adultos de la familia Chrysopidae, se observó que el promedio de ninfas del pulgón amarillo fue mayor que el promedio del depredador. La localidad de Atzala presentó adultos en los últimos muestreos, a pesar de que el 20 septiembre se realizó una aplicación de insecticida. Este registró se dio cuando la plaga tuvo valores por debajo del umbral de daño económico. La parcela ubicada en Calmecca mostró adultos del depredador después de la 2ª aplicación de insecticida químico, cuando el áfido comenzó a tener un decremento en su densidad poblacional. El mayor promedio de adultos por planta se presentó cuando la plaga tuvo el menor promedio de ninfas por parcela. De las tres familias colectadas en Calmecca, Chrysopidae fue la que registró el mayor número adultos y la que más se aproximó al número promedio de ninfas de *M. sacchari*.

2.3.3. Determinación de especies de depredadores

Por el método directo, se colectó un total de 108 adultos de la familia Coccinellidae, de los cuales 51 adultos correspondieron a la especie *C. sanguinea*. La parcela de Atzala fue la presentó el mayor número de individuos (44) de esta especie; un cantidad similar (48) de *H. convergens*, fue colectada en esta misma localidad. En total se colectaron 56 adultos de esta especie. De *H. axyridis* solo se colectó 1 ejemplar en esta localidad. En el estado de Tamaulipas, Rodríguez et al. (2016) también identificaron a *C. sanguinea* y

H. convergens como las más abundantes en cultivos de sorgo. En el mismo estado, Rodríguez et al. (2018), reportaron 11 especies de Coccinélidos, entre las cuales se identificaron: *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville), *Cycloneda sanguinea* (L.), *Olla v-nigrum* (Mulsant) y *Coleomegilla maculata* (Degeer), las cuales representaron casi el 90% de los individuos colectados. La parcela ubicada en Atzala fue la única localidad donde se presentó *Harmonia axyridis* (Pallas) (1 adulto). Hewlett et al. (2018), estimaron que las larvas *H. axyridis* son capaces de decrementar la población de pulgón amarillo en un 90% en densidades bajas de la presa (20 a 40 ninfas/planta), pero su efecto se reduce a un 53% cuando la población es alta (160 áfidos/planta).

En el muestreo indirecto, se colectó un total de 31 adultos de la familia Coccinellidae; de la especie *C. sanguinea* se registró un total de 12 adultos, *H. Convergens* tuvo 17 individuos y *H. Axyridis* presentó 2 ejemplares. De acuerdo con Delgado et al. (2019), en condiciones de laboratorio las larvas de *H. convergens* mostraron un mayor consumo de ninfas de *M. sacchari* que los estadios adultos, alimentándose de 87 individuos en 30 minutos. Al realizar una comparación entre los métodos de colecta, se determinó que el método directo fue el que mostró el mayor número de ejemplares en las dos primeras especies.

De la familia Syrphidae, mediante el método directo se colectó en las tres localidades a la especie *Allograpta exotica* (Wiedemann), registrando un total de 10 adultos. La localidad de Aguacomulcan fue la que tuvo el mayor número (7), mientras que en Atzala y Calmecca solo se capturó 2 y 1 adultos en los últimos muestreos. Arcaya et al. (2017), estimaron que la mayor sobrevivencia de la especie se da del estadio de huevo a larva (0.66), mientras que la menor se presenta de pupa a adulto (0.31 en macho y 0.19 en hembras).

La especie *Allograpta obliqua* (Say) solo se presentó en Aguacomulcan y Atzala, registrando un total de 2 y 1 adulto respectivamente. Esto concuerda con lo reportado en el estado de Tamaulipas, en donde se ha observado a *A. obliqua* alimentándose del pulgón amarillo (Rodríguez et al. 2018). Así mismo Cortez et al. (2016) reportaron la

presencia de esta especie en el estado de Sinaloa. De *Toxomeurs politus* (Say) se registró 1 adulto en Atzala y 3 en Calmecca. De las 3 especies, esta fue la que tuvo el menor número de adultos colectados.

Mediante el método indirecto se registró un total de 43 adultos de *A. exotica*, en donde la parcela de Aguacomulican tuvo mas individuos (34). Por su parte, *A. obliqua* solo se presentó en Aguacomulican y Atzala, con 7 y 2 adultos respectivamente. En este método de colecta se identificaron 2 especies del género *Toxomerus*; *T. politus* con 6 adultos asociados a *M. sacchari* en Aguacomulican y 5 en Atzala. Mientras que de *Toxomerus dispar* (Fabricius) se colectaron 5 adultos en Atzala, 1 en Aguacomulican y 1 en Calmecca. En el estado de Morelos, Gutiérrez et al. (2018), identificaron la presencia de *T. politus*, *T. dispar* y *Toxomerus aff. Pulchellus* (Macquart). Al realizar una comparación entre los métodos de colecta, se observó que el método por redeo fue el que permitió la colecta del mayor número de adultos de las 4 especies asociadas a *M. sacchari*. Así mismo, este método fue el que tuvo el mayor número de adultos totales ya que registró 70 individuos.

De la familia Chrysopidae, mediante el método directo, la especie *Chrysoperla externa* (Hagen) registró 7 adultos en la localidad de Atzala y 12 en Calmecca. Mientras que por colecta indirecta se registraron 24 ejemplares en Atzala y 1 Calmecca. Al realizar una comparación entre los método de colecta, se determinó que el muestreo indirecto fue el que mostró mayor número de adultos. Rodríguez et al. (2018), reportaron a este género en el estado de Tamaulipas. Gutiérrez et al. (2018) registraron en el estado de Morelos a las especies *C. carne* y *C. rufilabris*. Por su parte, Cortez et al. (2016) identificaron en el estado de Sinaloa a las especies *C. carnea*, *C. externa*, *Chrysoperla comanche* (Banks) y *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), de las cuales *C. externa* fue la que registró el mayor promedio de adultos. Así mismo, Albuquerque et al. (1994), reportaron que el desarrollo total de *C. externa* era más rápido cuando la temperatura incrementaba, en donde a 15.6°C tardaba 83 días y a 26.7°C era de 22.

La parcela ubicada en Aguacomulican no presentó adultos de esta especie, se caracterizó por tener la menor temperatura promedio y el mayor número de aplicaciones

de insecticida. Yongyu et al. (2002), determinaron que la temperatura tiene un efecto en la fecundidad de los adultos de *Chrysoperla sínica* (Tjeder)., en donde las hembras criadas a 25°C a un fotoperiodo de L:D= 15:9 hasta el pico de oviposición y posteriormente a un L:D=9:15, extendieron el tiempo de oviposición y presentaron una reducción en la tasa reproductiva, mientras que las hembras criadas a una temperatura de 15°C después del pico máximo, mostraron un rápido declive en su fecundidad. De igual manera Albuquerque et al. (1994) reportaron que la oviposición de *C. externa* a una temperatura de 18.3°C fue de 8.3 huevos, mientras que a 26.7°C fue de 26.5. Por su parte Ham et al. (2019), determinaron que Imidacloprid® tiene un efecto de mortalidad del 32.5% ± 17.1 en larvas *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto). Así mismo, Ullah et al. (2017), registraron que este insecticida ocasionó una mortalidad de entre el 90% al 93% en larvas de *C. carnea*, mientras que los adultos presentaron un intervalo entre 53.33% a 60%. Soomro et al. (2019), reportaron a este insecticida como el más tóxico en *C. carnea*, en donde se estimó un requerimiento de 2.3±.25 µl/ml para causar la muerte del 50% de los adultos después de 24 horas.

Al realizar una comparación entre los métodos de colecta, se observó que el método por redeo fue el que mostró el mayor número de adultos de *C. externa*, ya que registró un número total de 26 adultos asociados al pulgón amarillo.

En conclusión, las mayores poblaciones de *M. sacchari* se presentaron en Aguacomulcan, mientras que en Calmecca fueron muy bajas en todo el período de muestreo. En cuanto a depredadores, se identificaron 3 familias: Coccinellidae, Syrphidae y Chrysopidae; aunque su nivel poblacional fue muy bajo en relación con las poblaciones del áfido, con excepción de la parcela ubicada en Calmecca, Coccinellidae fue la más abundante con 3 especies, destacando *H. convergens*. De la familia Syrphidae se determinaron 4 especies de las cuales sobresalió *A. exótica*, mientras que de la familia Chrysopidae se identificó a la especie *C. externa*. En la localidad de Atzala se observó la mayor diversidad de depredadores, ya que se presentaron todas las especies identificadas. Los resultados obtenidos en esta investigación son los primeros reportes en el estado de Puebla, los cuales son una aportación para el MIP de *M. sacchari* en la región.

2.4. Agradecimiento

El primer autor agrade al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada. Al Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados Campus Puebla por el apoyo financiero proporcionado para la realización de esta investigación. Así mismo al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla, a los productores y técnicos de sorgo de la región de Izúcar de Matamoros por brindar su colaboración en esta investigación.

2.5. LITERATURA CITADA

- Adams, P. & Penny, N. (1985). Neuroptera of the Amazon basin. Part 11a. Introduction and chrysopint. *Acta Amazonica*. 15: 413-480.
- Albuquerque, G., Tauber, C. & Tauber, M. (1994). *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life History and potential for Biological Control in Central and South America. *Biological Control*. 4: 8-13.
- Arcaya, E., Pérez, C., Mengual, X., Zubcoff, J. & Rojo, S. (2017). Life table and predation rates of the syrphid fly *Allograpta exotica*, a control agent of the cowpea aphid *Aphis craccivora*. *Biological Control*. 115: 1-46.
- Bowling, R., Brewer, M., Knutson, A., Biles, S., Way, M. & Sekula, D. (2016). Scouting sugarcane aphids in south, central, and west Texas. NTO-043. Recuperado de Texas A&M AgriLife Extension Service, College Station, TX Sitio web: <http://ccag.tamu.edu/files/2016/04/NTO043.pdf>
- Brewer, M., Gordy, J., Kerns, D., Woolley, J., Rooney, W. & Bowling, R. (2017). Sugarcane Aphid Population Growth, Plant Injury, and Natural Enemies on Selected Grain Sorghum Hybrids in Texas and Louisiana. *Journal of Economic Entomology*. 110: 2109-2118
- Brooks, S. & Barnard, P. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. 59: 117-286.

- Brooks, S. (1994). A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. 63: 137-210.
- Carbajal, M., Rebollar, S., Hernández, J., Gómez, G. & Guzmán, E. (2018). Demanda de sorgo grano en México con la técnica de retrasos distribuidos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21: 235-242.
- Cevallos, E. (1973). *Allograpta exotica* Wiedemann y *Syrphus Shorae* Fluke, dos Syrphidae (Díptera) depredadores de áfidos en maíz. *Revista Peruana de Entomología*. 16: 24-29.
- CESAVEP. (2017). Manejo Fitosanitario del Sorgo. Recuperado de Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla Sitio web: www.cesavep.org/campanias/MFS/mfs_obj.html
- Cortez, E., Pérez, J. & Valenzuela, F. (2016). Relación de enemigos naturales del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en el norte de Sinaloa. *Memorias de Congreso Internacional ICA*. 19: 271-275.
- Cortez, E., López, J. & Herrera, G. (2016). Especies de Chrysopidae asociadas al pulgón amarillo del sorgo en el norte de Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*. 41: 541-545.
- Delgado, C., Salas, M., Martínez, O., Guzmán, R. & Flores, S. (2019). Predation capability of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) feeding of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist*. 102: 24-28.
- Elliot, N., Kieckhefer, R. & Beck, D. (2000). Adult Coccinellid Activity and Predation on Aphids in Spring Cereals. *Biological Control*. 17: 218-226.
- FAO. (2006). Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fidelis, E., Farias, E., Lopes, M., Sousa, F., Zanuncio, J. & Picanço. (2019). Contributions of climate, plant phenology and natural enemies to the seasonal variation of aphids on cabbage. *Journal of applied entomology*. 143: 365-370.

- Gordon, R. (1985). The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*. 93: 1-912.
- Gordon, R. (1991). Field guide to recently introduced species of Coccinellidae (coleoptera) in North America, with a revised key to North American genera of Coccinellini. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 93: 845-867.
- Gutiérrez, E., Carapia, V., Castillo, A. & Sánchez, O. (2018). Enemigos naturales del pulgón amarillo en sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemíptera: Aphididae) en Xalostoc, Ayala, Morelos. *Entomología mexicana*. 5: 131-135.
- Hallett, R., Bahlai, C., Xue, Y. & Schaafsma, A. (2014). Incorporating natural enemy units into a dynamic action threshold for the soybean aphid, *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). *Pest Management Science*. 70: 879-888.
- Ham, E., Lee, J., Jang, M. & Park, J. (2019). Toxic effects of 12 pesticides on green lacewing, *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomological Research*. 49: 305-312.
- Hatt, S., Uytendroek, R., Lopes, T., Mouchon, P., Osawa, N., Piqueray, J., Monty, A. & Francis, F. (2019). Identification of flower functional traits affecting abundance of generalist predators in perennial multiple species wildflower strips. *Arthropod-Plant Interactions*. 13: 127-137.
- Hewlett, J., Szczepaniec, A. & Eubanks, M. (2018). The effects of sugarcane aphid density in sorghum on predation by lady beetles and lacewings. *Biological control*. 129: 171-177.
- Marinoni, L., Nunes, M. & Spaler, I. (2007). Chave de identificação ilustrada para os gêneros de Syrphinae (Diptera, Syrphidae) de ocorrência no sul do Brasil. *Biota Neotropica*. 7: 146-160.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 37: 385-408.
- Mengual, X., Ruiz, C., Rojo, S., Stahls, G. & Thompson, F. (2009). A conspectus of the flower fly genus *Allograpta* (Diptera: Syrphidae) with description of a new subgenus and species. *Zootaxa*. 2214: 1-28.
- Mengual, X. (2011). Black-tie dress code: two new species of the genus *Toxomerus* (Diptera, Syrphidae). *ZooKeys*. 140: 1-26.

- Metz, M. & Thompson, F. (2001). A revision of the larger species of *Toxomerus* (Diptera: Syrphidae) with description of a new species. *Studia dipterologica*. 8: 225-256.
- Microsoft Office Profesional Plus 2016. (2016). Estados Unidos: Microsoft.
- Perales, D., Hernández, M., Valle, M. & Peralta, A. (2019). Biological effectiveness of Singular 350 SC for control of *Melanaphis sacchari* in Sorghum bicolor. *Revista Centro agrícola*. 46: 31-36.
- Quijano, J., Pecina, V., Bujanos, R., Marín, A. & Yáñez, R. (2017). Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. México: Prometeo.
- Rodríguez, J., Rodríguez, B., Samiento, M., Palomares, M. & Arredondo, H. (2016). Species of Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) Associated with *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) in Tamaulipas, Mexico. *Entomological News*. 126: 97-105.
- Rodríguez, L. & Terán, A. (2018). Manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. Folleto Técnico número MX-0-310304-45-03-13-09-72. Campo Experimental Río Bravo INIFAP-Centro Regional Experimental del Noreste. Tamaulipas, México, septiembre de 2018. 72 pp.
- Rodríguez, L., Rodríguez, B., Sarmiento, M. & Arredondo, H. (2018). Natural Enemies of *Melanaphis sacchari* on Grain Sorghum in Northeastern Mexico. *Southwestern Entomologist*. 43: 277-279.
- Romero, J. (1988). Características morfológicas útiles para diferenciar *Hippodamia convergens* Guerin de *Hippodamia koebeleri* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae) en el área de Chapingo, México. *Entomología Mexicana*. 76: 45-54.
- SADER. (2018). Programa fitosanitario contra el pulgón amarillo del sorgo. Recuperado de Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural Sitio web: www.gob.mx/senasica/documentos/pulgon-amarillo-del-sorgo-110905
- SIAP. (2019). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Singh, B., Padmaja, P. & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*. 23: 739-755.

- Soomro, Q., Sultana, R., Muhammad, R., Sohail, M. & Khuhro, N. (2019). In-vitro study of sub-lethal effects of new chemistry insecticides on the adult *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Pakistan Journal of Agriculture Agricultural Engineering and Veterinary Science*. 35: 29-33.
- Szczepanec, A. (2018). Interactive effects of crop variety, insecticide seed treatment, and planting date on population dynamics of sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) and their predators in late-colonized sorghum. *Crop Protection*. 109: 72-79.
- Thompson, F. (1981). The flower flies of the West Indies (Diptera: Syrphidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 9: 21-40.
- Ullah, Z., Altaf, M., Ahmad, S., Bilal, H., Hussain, D., Karamat, T., Mohsin, M., Aftab, A. & Irfan, M. (2017). In vitro study of comparative toxicity of different insecticides against *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5: 697-702.
- USDA. (2019). World Agricultural Production. Recuperado de United States Department of Agriculture Sitio web: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- Valencia, L., Romero, J., Valdez, J., Carrillo, J. & López, V. (2006). Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 22: 17-61
- Vandenberg. (2002). The new world genus *Cycloneda* Crotch (Coleoptera:Coccinellidae:Coccinellini): Historical review, new diagnosis, new generic and specific synonyms, and an improved key to North American species. *Proceedings of the Entomological society of Washington*. 104: 221-236.
- Van Driesche, R., Hoodle, M. & Center, T. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales. United States: USDA.
- Yongyu, X., Jiyuan, M., Cui, H. & Dunqin, X. (2002). Effect of photoperiod and temperature on adult fecundity of *Chrysoperla sinica* (Tjeder). *Entomological Journal of East China*. 11: 39-43.

CAPÍTULO III. PARASITOIDES ASOCIADOS A *Melanaphis sacchari* (Zehntner) EN SORGO EN PUEBLA, MÉXICO

Jazmin V. Fortoul-Díaz, Arturo Huerta-de la Peña, José R. Lomeli-Flores,
José H. Hernández-Salgado, Andrés Pérez-Magaña

Resumen. Desde 2014, *Melanaphis sacchari* ha representado un problema para los productores de sorgo en México. Pero, se han registrado agentes de control biológico asociados al áfido, entre los cuales se encuentran las avispas parasíticas. En esta investigación se determinaron las especies de parasitoides e hiperparasitoides asociados al pulgón amarillo en parcelas comerciales de sorgo en tres localidades del estado de Puebla. La parcela ubicada en Aguacomulican fue la que mostró el mayor número de adultos de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) y *Aphidius platensis* (Brethes) colectados por método directo e indirecto, mientras que la localidad de Calmecca fue la que presentó el menor número de individuos colectados. Así mismo se colectaron las especies de hiperparasitoides *Alloxysta mullensis* (Cameron), *Asaphes suspensus* (Nees) y *Pachyneuron* sp. (Pteromalidae). Los resultados obtenidos mostraron que en la zona de estudio hubo más adultos de parasitoides, a pesar de la presencia de hiperparasitoides.

Abstract. Since 2014, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) has represented a problem for sorghum producers in México. Despite this, biological control agents associated with the aphid have been registered, including parasitic wasps. This research determined the species of parasitoids and hyperparasitoids species associated with the sugarcane aphid in commercial sorghum plots in three localities in the state of Puebla. The plot located in Aguacomulican showed the highest number of adults of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) and *Aphidius platensis* (Brethes) collected by the direct and indirect method, while the locality of Calmecca had the lowest number of individuals collected. The hyperparasitoid species *Alloxysta mullensis* (Cameron), *Asaphes suspensus* (Nees) and *Pachyneuron* sp. (Pteromalidae) were also collected. The results obtained in this

research showed that in the study area there were more adults of parasitoids, despite the presence of hyperparasitoids.

3.1. Introducción

En 2018 los países con mayor producción de sorgo fueron Estados Unidos, Nigeria, India, México y Etiopía (USDA 2019). En México, los estados con mayor producción de sorgo son Tamaulipas, Baja California Sur, Yucatán y Nayarit (SIAP 2019); sin embargo, en 2014 en el país se detectó a *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en cultivos de sorgo en Tamaulipas en donde generó pérdidas de entre el 30% al 100% (Rodríguez et al. 2015). Actualmente el áfido afecta a 20 estados de la República Mexicana (SADER 2018). Los daños ocasionados se deben a que, al alimentarse de la savia de la planta, no permite el adecuado desarrollo de la planta y reduce su rendimiento (Peña et al. 2018). Para el control del pulgón amarillo en México se ha implementado la Campaña de Manejo Integrado de Plagas (MIP), en la cual el control biológico ha sido una de las estrategias empleadas, mediante la introducción de enemigos naturales, con la finalidad de reducir su densidad poblacional con la mínima perturbación de los insectos polinizadores y del ambiente (SADER 2018).

A nivel mundial se han reportado 47 especies asociadas a *M. sacchari*, entre las cuales se incluyen a los parasitoides (Singh et al. 2004). De acuerdo con Hagvar y Hofsvang (1991), los parasitoides de áfidos son importantes en el control biológico de estas plagas, por lo cual son de gran relevancia en los programas de Manejo Integrado de áfidos. Así mismo, García et al. (2018), considera que debido a la especificidad que tienen los parasitoides con los áfidos, éstos pueden ser considerados dentro de los principales enemigos naturales del pulgón.

De acuerdo con Rodríguez et al. (2015), se han observado al menos dos especies de parasitoides del pulgón amarillo en México, pero en Puebla se desconoce que especies están presentes. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue identificar a las

especies de parasitoides e hiperparasitoides asociados a *M. sacchari* en parcelas de sorgo en Puebla, México.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Ubicación de los sitios de muestreo

La investigación se realizó en el estado de Puebla, en tres parcelas comerciales de sorgo ubicadas en las localidades de San Miguel Aguacomulcan (18° 49'6'' Lat.N, 98° 32'55'' Long.W); Atzala (18° 33' 26'' Lat.N, 98° 34' 1'' Long.W) y Calmecca (18° 39'' 23'' Lat.N, 98° 37'10'' Long.W).

3.2.2. Monitoreo de parasitoides de *Melanaphis sacchari*

El monitoreo de parasitoides se realizó mediante el método directo e indirecto. Los muestreos se realizaron semanalmente, comenzando la primera semana de agosto y concluyendo la segunda semana de octubre de 2018. Debido a la fenología del sorgo, en Aguacomulcan se llevaron a cabo 7 muestreos, mientras que en Atzala y Calmecca fueron 10.

Método directo. El muestreo fue en cinco de oros y en cada uno de los puntos se seleccionaron aleatoriamente 5 plantas. Posteriormente se colectaron todas las ninfas parasitadas de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en frascos de plástico para su traslado al Laboratorio para su identificación.

Método indirecto. Se realizaron 20 redeos por zona de muestreo, los insectos colectados fueron confinados en bolsas de plástico, para su traslado al laboratorio, con el propósito de separar e identificar los parasitoides e hiperparasitoides. En Aguacomulcan se efectuó un total acumulado de 700 golpes de red y en cada una de las localidades restantes fueron 1000.

3.2.3. Procesamiento de parasitoides de *Melanaphis sacchari*

Las ninfas parasitadas de *M. sacchari* fueron individualizadas en gradillas multipozos, las cuales fueron cubiertas y colocadas en la cámara de cría del laboratorio a una temperatura de $24 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $51 \pm 3.6\%$. Los adultos colectados por el método indirecto, fueron separados mediante un estereoscopio marca MOTIC® modelo SMZ-168. Los adultos fueron deshidratados mediante el uso de diferentes graduaciones de alcohol etílico (80%, 90%, 96% y 100%) por 30 minutos cada uno. Posteriormente se colocaron en acetato de amilo por al menos 24 horas, se secaron y se montaron.

3.2.4. Identificación de especies de parasitoides

La identificación de los parasitoides se realizó mediante las claves de Smith (1944); Havelka et al. (2012); Tomanovic´ et al. (2014) y Rakhshani et al. (2015), las cuales describen la coloración y morfología de cabeza, antenas, mesonotum, propodeo, peciolo, patas y venación del ala anterior.

3.2.5. Identificación de especies de hiperparasitoides

Para la determinación de las especies de hiperparasitoides se utilizaron las claves de Gibson et al. (1997); Gibson y Veli (1998); Ferrer et al. (2013a) y Ferrer et al. (2013b), en las que se consideran las estructuras morfológicas y coloración de antenas, cabeza, propodeo, mesosoma, pronoto, peciolo, patas y venación del ala anterior.

3.2.6 Análisis de la información

Los datos fueron sistematizados en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel ®) de acuerdo con el método de colecta, localidad y número de ejemplares por especie.

3.3. Resultados y Discusión

3.3.1. Determinación del número de especies de parasitoides

Mediante el método directo la localida de Aguacomulcan presentó el mayor número de adultos de *L. testaceipes*, mientras que Calmecca tuvo el menor (5) (Cuadro 3.1). Esto

concuera con lo descrito por White et al. (2001), los cuales describieron a esta especie como un parasitoide de *M. sacchari*. Así mismo, Bowling et al. (2016) reportaron en Texas poca emergencia de *L. testaceipes*. En Sinaloa Payán et al. (2018) reportaron la presencia de esta especie, al igual que Rodríguez et al. (2019) en el estado de Tamaulipas.

La especie *A. platensis* solo se presentó en las parcelas de Aguacomulican y Atzala con 24 y 3 individuos respectivamente. Salas et al. (2017) identificaron en Guanajuato al género *Aphidius* como el más abundante (31%), mientras que el género *Lysiphlebus* tuvo una abundancia del 24%. Las especies identificadas fueron *Aphidius colemani* (Dalman) y *L. testaceipes*.

Cuadro 3.1. Especies de parasitoides asociados a *M. sacchari* en parcelas de sorgo en Puebla, México, 2018.

Table 3.1. Parasitoid species associated with *M. sacchari* in sorghum plots in Puebla, México, 2018

			adultos
Directo	Aguacomulican		30
	Atzala	<i>Lysiphlebus</i>	16
	Calmecca	<i>testaceipes</i>	5
	Subtotal		51*
	Aguacomulican		24
	Atzala	<i>Aphidius platensis</i>	3
Subtotal		27*	
Total		78**	
Indirecto	Aguacomulican	<i>Lysiphlebus</i>	38
	Atzala	<i>testaceipes</i>	28
	Calmecca		2
	Subtotal		68*
	Aguacomulican	<i>Aphidius platensis</i>	1
	Subtotal		1*
Total		69**	

*Número de adultos por especie. ** Número total de adultos por método de colecta.

Mediante el método indirecto, *L. testaceipes* se colectó en las tres localidades, siendo Aguacomulcan la que registró el mayor número de adultos (38) asociados a *M. sacchari* y Calmecca fue la que presentó menos individuos colectados (2). García et al. (2018) reportaron en el estado de Coahuila a esta especie con un bajo porcentaje de parasitismo de *M. sacchari* (0.8% en julio). Así mismo, Colares et al. (2015) describen que la bacteria endosimbiótica *Hamiltonella defense* puede limitar el desarrollo de la especie; sin embargo, esta no se encuentra presente en todas las poblaciones de áfidos. Mediante este método de colecta, Aguacomulcan solo presentó 1 individuo de *A. platensis*. García et al. (2018) describen que las condiciones climáticas del país pueden tener un efecto en la abundancia y distribución de los parasitoides asociados al áfido.

Al realizar una comparación entre los métodos de colecta se determinó que el método directo fue el que presentó el mayor número total de adultos. A pesar de esto, Rodríguez et al. (2015) consideran que en la mayoría de casos, los enemigos naturales no logran reducir la densidad poblacional de *M. sacchari* por debajo del umbral de daño económico.

3.3.2. Determinación del número de hiperparasitoides

Por colecta directa, Aguacomulcan presentó el mayor número de adultos de *Alloxysta mullensis* (Cameron), (7), mientras que Calmecca tuvo el menor número (1) (Cuadro 3.2). La especie *Asaphes suspensus* solo se colectó en Atzala, mientras que *Pachyneuron* sp., presentó 13 individuos en Atzala y 3 Calmecca. En Coahuila, García et al. (2018), registraron a las especies *Pachyneuron aphidis* (Bouché) y *Alloxysta* sp. con 25 y 16 individuos. En ese mismo año, Payán et al. (2018) reportaron en Sinaloa la presencia de *P. aphidis*, en donde el promedio del hiperparasitoide fue mayor que la de *L. testaceipes* en todos los muestreos.

Mediante el método indirecto las especies *A. mullensis* y *Pachyneuron* sp. solo se presentaron en la localidad de Atzala con 7 y 2 adultos colectados. En Tamaulipas Rodríguez et al. (2018) reportaron que del 22% de las ninfas parasitadas emergieron las especies *Pachyneuron aphidis* y *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr). En ese mismo

estado, Rodríguez et al. (2019) reportaron a *P. aphidis* con un bajo número de individuos (3). Así mismo observaron que los individuos de la especie fueron poco abundantes al ser comparados con *L. testaceipes*, teniendo mayor abundancia en la inflorescencia.

Al realizar una comparación entre los métodos de colecta, se determinó que el método directo registró el mayor número de adultos de las 3 especies, así como el mayor número total de adultos. De acuerdo con Nematollahi et al. (2014), los hiperparasitoides pueden limitar el desarrollo de parasitoides primarios.

Cuadro 3.2. Especies de hiperparasitoides asociados a *M. sacchari* en parcelas de sorgo en Puebla, México, 2018.

Table 3.2. Hyperparasitoid species associated with *M. sacchari* in sorghum plots in Puebla, Mexico, 2018

Método	Localidad	Género y especie	Número de adultos
Directo	Aguacomulcan		7
	Atzala	<i>Alloxysta mullensis</i>	3
	Calmecca		1
	Subtotal		11*
	Atzala	<i>Asaphes suspensus</i>	11
	Subtotal		11*
	Atzala	<i>Pachyneuron</i> sp.	13
	Calmecca		3
Subtotal		16*	
Total		38**	
Indirecto	Atzala	<i>Alloxysta mullensis</i>	7
	Subtotal		7*
	Atzala	<i>Pachyneuron</i> sp.	2
	Subtotal		2*
	Total		9**

*Número de adultos por especie. ** Número total de adultos por método de colecta.

En conclusión, la localidad Aguacomulcan fue la que presentó el mayor número de adultos de *L. testaceipes* por ambos métodos de colecta al igual que *A. platensis*.

Así mismo se colectaron las especies *A. mullensis*, *A. suspensus* y *Pachyneuron* sp., de las cuales la última fue la abundante en el método directo. En el método indirecto *A. mullensis* fue la que tuvo el mayor número de ejemplares. Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que en las localidades muestreadas el número de parasitoides colectados fue mayor que el de hiperparasitoides.

3.4. Agradecimiento

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada. Al Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados Campus Puebla por el apoyo financiero proporcionado para la realización de esta investigación y al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por su colaboración en esta investigación.

3.5. LITERATURA CITADA

- Bowling, R., Brewer, M., Kerns, D., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N., Buntin, D., Way, M., Royer, T., Biles, S. & Maxson, E. (2016). Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*. 7: 1-13.
- Colares, F., Michaud, J., Bain, C. & Torres, J. (2015). Recruitment of aphidophagous arthropods to sorghum plants infested with *Melanaphis sacchari* and *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control*. 90: 16-24.
- Ferrer, M., Selfa, J., Equihua, A., Estrada, E., Lomeli, J., Peña, R. & Pujade, J. (2013). Charipinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) from Mexico with Description of Three New Species. *Annals of the Entomological Society of America*. 106: 26-41.
- Ferrer, M., Selfa, J. & Pujade, J. (2013). Review of the Neotropical Charipinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. 57: 279-299.
- García, F., Ramírez, M., Cortez, H. & Ramírez, M. (2018). New Reports of Parasitoids and Hyperparasitoids of *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in México. *Southwestern Entomologist*. 43: 787-790.

- Gibson, G., Huber, J. & Woolley, J. (1997). Pteromalidae. En Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera) (541-692). Canada: NRC Research Press.
- Gibson, G. & Veli, V. (1998). The species of *Asaphes* Walker from America North of Mexico, with Remarks on Extralimital Distributions and Taxa (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 7: 209-256.
- Hagvar, E. & Hofsvang, T. (1991). Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. *Biocontrol News and Information*. 12: 13-42.
- Havelka, J., Tomanovic', Ž., Kavallieratos, N., Rakhshani, E., Pons, X., Petrovic', A., Pike, K. & Starý, P. (2012). Review and Key to the World Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of *Aphis ruborum* (Hemiptera: Aphididae) and Its Role as a Host Reservoir. *Annals of the Entomological Society of America*. 105(3): 386-394.
- Microsoft Office Profesional Plus 2016. (2016). Estados Unidos: Microsoft.
- Nematollahi, M., Fathipour, Y., Talebi, A. Karimzadeh, J. & Zalucki, M. (2014). Parasitoid- and Hyperparasitoid-Mediated Seasonal Dynamics of the Cabbage Aphid (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control*. 43: 1542-1551.
- Payán, M., Ail, C., Gastélum, R., Guerra, J., Yáñez, M. & Ramírez, M. (2018). Parasitism and Hyperparasitism in *Melanaphis sacchari* Zehntner in Sorghum in Mexico. *Southwestern Entomologist*. 43: 433-437.
- Peña, R., Lomelí, J., Bujanos, R., Muñoz, A., Viveros, A. & Ibarra, J. (2018). Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897). México: Prometeo
- Rakhshani, E., Starý, P., Tomanovic', Ž. & Mifsud, D. (2015). Aphidiinae (Hymenoptera, Braconidae) aphid parasitoids of Malta: review and key to species. *Bulletin of the Entomological Society of Malta*. 7: 121-137.
- Rodríguez, L. & Terán, A. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A New Sorghum Insect Pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*. 40: 433-434.
- Rodríguez, L., Rodríguez, B., Sarmiento, M. & Arredondo, H. (2018). Natural Enemies of *Melanaphis sacchari* on Grain Sorghum in Northeastern Mexico. *Southwestern Entomologist*. 43: 277-279.

- Rodríguez, B., Suaste, A., Gallou, A., Rodríguez, J., Sarmiento, M. & Arredondo, H. (2019). Aphids (Hemiptera: Aphididae) and its parasitoids (hymenoptera) in sorghum crops in the states of Colima and Tamaulipas, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*. 35: 1-9.
- Salas, M., López, D., Martínez, O. & Guzmán, R. (2017). Parasitoids of Sugarcane Aphid, *Melanaphis sacchari*, at Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologists*. 42: 1091-1094.
- SADER. (2018). Programa fitosanitario contra el pulgón amarillo del sorgo. Recuperado de Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural Sitio web: www.gob.mx/senasica/documentos/pulgon-amarillo-del-sorgo-110905
- SIAP. (2019). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. 10/10/2019, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Singh, B., Padmaja, P. & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zenhtner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*, 23, 739-755.
- Smith, C. (1944). The Aphidiinae of North America (Braconidae: Hymenoptera). United States of America: The Ohio State University Columbus.
- Tomanovic', Ž, Petrovic', A., Mitrovic', M., Kavallieratos, N., Starý, P., Rakhshani, E., Rakhshanipour, M., Popovic', A., Shukshuk, A. & Ivanovic', A. (2014). Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Bulletin of Entomological Research*. 104: 552-565.
- USDA. (2019). World Agricultural Production. Recuperado de United States Department of Agriculture Sitio web: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- White, W., Reagan, T. & Hall, D. (2001). *Melanaphis sacchari* (Homoptera: APHIDIDAE), A Sugarcane Pest New to Louisiana. *Florida Entomologist*. 84: 435-436.

CAPÍTULO IV. PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE SORGO SOBRE LA INCIDENCIA DE *Melanaphis sacchari* (Zehntner) Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN PUEBLA, MÉXICO

Jazmin V. Fortoul-Díaz, Arturo Huerta-de la Peña, Andrés Pérez-Magaña
José H. Hernández-Salgado, José R. Lomeli-Flores

Resumen. *Melanaphis sacchari* (Zehntner) ha representado un problema para 20 estados productores de sorgo en México desde 2014. Puebla presentó afectaciones por el áfido desde el 2015. A partir de ese año los productores buscaron estrategias de control del mediante la asistencia proporcionada por la Campaña Nacional de Manejo Integrado (MIP) de pulgón amarillo o de forma independiente. El objetivo de esta investigación fue documentar el conocimiento de los productores de sorgo sobre la incidencia y daños del pulgón amarillo en 2018 y si identifican especies de insectos benéficos que puedan ayudar al control biológico del áfido. En este trabajo se diseñó una guía de entrevista para recopilar la información mencionada anteriormente, la cual se aplicó a 44 productores de tres localidades de la región productora de sorgo en Izúcar de Matamoros Puebla. Las entrevistas se aplicaron a productores que asistieron a reuniones del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Puebla (CESAVEP). El 43% manifestó haber participaron en la Campaña MIP y el 57% restante no participó. El cultivo de sorgo fue de temporal y el 100% tuvo infestación de *M. sacchari*. Para controlar este áfido los productores utilizaron principalmente el control químico, aunque algunos lo complementaron con liberación de huevos de *Chrysoperla carnea*. El 77% de los productores ha observado enemigos naturales del pulgón amarillo en su parcela, de los cuales las catarinas y “miguelitos” (sírfidos) fueron los más conocidos. Los resultados de esta investigación aportan información útil que puede ser considerada en el diseño de estrategias para promover la participación de productores en la campaña MIP.

Abstract. *Melanaphis sacchari* (Zehntner) has represented a problem for 20 sorghum producing states in México since 2014. Puebla has been affected by the aphid since 2015. From that year, producers sought control strategies through the assistance provided by the National Campaign of Integrated pest management (MIP) of sugarcane aphid or

independently. The objective of this research was to document the knowledge of sorghum producers about the incidence and damage of the sugarcane aphid in 2018 and if they identify beneficial insects that can help to the biological control of the aphid. An interview guide was designed to gather the information mentioned above. It was applied to 44 producers from three locations in the sorghum producing region in Izucar de Matamoros Puebla. The interviews were applied to producers who attended meetings of the State Committee for Plant Health in Puebla (CESAVEP). 43% of them, said that participated in the IPM Campaign and the remaining 57% did not participate. 100% of sorghum crop was temporary and had of *M. sacchari* infestation. To control this aphid, producers mainly used chemical control, although some of them complemented it with the release of *Chrysoperla carnea* eggs. 77% of the producers have observed natural enemies of the sugarcane aphid in their plot; lady beetles and “miguelitos” (hoverflies) were the most known. The results of this research provide useful information that can be considered in the design of strategies to promote the participation of producers in the IPM campaign.

4.1. Introducción

En 2017 el cultivo de sorgo formó parte de los 34 productos agropecuarios con representatividad en México (INEGI 2018). En este mismo año, en el estado de Puebla se sembraron 20,502 ha con un rendimiento medio de 3.5 t/ha. El Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 06 Izúcar de Matamoros fue el que obtuvo la mayor superficie sembrada (16,610 ha) en este estado (SIAP 2018). En 2018, México fue el 4^o productor a nivel mundial (USDA 2019).

Sin embargo, a nivel nacional durante los años 2016 a 2018 se presentó una reducción en la producción de 90,000 toneladas. En consecuencia, este decremento se observó en estados como Puebla, el cual en el año 2018 registró una reducción en el rendimiento de 0.46 t/ha (SIAP 2019). Dentro de los factores que han contribuido a esto se encuentra *Melanaphis sacchari* (Zehntner), el cual genera daños al sorgo al alimentarse de la savia de las plantas, impidiendo la adecuada absorción de nutrientes y el llenado de grano (Singh et al. 2004). En 2015, Puebla contó con 7500 productores afectados por el áfido.

Debido a que ese año la plaga ocasionó las mayores pérdidas en la región de Izúcar de Matamoros, a partir de 2016 los productores han desarrollado diferentes estrategias y/o se han acercado a la Campaña Nacional contra el pulgón amarillo en donde el MIP emplea técnicas de control biológico, cultural y químico (SENASICA 2017).

Toledo (2010), considera que el sector rural se encuentra cada vez más interesado en buscar el apoyo de personas y entes externos para satisfacer las necesidades de las unidades de producción y de esta forma lograr el desarrollo económico, social y productivo. A partir de esta cooperación es que se permite fortalecer las capacidades y habilidades de los productores, mediante un diálogo de saberes, en el cual se reconoce el conocimiento de las comunidades y se establece su relación con el conocimiento científico para generar estrategias que logren la transformación social (de Castro et al. 2013). Así mismo, Altieri (2002) considera que la agricultura es un sistema complejo en el cual además de elementos abióticos y bióticos, se incluyen los aspectos sociales y culturales.

A partir de este problema los productores han generado una acumulación de información sobre el monitoreo y el control de *M. sacchari*. Sánchez et al. (2015), describen que los campesinos generan conocimiento a través del tiempo, para resolver problemáticas presentes en su entorno. Así mismo, Barkin et al. (2009), consideran necesaria la participación de las personas para la solución de problemáticas, de tal forma que se reconozcan sus conocimientos y se integren en el desarrollo de estrategias. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue identificar los conocimientos de productores de sorgo sobre la incidencia y los daños generados por el pulgón amarillo, la identificación de sus enemigos naturales y el uso de éstos dentro de las estrategias de control en Puebla, México

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en las localidades de San Miguel Aguacomulcan (18° 49'6" Lat. N., 98° 32'55" Long.W.); Atzala (18° 33' 26" Lat. N., 98° 34' 1" Long.W.) y Calmecca (18° 39' 23" Lat. N., 98° 37'10" Long. W.). Estas localidades pertenecen al Distrito de Desarrollo rural 06 Izúcar de Matamoros, el cual se ubica al suroeste del Estado de Puebla entre los paralelos 18°00' y 19° 51' de latitud Norte y los meridianos 97° 49' y 98° 47' de longitud Oeste.

4.2.2. Recolección de información

Se diseñó una guía de entrevista estructurada con las siguientes secciones: I) Características generales del entrevistado; II) Superficie de siembra y cultivos sembrados; III) Incidencia y daños del pulgón amarillo; IV) Insectos benéficos asociados al áfido.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

1) Aplicación de la guía en los días en los que técnicos de la institución CESAVEP realizaron entrega de huevos *Chrysoperla carnea* de la Campaña Nacional MIP.

2) El instrumento se aplicó a productores que asistieron a la reunión.

Las guías fueron implementadas en cada localidad a productores que sembraron sorgo en el 2018; se llevó un registro escrito de la información. El cálculo de la muestra resultó del punto de saturación, en el cual se consideró el 50% de las respuestas repetidas.

4.2.3. Análisis de la información

La información se organizó en las siguientes secciones:

1) Características de los entrevistados: edad, sexo y escolaridad y participación o no en la Campaña MIP del pulgón amarillo.

2) Superficie de siembra y problemática en la producción de sorgo: Número de predios, superficie, cultivos sembrados y problemáticas en la producción de sorgo.

3) Incidencia y daños del pulgón amarillo: Presencia del pulgón amarillo, identificación del áfido, reducción de la superficie a nivel parcela y municipal, etapa fenológica del sorgo en la que observan las primeras colonias y en la que ya no observan a *M. sacchari* y comparación de la densidad poblacional entre años.

4) Factores asociados al pulgón amarillo y prácticas de control: Factores asociados a *M. sacchari*, percepción del fenómeno “canícula” y prácticas de control.

5) Enemigos naturales del pulgón amarillo: Percepción de la presencia de enemigos naturales en las parcelas, año con mayor presencia de enemigos naturales, uso de insectos benéficos dentro del control del pulgón amarillo, etapa fenológica del sorgo en la que observan los primeros insectos benéficos y en la que ya no los observan, identificación de los enemigos naturales asociados al áfido y efectos adversos en éstos.

Posteriormente los datos de cada sección fueron codificados y procesados en hojas de cálculo (Microsoft Office Excel®). A partir del análisis se realizó la estimación de: media, porcentaje, gráficas de barras y pastel.

4.3. Resultados

4.3.1. Características de los entrevistados

La edad promedio de los entrevistados fue 51.65 años. La edad mínima registrada fue 25 años y la máxima fue 79. Del total de encuestados 38 fueron del género masculino y 6 del femenino. La escolaridad de los encuestados se muestra en la Fig. 4.1. En ésta se puede observar que 14% de las personas no estudió, el 68% terminó la educación básica y solo el 4% finalizó la licenciatura. Esto concuerdan con el reporte de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2017, en la cual el 85.5% de los encuestados fueron hombres y 14.5% mujeres. Así mismo, el 37.8% de productores tuvo entre 46 a 60 años. Así mismo se registró que el 52.2% finalizó la primaria, el 18.9% la secundaria y el 8.6% terminó una licenciatura (INEGI 2018).

En las localidades de estudio, 19 personas participaron en la Campaña MIP del pulgón amarillo y 25 personas no se acercaron al programa. Ante esta falta de participación

Damasceno et al. (2007) describen que las comunidades deben de contar con autonomía propia para participar, decidir y negociar internamente, pero también deben de contar con el apoyo de instituciones para el desarrollo de liderazgo y el fortalecimiento de entornos productivos y familiares.

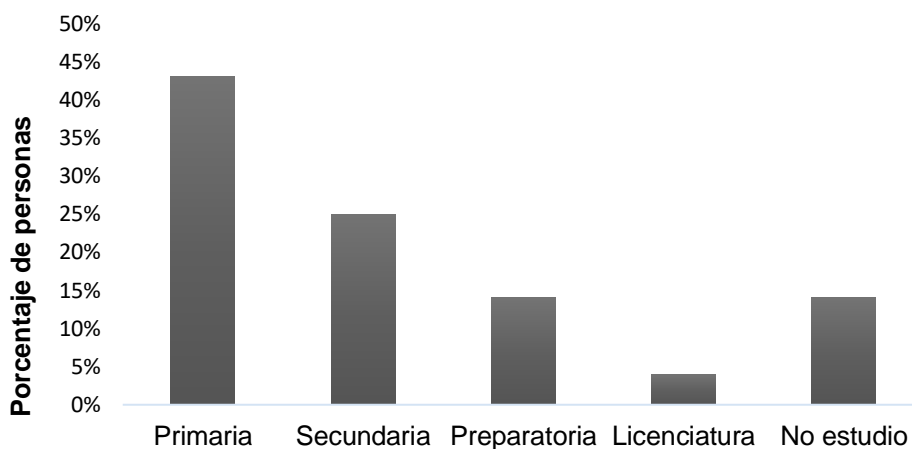


Fig.4.1. Nivel de estudio de productores de sorgo de tres localidades en Puebla, México 2018 (porcentaje).

Fig. 4.1. Level of study of sorghum producers from three localities in Puebla, México 2018 (percentage).

4.3.2. Características de la superficie de siembra y problemáticas en la producción de sorgo

En el 2018 la superficie mínima registrada de un predio fue 1 ha y la superficie máxima fue 8 ha. Así mismo, el número de predios administrados por productor fue: a) 1 predio: 50%; b) 2 predios: 23%; c) 3 predios: 9%; d) 4 predios: 11% y e) 5 predios: 7%). La superficie mínima (total) registrada fue 2 ha, la cual corresponde a productores con 1 o 2 parcelas, mientras que la superficie máxima (total) fue 15 ha. El promedio de la superficie total de siembra fue de 4.57ha.

El sorgo, maíz y cacahuate fueron los tres principales cultivos sembrados en las localidades, de los cuales el primero fue el de mayor importancia (Fig. 4.2a). El 100% de

éstos fue de temporal. De acuerdo con la ENA 2017, el 79% de la superficie agrícola de las Unidades de Producción fue de temporal (INEGI 2018).

Dentro de las problemáticas de la producción de sorgo se identificaron: a) falta de insumos (fertilizantes e insecticidas); b) condiciones climatológicas; c) presencia de plagas (pulgón amarillo); d) condición económica desfavorable y e) falta de semillas. El 66% de las personas consideraron a *M. sacchari* como su principal problema, el 18.18% lo atribuyó a condiciones climáticas, el 9% a la falta de fertilizantes y el 14% a otros factores (Fig. 4.2b). Esto concuerda con lo descrito por la ENA, en la cual se reportó que las principales problemáticas en la actividad agropecuaria en 2017 fueron los altos costo de los insumos y servicios, la pérdida de cosecha por causas climáticas (74.7%) o la pérdida de la cosecha por causas biológicas (44.2%).

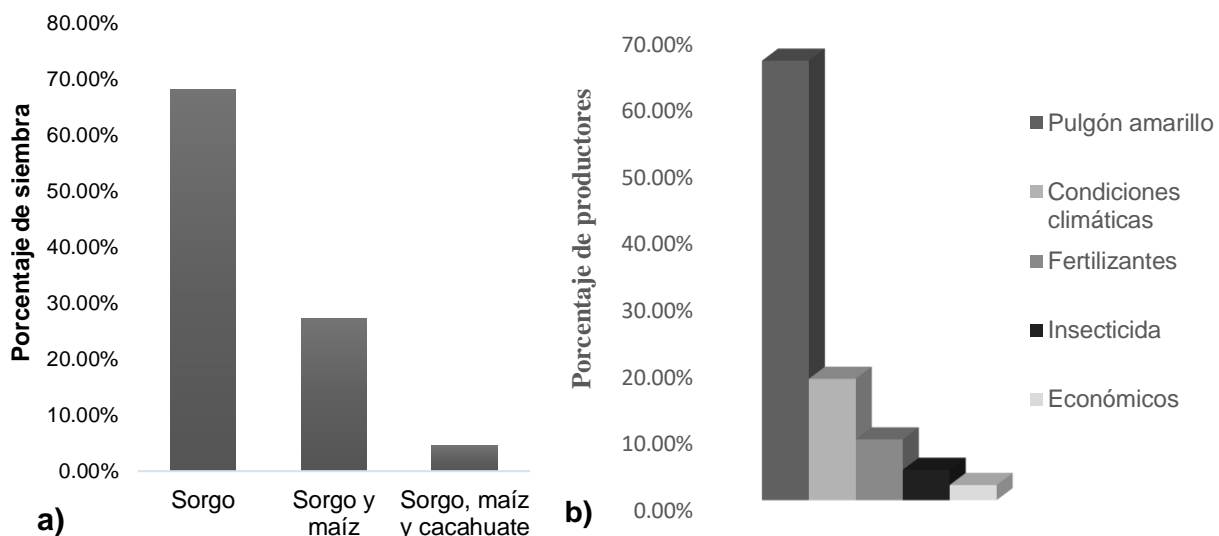


Fig.4. 2. Porcentaje de los cultivos sembrados en 2018 y de las problemáticas de mayor relevancia en la producción de sorgo en localidades de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla. a) Cultivos sembrados. b) Problemática de mayor relevancia.

Fig. 4.2. Fig. 2. Percentage of crops planted in 2018 and the most important problems in sorghum production in localities from Izúcar de Matamoros region, Puebla. a) Crops sown. b) Most relevant problems.

4.3.3. Incidencia y daños del pulgón amarillo

En 2018 el 100% de los productores observó al pulgón amarillo en sus predios, de los cuales el 48% identificó a la plaga por la revisión del envés de la hoja, el 36% por la revisión del envés y/o presencia de mielecilla y el 16% por el amarillamiento de hojas, hojas oscuras, presencia de abejas y/o mielecilla (Fig. 4.3). Del total de los entrevistado, el 93% observó la 1ª aparición del áfido cuando el sorgo tenía 8 hojas u hoja bandera, mientras que el 7% consideró que fue en la etapa de embuche; sin embargo, Quijano et al. (2017) consideran que dos semanas después de la emergencia de las plántulas, se deben de revisar al menos una vez a la semana para identificar la presencia de mielecilla y las primeras colonias de la plaga en el envés de las hojas, para tomar acciones de control adecuadamente. Por lo anterior, Coppens (2014) considera que la mejora de las capacidades de los productores necesita del acompañamiento técnico y de estrategias multidisciplinarias.

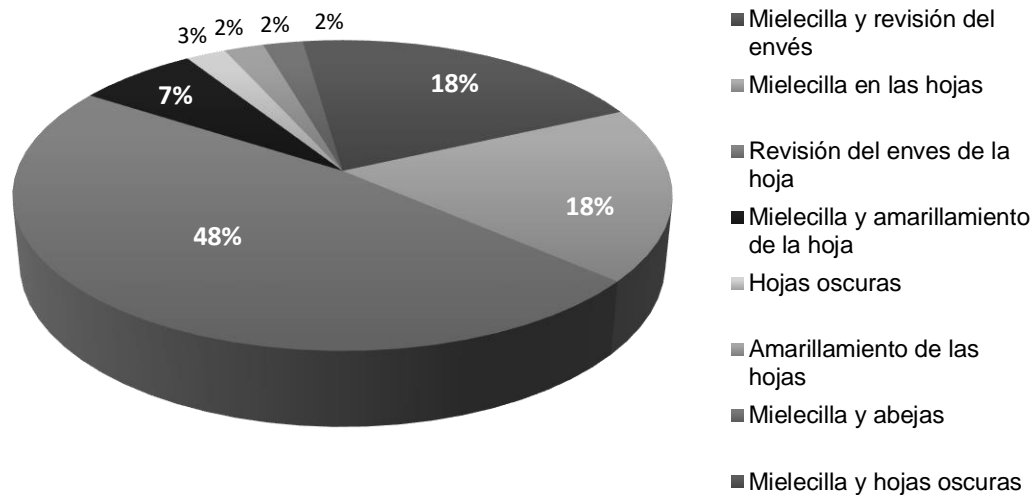


Fig. 4.3. Formas de reconocer la presencia y daños del pulgón amarillo por productores de sorgo en Puebla, México.

Fig. 4.3. Ways to recognize the presence and damage of surgarcane aphid by sorghum producers in Puebla, México.

El 52% de los entrevistados observaron que el cultivo ya no tenía plaga en la etapa fenológica de grano maduro, el 31.8% ya no lo observó en floración y el 16.2% respondió que fue en las etapas de embuche, grano pastoso o madurez fisiológica.

En 2017 a nivel nacional, al continuar con la implementación del MIP, no se reportaron pérdidas por daños de *M. sacchari* (SADER 2018). A pesar de esto, los resultados de esta investigación mostraron que los daños generados por la plaga ocasionaron que el 59% redujera la superficie de siembra y el 41% mantuviera la misma. A nivel municipal, el 72.7% de los entrevistados consideró que la superficie se redujo a causa de la plaga, el 25% mencionó que la superficie se mantuvo igual y el 2.3% no supo. Entre los cultivos alternos al sorgo, se mencionó al maíz y cacahuete.

En 2014, Rodríguez y Terán (2015) reportaron en Tamaulipas pérdidas de entre el 30% al 100% ocasionadas por *M. sacchari*. Por su parte, CESAVERP reportó en 2015 una infestación del 64% en el estado de Puebla (CESAVERP 2017). Sin embargo, el 97.7% de los productores mencionó que en el 2018 hubo un decremento en la población de la plaga con respecto al 2016 y el 91.18% consideró que existió una reducción con respecto al 2017. Altieri y Nicolls (2000), consideran que los campesinos han logrado desarrollar agroecosistemas que se han adaptado a las condiciones locales, a pesar de la existencia de condiciones desfavorables. Así mismo, Ramos y Hernández (1977), describen que existen comunidades rurales en las que la agricultura y la cultura han coevolucionado de tal forma que se adaptan a los constantes cambios del medio ambiente

4.3.4. Factores asociados al pulgón amarillo y prácticas de control

Del total de los entrevistados, el 91% mencionó que el principal factor relacionado con la aparición del pulgón amarillo es la sequía y el 9% consideró que fue la falta de aplicación de insecticidas, migración natural del áfido, altas temperaturas o que la plaga venía en la semilla. Así mismo, se registró que el 68% de personas conocen el período de tiempo de la canícula, mientras que 32% no supo cuando ocurre el fenómeno. De igual manera, el 56.82% de los entrevistados opinó que existe una relación entre la canícula y la aparición del pulgón amarillo, el 36.36% consideró que no existe una relación y el 6.82%

no supo. Sánchez et al. (2015), describen que las comunidades rurales tienen conocimiento de los elementos de los agroecosistemas como lo son las épocas de sequía, lluvias, granizadas, siembra, plagas, entre otros.

Dentro de las prácticas de control del pulgón amarillo entre 2016 y 2018, destacó el uso de insecticidas; sin embargo, su uso disminuyó entre años, ya que se combinó con el uso de huevos de la especie *Chrysoperla carnea* (Fig. 4.4). Así mismo se presentó un decremento en el uso de herbicidas, los cuales pasaron del 10% en 2016 al 5% en 2018. Una de las prácticas introducidas por los productores fue el uso exclusivo de huevos de *C. carnea*, el cual a pesar de ser usado por el 3% prevaleció en el 2017 y 2018. Esto se pudo deber a que, a partir del 2017 la Campaña Nacional MIP implementó estrategias de control biológico por incremento, además del control químico y cultural (SENASICA 2017). De igual manera, este decremento en el uso de insecticidas se pudo deber a que en 2018 se generó una reducción de la superficie sembrada de sorgo.

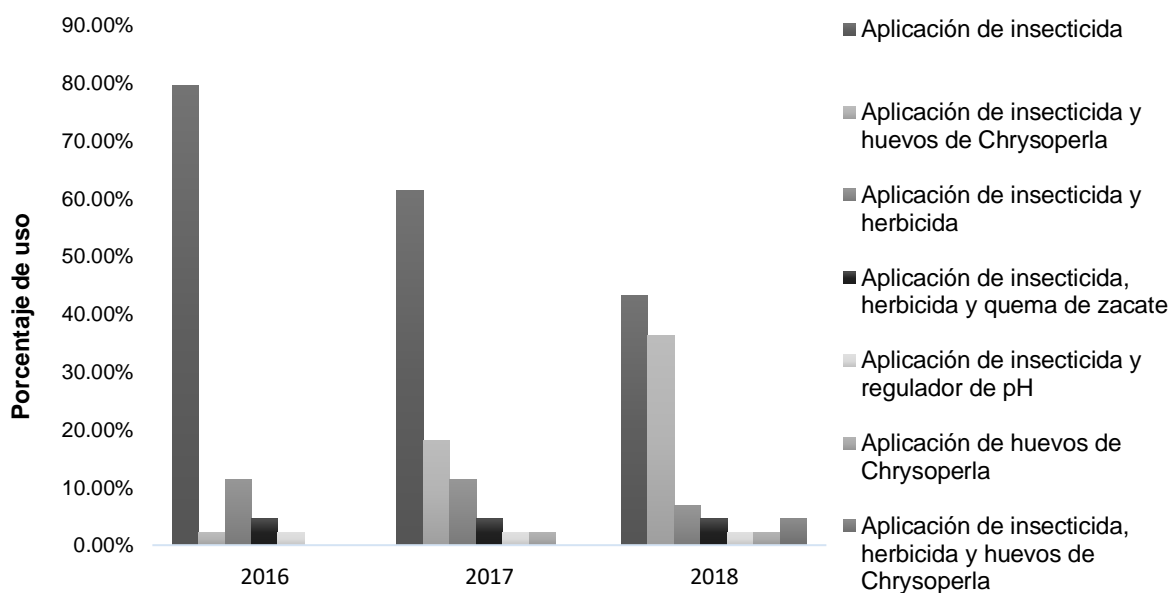


Fig. 4.4. Prácticas usadas para el control de pulgón amarillo en tres localidades del estado de Puebla, México.

Fig.4.4. Practices used for sugarcane aphid control in three localities in the state of Puebla, México.

4.3.5. Presencia y uso de organismos benéficos

El 77% de los entrevistados observó insectos benéficos asociados al pulgón amarillo y el 23% no. Entre estos insectos se encuentran las catarinas, sírfidos, crisopa y parasitoides, de los cuales, las catarinas y/o sírfidos fueron los más vistos, mientras que las crisopas y parasitoides fueron poco observados de forma individual (Fig. 4.5). Por otra parte, el 34% de los productores consideraron que 2018 fue el año con mayor presencia de enemigos naturales, el 23% mencionó que fue 2016, el 18% opinó que fue 2017 y el 25% no supo. De acuerdo con Altieri (1999), a través de la agricultura tradicional se desarrollan interacciones ecológicas de gran importancia dentro los agroecosistemas, como lo es la regulación de microclimas, la polinización, regulación de organismos con potencial dañino en los cultivos, entre otros.

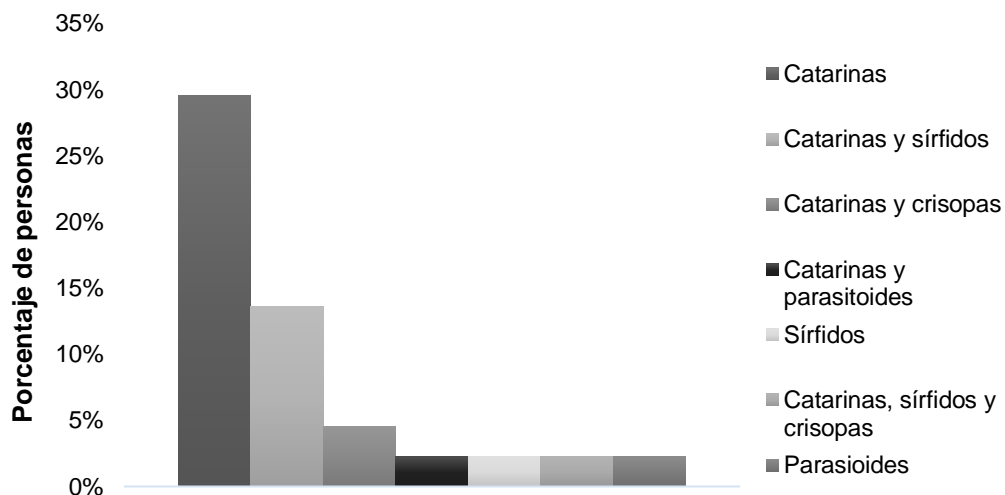


Fig. 4.5. Insectos benéficos observados por productores de sorgo en tres localidades de Puebla, México.

Fig. 4.5. Beneficial insects observed by sorghum producers in three localities in Puebla, México.

En las localidades, el 75% ha considerado el uso de enemigos naturales. El uso de éstos se debe a que son benéficos, los productores han participado en la Campaña Nacional MIP, reducen gastos y no contaminan. Por el contrario, las razones de los productores que no los han usado son: No conocían a los enemigos naturales, no se acercaron a la campaña MIP u opinaron que la plaga se reproduce más rápido (Fig. 4.6).

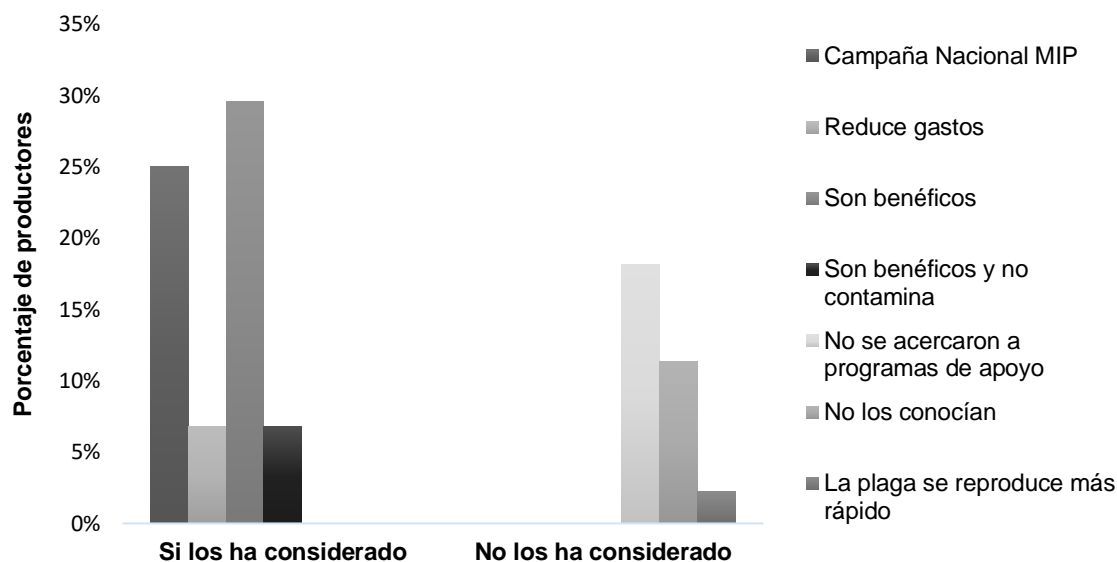


Fig. 4.6. Razones por las cuales los productores de sorgo consideran el uso de enemigos naturales para controlar pulgón amarillo.

Fig. 4.6. Main reasons why sorghum producers consider the use of natural enemies to control sugarcane aphid.

El 47.73% de los entrevistados observó la aparición de enemigos naturales cuando el sorgo tenía hoja bandera, el 27.27% opinó que fue en la etapa de embuche, el 18.18% consideró que fue cuando tenía 8 hojas y el 6.82% mencionó que fue en la floración. El 88.64% de las personas ya no los observó en la etapa de grano maduro o lechoso y el 11.36% opinó que fue en la floración o en la madurez fisiológica. De acuerdo con Hewlett et al. (2018), entre los factores que pueden afectar la aparición y eficiencia de los depredadores se encuentra la densidad poblacional del áfido.

De los enemigos naturales, las catarinas y los “miguelitos” fueron identificados por el 68.18% y 63.64% respectivamente, mientras que las “avispas” solo fueron conocidas por el 13.64% (Cuadro 4.1). Moguel y Toledo (1996), describen que los cultivos son una fuente de conocimiento tradicional que repercuten desde la diversidad del paisaje hasta la diversidad genética. De igual manera, Sinclair et al. (1994), considera importante el estudio del conocimiento local, ya que proviene de la experiencia, de la comprensión y observación de los agroecosistemas.

Cuadro 4.1. Reconocimiento de enemigos naturales por productores de tres localidades de Puebla, México.

Table 4.1. Recognition of natural enemies by producers from three localities in Puebla, México.

Nombre científico de la especie	Nombre local	Porcentaje de reconocimiento
<i>Chrysoperla carnea</i>	Crisopa	52.27%
<i>Cycloneda sanguínea</i>	Catarina	29.55%
<i>Hippodamia convergens</i>	Catarina	68.18%
<i>Alloxysta</i> sp. o <i>Toxomerus</i> sp.	Miguelito o mosca amarilla	63.64%
<i>Aphidius</i> sp. o <i>Lysiphlebus</i> sp.	Avispa, colmena o escalofrío	13.64%

Los productores consideraron que los principales factores que afectan a los enemigos naturales son: altas dosis de insecticidas (70%), reducción de la densidad poblacional de pulgón amarillo (16%), ausencia de lluvias (7) o no saben (7%). Así mismo, el 50% de los entrevistados mencionaron que estos factores generan la muerte de los insectos y el 32% mencionó que ocasionan la desaparición de éstos en las parcelas (Fig. 4.7). Este conocimiento es de gran importancia, ya que tanto las poblaciones humanas como la de insectos coexisten y se interrelacionan bióticamente (Altieri 1991).

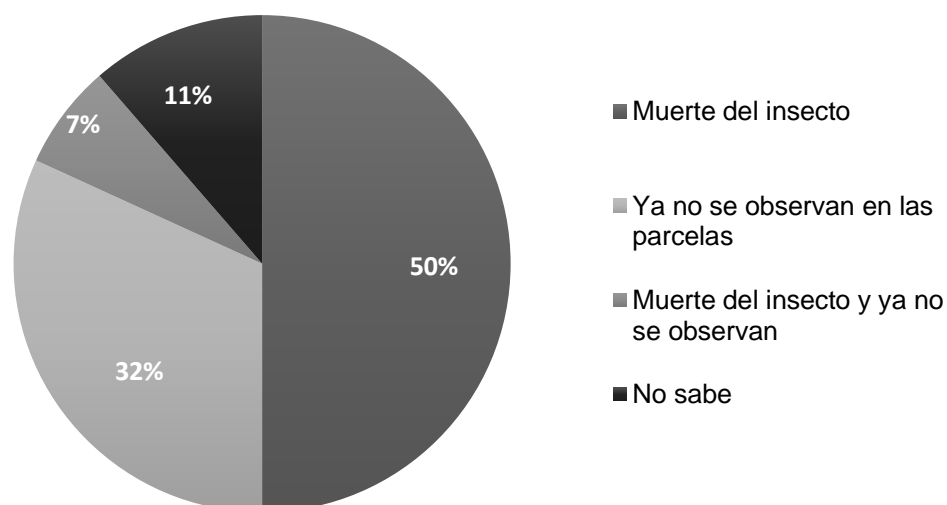


Fig. 4.7. Efectos secundarios sobre enemigos naturales en tres localidades de Puebla, México.

Fig 4.7. Side effects on natural enemies in three locations in Puebla, México.

En conclusión, el sorgo fue el principal cultivo de temporal en las tres localidades de estudio. En el 2018 la problemática más importante en la producción del grano fue *Melanaphis sacchari*, ya que se presentó en el 100% de las parcelas. Esto generó que tanto a nivel individual como municipal más del 58% de las personas redujera la superficie de siembra. La sequía fue considerada el factor más asociado a la plaga, por lo cual el control del áfido se realizó con insecticidas de síntesis y huevos de *C. carnea*. Así mismo, el 77% observó la presencia de enemigos naturales del pulgón amarillo, de los cuales las catarinas y los sírfidos fueron los insectos más reconocidos; sin embargo, los productores consideraron que la alta aplicación de insecticidas tiene efectos adversos en éstos. Los resultados obtenidos en esta investigación son los primeros reportes en el estado de Puebla, los cuales además de recolectar los conocimientos de los productores de sorgo, aporta información que puede ser considerada en las estrategias para promover la participación de productores de la región en la Campaña MIP.

4.4 Agradecimiento

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada. Al Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados Campus Puebla por el apoyo financiero proporcionado para la realización de esta investigación y al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla por su colaboración en esta investigación

4.5. LITERATURA CITADA

Altieri, M. (1991). ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? Revista de Clades. 1: 332-350

Altieri, M. (1999). The ecological roll of biodiversity in agroecosystems. Agriculture Ecosystems and Environment. 74: 19-31

Altieri, M. & Nicolls, C. (2000). Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Equidad y Desarrollo. 25: 95-117.

- Altieri, M. (2002). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables, pp. 27-34. In: Sarandón, J. (Ed.). Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas. Buenos Aires, Argentina.
- Barkin, D., Fuente, M. & Rosas, M. (2009). Tradición e innovación. Aportaciones campesinas en la orientación de la innovación tecnológica para forjar sustentabilidad. Trayectorias. 11: 39-54.
- CESAVEP. (2017). Manejo fitosanitario del sorgo. Recuperado de Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla Sitio web: www.cesavep.org/
- Coppens, H. (2014). El Sistema Agroforestal de Tarata – Bolivia: una adopción dependiente de los conocimientos, actitudes y prácticas de los agricultores en relación con la implementación de un nuevo sistema. Acta Nova. 6: 268-287.
- Damasceno, A., Brandenburg, A., da Silva, O., Rodrigues, A., Santos, E. & Pinheiro, G. (2007). Resistência e empoderamento no mundo rural. Estudos Sociedade e Agricultura. 15: 123-159.
- De castro, H., Marta, A. & Cristóvão, A. (2013). Empoderamento de comunidades rurais como prática de revitalização de aldeias. DRd – Desenvolvimento Regional em debate. 3: 86-99.
- Hewlett, J., Szczepaniec, A. & Eubanks, M. (2018). The effects of sugarcane aphid density in sorghum on predation by lady beetles and lacewings. Biological control. 129: 171-177.
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Recuperado de Instituto Nacional de Estadística y Geografía Sitio web: www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/default.html#Documentacion
- Microsoft Office Profesional Plus 2016. (2016). Estados Unidos: Microsoft.
- Moguel, P. & Toledo, V. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Ciencias. 43: 40-51
- Quijano, J., Pecina, V., Bujanos, R., Marín, A. & Yáñez, R. (2017). Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. México: Prometeo.
- Ramos, A. & Hernández, E. (1977). "Reflexiones sobre el concepto de agroecosistemas". En: E. Hernández X. (ed.). Agroecosistemas de México. México: Escuela Nacional de Agricultura, pp.531-538

- Rodríguez, L. & Terán, A. (2015). *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A New Sorghum Insect Pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*. 40: 433-434.
- SADER. (2018). Informes y Evaluaciones 2018 PAS. Recuperado de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Sitio web: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428201/Informe_No_12_Diciembre_2018_Pulg_n_amarillo.pdf
- Sánchez, J., Argumedo, A., Álvarez, J., Méndez, J., & Ortiz, B. (2015). Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, Desarrollo y sociedad*. 12: 237-254.
- SENASICA. (2017). Pulgón amarillo del sorgo. Recuperado de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Sitio web: www.gob.mx/senasica/documentos/pulg-on-amarillo-del-sorgo-110905
- SIAP. (2018). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- SIAP. (2019). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por cultivo. Recuperado de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Sitio web: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do.
- Sinclair, F., Walker, D., Buck, L., Lassoie, J. & Fernandes, E. (1994). A Utilitarian Approach to the Incorporation of Local Knowledge in Agroforestry Research and Extension. *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, 245-276.
- Singh, B., Padmaja, P. & Seetharama, N. (2004). Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zenhtner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*. 23: 739-755.
- Toledo, V. (2010). Las claves ocultas de la sostenibilidad: transformación cultural, conciencia de especie y poder social. En *La situación del mundo: informe anual del Worldwatch Institute sobre progreso hacia una sociedad sostenible* (355-378). Barcelona: Worldwatch Institute.
- USDA. (2019). World Agricultural Production. Recuperado de United States Department of Agriculture Sitio web: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.

CONCLUSIONES GENERALES

La parcela de Aguacomulcan fue la que presentó la mayor densidad poblacional de *M. sacchari*, mientras que en la de Calmecca fue baja en todo el período de muestreo. Se identificaron 3 familias de depredadores: Coccinellidae, Syrphidae y Chrysopidae. La localidad de Calmecca tuvo el mayor nivel poblacional. La familia Coccinellidae fue la más abundante con 3 especies, de las cuales sobresalió *H. convergens*. De Syrphidae se determinaron 4 especies destacando *A. exótica*, mientras que de la familia Chrysopidae se identificó a la especie *C. externa*. En Atzala se observó la mayor diversidad de depredadores, debido a que presentó todas las especies

Así mismo, se identificaron 2 especies de parasitoides (*L. testaceipes* y *A. platensis*) y 3 de hiperparasitoides (*A. mullensis*, *A. suspensus* y *Pachyneuron* sp.). La localidad de Aguacomulcan fue la que tuvo el mayor número de adultos de *L. testaceipes* por ambos métodos de colecta. Mientras que de la especie *Pachyneuron* sp., registró el mayor número de ejemplares en el método directo destacando la localidad de Atzala.

En las tres localidades se identificó al sorgo como el cultivo de mayor importancia, el cual presentó a *Melanaphis sacchari* como su principal problemática de producción. En 2018, este áfido estuvo en el 100% de las parcelas. Como consecuencia, el 58% de productores observó una reducción en la superficie a nivel de predio y municipal. De acuerdo con los productores, la sequía fue el factor más asociado a la aparición del pulgón amarillo, por lo cual su control se realizó con insecticidas de síntesis y huevos de *C. carnea*. Así mismo, las catarinas y los sírfidos fueron los enemigos naturales más conocidos por los entrevistados; sin embargo, éstos consideraron que la alta aplicación de insecticidas tiene efectos adversos en éstos.

Los resultados obtenidos en esta investigación son los primeros reportes de enemigos naturales (locales) del pulgón amarillo en el estado de Puebla, los cuales, al ser identificados por los productores de sorgo, presentan un potencial para el control biológico (conservación) de *M. sacchari* con una participación efectiva de los productores.

RECOMENDACIONES GENERALES

De acuerdo con la información recabada en la etapa de campo y en la etapa de laboratorio de la investigación, se recomienda realizar el monitoreo de *M. sacchari* desde la etapa vegetativa del cultivo de sorgo, para identificar las primeras colonias del áfido y tomar acciones de control que vayan de acuerdo a su densidad poblacional. Así mismo, al identificar 10 especies locales de enemigos naturales, se debería de continuar con el monitoreo y la colecta de enemigos naturales de *M. sacchari* en otros municipios productores de sorgo en el Estado de Puebla, para registrar si existen las mismas especies locales, las cuales podrían utilizarse en estrategias de Manejo Integrado del pulgón amarillo, debido a que se encuentran mejor adaptadas a las condiciones de la región. Así mismo, es importante determinar en futuras investigaciones, el potencial de cada una de las especies para poder utilizarlas en programas de control biológico por conservación y/o inundativo.

De igual manera, es importante socializar el conocimiento con los diferentes “actores” involucrados con la problemática del pulgón amarillo en esta región del Puebla, con el propósito de considerar la participación de los productores en el programa MIP, empleando su conocimiento práctico. De igual manera se podrían implementar parcelas demostrativas para evaluar el potencial que pueden tener estos insectos junto con las dosis tempranas y adecuadas de insecticidas (ecológicos o síntesis).