



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea***

**CARLOS SERRATOS TEJEDA**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS**

CHOLULA, PUEBLA

2020

La presente tesis titulada: **EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea*.** realizada por el alumno: CARLOS SERRATOS TEJEDA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN  
ESTRATEGIAS EN DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:  \_\_\_\_\_

DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. JUAN MORALES JIMÉNEZ

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. JOSÉ HILARIO HERNÁNDEZ SALGADO

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA

Cholula, Puebla, México 26 de noviembre de 2020

EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE *Melanaphis sacchari* EN EL CULTIVO DE SORGO EN IZÚCAR DE MATAMOROS, PUEBLA Y TOXICIDAD DEL EXTRACTO DE *Argemone mexicana* SOBRE SU ENEMIGO NATURAL *Chrysoperla carnea*.

Carlos Serratos Tejeda.  
Colegio de Postgraduados, 2020.

En Puebla, la región de Izúcar de Matamoros concentra el 75.7 % de la producción de sorgo. Esta región enfrenta un problema fitosanitario: el pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), cuyo método de control es la aplicación de insecticidas sintéticos. Este estudio buscó reconocer el impacto económico de *M. sacchari* en dicha región, identificar cambios del sistema productivo tras la primera infestación; se calculó el índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM), se determinó la rentabilidad bajo labranza tradicional y cero. La tendencia poblacional de *M. sacchari* y de adultos de *Chrysoperla* spp., en sorgo para los ciclos 2017 y 2018. Y la toxicidad de extractos de *A. mexicana* y de imidacloprid sobre *C. carnea* en laboratorio. Con base en datos de las entrevistas se presenta el impacto de *M. sacchari*, los cambios implementados en el sistema, se calculó el IAPM, y la rentabilidad del cultivo. Para la tendencia poblacional de *M. sacchari* y de *Chrysoperla* spp., se realizaron muestreos. La toxicidad de *A. mexicana* se evaluó vía tópica, inmersión de huevos, ingestión en larvas, e ingestión en adultos. A causa de *M. sacchari* se obtuvo menor rendimiento de sorgo en 2014-2016. Aplicar insecticidas con mayor frecuencia, fue la principal estrategia de control, esto incrementó los costos de producción. El efecto negativo en la economía de los productores fue relativamente menor debido que son pluriactivos. El IAPM fue medio para ambas labranzas; a mayor IAPM, mayor el rendimiento. *M. sacchari* coloniza el sorgo durante sus primeras etapas fenológicas. Las poblaciones de *Chrysoperla* spp., y *M. sacchari* presentaron sincronía. El extracto acuoso de *A. mexicana*, no mostró efectos tóxicos. El extracto oleoso mostró efectos adversos: eclosión nula, retraso de pupación y mortalidad del 43.7 % de adultos. Imidacloprid mostró alta toxicidad aplicado tópicamente, por ingestión en adultos y toxicidad media sobre huevecillos e ingestión en larvas.

**Palabras clave:** Control biológico, extractos vegetales, efectos secundarios, tendencia poblacional.

SOCIOECONOMIC EVALUATION OF *Melanaphis sacchari* IN THE SORGHUM CROP  
IN IZUCAR DE MATAMOROS, PUEBLA AND TOXICITY OF THE EXTRACT OF  
*Argemone mexicana* ON ITS NATURAL ENEMY *Chrysoperla carnea*.

Carlos Serratos Tejeda.

Colegio de Postgraduados, 2020.

In Puebla, the Izucar de Matamoros region concentrates 75.7 % of the sorghum production. This region has faced a serious phytosanitary problem caused by the yellow aphid (*Melanaphis sacchari*), whose main control method is the application of synthetic insecticides. This study sought to recognize the economic impact of *M. sacchari* in region aforementioned, to identify the changes in the sorghum production system after the first infestation; The index of application of management practices (IAPM) was calculated, profitability under traditional and zero tillage. The population trend of *M. sacchari* and adults of *Chrysoperla* spp., in the sorghum crop for 2017 and 2018 cycles. The toxicity of *A. mexicana* extracts and imidacloprid on *C. carnea* under laboratory conditions. Based on data from the interviews, the impact of *M. sacchari* is presented, the changes implemented in the system, the IAPM was calculated and the profitability of the crop. For the population trend of *M. sacchari* and *Chrysoperla* spp. Samplings were carried out. The toxicity of *A. mexicana* was evaluated topically, by immersion of eggs, ingestion in larvae, and ingestion in adults. Due to *M. sacchari* a lower yield of sorghum was obtained in 2014-2016. Applying insecticides more frequently was the main control strategy, this increased production costs. The negative effect of *M. sacchari* on the producers' economy was relatively minor due to their multiple activities. The IAPM was medium for both types of tillage, the higher IAPM the better yield. *M. sacchari* colonizes sorghum during the first phenological stages. The population of *Chrysoperla* spp, and *M. sacchari* showed synchrony. The aqueous extract of *A. mexicana* did not show toxic effects. The oily extract of *A. mexicana* showed adverse effects: null hatching, delayed pupation and mortality of 43.7 % of adults. Imidacloprid showed high toxicity applied topically, by ingestión in adults, and medium toxicity on eggs and ingestion in larvae.

**Keywords:** biological control, plant extracts, side effects, population trend.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a mi persona, sin ella, la culminación de mi sueño no habría sido posible.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, a todo el personal que en el labora, por su esfuerzo, trabajo, dedicación y facilidades que me fueron otorgadas durante mi proceso de formación académica y personal.

Al Dr. Arturo Huerta de la Peña, gracias por su apoyo, consejo, compromiso y paciencia a lo largo de este camino de 4 años. Gracias también por su invaluable apoyo en mi proceso de titulación.

Al Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez, por su profesionalismo y compromiso con esta tesis, gracias por aquellas tardes de enseñanza acompañadas de una buena taza de café.

Al Dr. José Hilario Hernández Salgado, por compartirme su conocimiento de la zona de estudio, por su apoyo para la vinculación con los productores, y sobre todo por su grata compañía durante esta etapa del proyecto.

Al Dr. Agustín Aragón García, por su contribución a este trabajo, y por darme la oportunidad de ser nuevamente su estudiante de postgrado.

Al Dr. Juan Morales Jiménez, por sus aportaciones a la presente tesis.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes, uno de los mejores profesores que tuve la oportunidad de conocer durante mi formación académica, gracias por su apoyo desinteresado para con este proyecto, por sus consejos y por estar para mi cuando lo necesité.

Al Dr. Pedro Antonio López a quien, aprecio y considero mi amigo, gracias por su apoyo, consejos y aportaciones de forma desinteresada a mi tesis. Gracias también por aquellas tardes de charla y futbol.

A los Ingenieros Rufino y Lupita, por su amabilidad, apoyo y compañía durante la aplicación de entrevistas.

A los productores de sorgo de la Región de Izúcar de Matamoros, por su apoyo, colaboración, por compartirme sus anécdotas, conocimientos y otorgarme un poco de su valioso tiempo.

## **Dedicatoria**

Con cariño a Paula, mi abuela, a quien no dejo de recordar ni un solo día desde su partida, sé que estarías orgullosa del hombre en el que me convertí.

A mis padres: Ángel y Mercedes, quienes, pese a sus carencias, lucharon día a día para darnos a mis hermanos y a mi una profesión.

A mis tíos: Carlos, Martha y Emmanuel y a mis hermanos: Ángel y Yuridia, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis amigos: Angélica, Cristhian, Denisse, Isabel, Juan y Tabaré, por su compañía y apoyo durante esta etapa de mi vida, gracias por hacer más llevaderas aquellas tardes de estrés y desánimo con todas sus ocurrencias, gracias de verdad por regalarme algunos de los días más felices de mi vida.

A Karen, mi mejor amiga, por apoyarme, aconsejarme, escucharme y animarme a lo largo de este arduo camino de 4 años.

A Miriam, mi esposa, este logro es en gran parte tuyo, gracias por tu apoyo, comprensión, compañía y cariño, pero sobre todo, por darme el mejor regalo que pude haber recibido en esta vida.

A Paola, mi hija, mi mayor tesoro, el motor de mi vida, la razón de mis razones.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
2. OBJETIVOS .....	6
2.1 Objetivo General .....	6
2.2 Objetivos Específicos .....	6
3. HIPÓTESIS.....	7
3.1 Hipótesis General.....	7
3.2 Hipótesis Específicas .....	7
4. MARCO TEÓRICO .....	8
4.1 La Agricultura Tradicional en México .....	8
4.2 La Revolución Verde .....	8
4.3 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Revolución Verde.....	10
4.4 Estrategia Operativa del Programa Fitosanitario contra el Pulgón Amarillo .....	11
4.5 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Agroecología .....	12
5. METODOLOGÍA GENERAL .....	14
5.1 Impacto Económico y Acciones en el Manejo de <i>Melanaphis sacchari</i> en el cultivo de sorgo en la Región de Izúcar de Matamoros, Puebla.	14
5.1.1 Marco geográfico del estudio.....	14
5.1.2 La encuesta .....	15
5.1.3 Tamaño de la muestra .....	15
5.1.4 Efecto socioeconómico de los daños ocasionados por <i>Melanaphis sacchari</i> a la producción de sorgo .....	15
5.1.5 Cambios implementados el sistema agrícola para combatir el pulgón amarillo .....	16
5.1.6 Índice de aplicación de Prácticas de Manejo (IAPM).....	16
5.1.7 Rentabilidad del cultivo .....	17
5.2 Tendencia Poblacional de <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) y Adultos de <i>Chrysoperla</i> spp., en Sorgo Grano ( <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) en Puebla, México.....	18
5.2.1 Localización del estudio.....	18
5.2.2. Tendencia poblacional de <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner).....	18
5.2.3 Tendencia poblacional de adultos de <i>Chrysoperla</i> spp. ....	18

5.3 Toxicidad de Extractos de <i>Argemone mexicana</i> e Imidacloprid sobre <i>Chrysoperla carnea</i> .....	18
5.3.1 Material biológico.....	18
5.3.2 Tratamientos.....	19
5.3.3 Métodos de aplicación .....	19
5.3.3.1 Aplicación tópica .....	19
5.3.3.4 Ingestión en adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> .....	20
5.3.3.5 Análisis estadístico .....	20
6. LITERATURA CITADA .....	21
CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE <i>Melanaphis sacchari</i> (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO....	28
1.1 Resumen.....	28
1.2 Abstract.....	28
1.3 Introducción.....	29
1.4 Metodología .....	30
1.5 Resultados y Discusión .....	32
1.6 Conclusión .....	38
1.8 Literatura Citada.....	39
CAPÍTULO II. TENDENCIA POBLACIONAL DE <i>Melanaphis sacchari</i> (Zehntner) Y ADULTOS DE <i>Chrysoperla</i> spp., EN SORGO GRANO [ <i>Sorghum bicolor</i> (L.) MOENCH] EN PUEBLA, MÉXICO.....	41
2.1 Resumen.....	41
2.2 Abstract.....	41
2.3 Introducción.....	42
2.4 Materiales y Métodos .....	43
2.5 Resultados .....	44
2.6 Discusión.....	48
2.7 Conclusión .....	50
2.8 Literatura Citada.....	51
CAPITULO III. TOXICIDAD DE EXTRACTOS DE <i>Argemone Mexicana</i> E IMIDACLOPRID SOBRE <i>Chrysoperla carnea</i> .....	55
3.1 Resumen.....	55
3.2 Abstract.....	56
3.3 Introducción.....	56
3.4 Material y Métodos.....	58

3.5 Resultados y Discusión .....	61
3.6 Conclusión .....	67
3.7 Literatura Citada.....	67
7. DISCUSIÓN GENERAL.....	73
Literatura Citada.....	76
8. CONCLUSIÓN GENERAL.....	80
9. RECOMENDACIONES.....	82
ANEXO .....	84
A1. Entrevista aplicada .....	84

## LISTA DE CUADROS

### CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE *Melanaphis sacchari* (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.

Cuadro 1.1. Distribución de los rendimientos de sorgo por ciclo de 2014-2017 .....	34
Cuadro 1.2. Ingreso por ventas promedio ciclos 2013-2017 en la región de estudio..	35
Cuadro 1.3. Costo de producción de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017.....	37
Cuadro 1.4. Rentabilidad del cultivo de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017..	38

### CAPITULO III. TOXICIDAD DE EXTRACTOS DE *Argemone Mexicana* E IMIDACLOPRID SOBRE *Chrysoperla carnea*.

Cuadro 3.1. Mortalidad de larvas de tercer estadio de <i>Chrysoperla carnea</i> tratados con extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid mediante aplicación tópica. ....	61
Cuadro 3.2. Porcentaje de eclosión de huevos de <i>Chrysoperla carnea</i> que se trataron con extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid mediante inmersión....	63
Cuadro 3.3. Mortalidad acumulada en estadios larvales y porcentaje de pupación de <i>Chrysoperla carnea</i> que se trataron por ingestión de alimento contaminado con los extractos de <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid.....	64
Cuadro 3.4. Mortalidad de adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> tratados por ingestión de líquidos mezclados <i>Argemone mexicana</i> e imidacloprid.....	65
Cuadro 3.5. Toxicidad clase de los tratamientos evaluados de acuerdo a la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC/WPRS).....	66

## LISTA DE FIGURAS

### 5. METODOLOGÍA GENERAL

Figura 1. Región de Izúcar de Matamoros, Puebla. .... 14

### CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE *Melanaphis sacchari* (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.

Figura 1.1. Producción de sorgo en el Suroeste de Puebla. .... 33

Figura 1.2 Precio de compra promedio por tonelada de sorgo en la región de estudio.....34

Figura 1.3. Porcentaje de productores y rendimiento respecto al IAPM obtenido en la región Suroeste de Puebla. .... 36

### CAPÍTULO II. TENDENCIA POBLACIONAL DE *Melanaphis sacchari* (Zehntner) Y ADULTOS DE *Chrysoperla* spp., EN SORGO GRANO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] EN PUEBLA, MÉXICO.

Figura 2.1. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla. .... 45

Figura 2.2. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla. .... 45

Figura 2.3. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2017. .... 46

Figura 2.4. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2018. .... 46

Figura 2.5. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla. .... 47

Figura 2.6. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla. .... 47

Figura 2.7. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2017. .... 47

Figura 2.8. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2018. .... 47

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial, el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es cultivado con fines alimentarios y alimenticios principalmente en los trópicos semiáridos, debido a su tolerancia al estrés biótico y abiótico; además de su buen desempeño en tierras con fertilidad relativamente baja (Deb *et al.*, 2004; Vara y Staggenborg, 2014).

Para el año 2018 Sudan sembró la mayor superficie de sorgo, la segunda pertenece a Nigeria, seguido de India, Níger, Estados Unidos y México. En términos de producción anual, Estados Unidos, es el número uno con 9.19 millones t durante 2017-2018, seguido de Nigeria (6.94 millones t), Etiopía (4.82 millones t), India (4.80 millones t) y México (4.55 millones t) (USDA, 2019).

De acuerdo con los datos disponibles en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP, 2020), durante el ciclo agrícola 2018 de México, se sembraron 1,355,511 ha de sorgo grano, de las cuales 965,780 ha corresponden a la superficie sembrada bajo la modalidad de temporal; y el resto a la modalidad de riego.

En nuestro país, el sorgo no es considerado un cultivo básico, debido a que no es utilizado para el consumo humano, el uso más común de este grano es como forraje (Caamal-Cahuich *et al.*, 2016; FIRA, 2016). Ocupa el tercer lugar en superficie sembrada de cultivos cíclicos después del maíz y el frijol. En el 2018 los estados con mayor superficie sembrada de sorgo corresponden a Tamaulipas (730,108.27 ha), Guanajuato (164,161.31 ha), Sinaloa (81,119.52 ha), Michoacán (76,070.20). El estado de Puebla, ocupó el décimo lugar con 22,779.00 ha (SIAP, 2020).

En Puebla, para el ciclo agrícola 2016 la región de Izúcar de Matamoros ocupa el primer lugar en la producción de sorgo, con el 90 % de la superficie cultivada bajo temporal y con un rendimiento promedio de 2.9 t ha<sup>-1</sup> de grano (SIAP, 2016). El sorgo representa uno de los principales cultivos en esta región, sus granos son la materia prima de la industria generadora de alimentos balanceados para bovinos, ovinos, aves, entre otros (Vargas, 2009; SAGARPA, 2012).

La presencia de plagas en los cultivos agrícolas es una de las principales causas de la pérdida de productividad y por ende de las inversiones e ingresos (Oerke, 2006). El daño causado por estos organismos puede agravarse en monocultivos como el sorgo, donde los fitófagos logran una mayor colonización, reproducción, tiempo de permanencia y menor mortalidad debida a enemigos naturales (Altieri y Nicholls, 2002).

Avelino *et al.* (2006), Allinne *et al.* (2016) y Savary *et al.* (2017) sugieren que existe una interdependencia entre el estado del sistema productivo y la susceptibilidad a plagas y enfermedades, con frecuencia, los productores toman decisiones tanto del manejo del cultivo como el de las plagas en función del contexto cultural, físico, biológico, técnico, social y económico en el que tiene lugar la producción (Rivas y Sermeño, 2004; Savary *et al.*, 2006a, b). A su vez, estas decisiones inciden en el estado del sistema productivo.

Los efectos negativos de los insectos plaga no se limitan únicamente al aspecto económico, puesto que también pueden derivar en aspectos psicológicos, para los agricultores el combatir las plagas y enfermedades es una necesidad (FAO, 2001; Ruíz *et al.*, 2013).

En los últimos años, la región sorguera de Izúcar de Matamoros enfrenta un grave problema fitosanitario ocasionado por el pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), especie invasiva de reciente presencia en México. Detectado por primera vez en noviembre de 2013 durante el ciclo P-V de sorgo en Tamaulipas registró un alto nivel de infestación en parcelas, los daños causados fueron severos y las pérdidas variaron entre el 30 y el 100 %. *M. sacchari* ya se encuentra en todos los estados de la República Mexicana donde se siembra sorgo (INIFAP-CIRNE, 2015).

Los daños ocasionados por *M. sacchari* pueden ser clasificados como directos e indirectos; en ambos casos, su efecto se ve reflejado en el rendimiento del cultivo. Los daños directos se derivan de la succión de la savia en las hojas, lo que ocasiona su deformación, coloración marrón y retraso en su desarrollo. Los daños indirectos son ocasionados por la presencia en la superficie de las hojas de sustancias azucaradas excretadas por los pulgones; estas sustancias favorecen el desarrollo de hongos (*Fumagina*) que obstruyen el paso de la luz interfiriendo con el proceso de fotosíntesis

(Cardona *et al.*, 2005). De mismo modo, se sabe que *M. sacchari* constituye un vector del virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (ScYLV) y el virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMV), entre otros (Gil *et al.*, 2009). Además, su ciclo de vida complejo, su alta tasa de reproducción, partenogénesis, viviparidad, polimorfismo reproductivo especializado y plantas hospederas especializadas, dificultan el poder llevar a cabo su control (Carver, 1991).

Aun cuando el cultivo de sorgo es afectado por diversas plagas, al pulgón amarillo se le dedican los mayores esfuerzos de control (CESAVEG, 2011; INIFAP-CIRNE, 2015). Los plaguicidas son el principal método utilizado para reducir las poblaciones plaga en la agricultura; después de ser aplicadas, estas sustancias químicas pueden cambiar a nivel físico, químico y biológico (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007; García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012). De acuerdo con el INIFAP (2014) en México el control de *M. sacchari* se lleva a cabo a través de aspersiones foliares de insecticidas como el imidacloprid, sulfoxaflor, spirotetramat, thiametoxam y metamídofos, los cuales han mostrado tener una efectividad mayor al 90 %.

No obstante, a nivel mundial se discute acerca del efecto carcinogénico de los ingredientes activos e inertes presentes en las formulaciones de varios de estos productos (Cox, 2001), su elevada toxicidad en mamíferos (OMS, 1996) y polinizadores (FAO, 2012; PAN, 2014) y su potencial para contaminar cuerpos de agua (EPA, 2008).

Así mismo, existe evidencia de la eliminación de enemigos naturales y la generación de resistencia en los insectos plaga (Devine *et al.*, 2008) dos efectos adversos adicionales de la aplicación de plaguicidas.

Tras la eliminación de los enemigos naturales producto de la aplicación de insecticidas, los fitófagos que no fueron eliminados pueden incrementar sus poblaciones a mayor velocidad; algunos individuos poseen características genéticas que los hacen menos vulnerables a los productos, sobreviven a los tratamientos y logran reproducirse, transmitiendo así ese rasgo a su descendencia. lo que dificulta controlarlos con eficiencia; después del uso continuo del producto, se requieren aplicar varias veces más la cantidad recomendada que cuando se le usó por primera vez. Es decir, los ingredientes activos

dejan de ser efectivos en dosis aceptables, de manera que tras la aplicación del producto se presentan efectos contrarios a los deseados y se genera la necesidad de aplicar nuevamente productos de control (Van Rensburg, 1978, 1979; Viñuela y Jacas, 1993). El incremento en las concentraciones de plaguicidas no solo eleva los costos, también acelera la acumulación del ingrediente activo en el agua, el suelo, el aire y los alimentos, con el consecuente aumento del riesgo de exposición tóxica para la salud humana (Wolansky, 2011). La peligrosidad de estos productos ha ocasionado su prohibición o restricción en diferentes países (Bedmar, 2011; Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014).

Aunado a la problemática ambiental y de salud que representa llevar a cabo el control de *M. sacchari* a través de la aplicación de insecticidas, su uso no se considera económicamente factible para pequeños productores en países en vías de desarrollo (Page *et al.*, 1985).

El control biológico es una de las alternativas de manejo de insectos plaga que permite disminuir las pérdidas en los sistemas agrícolas, a fin de reducir la densidad de aquellos organismos que causan daño a los cultivos agrícolas. (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012; van Lenteren *et al.*, 2018). Uno de los depredadores de mayor importancia del pulgón amarillo es *Chrysoperla carnea* (Golmohammadi y Hejazi, 2014; INIFAP, 2008, 2014; Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2015; Delgado-Ramírez *et al.*, 2016), un polífago cosmopolita frecuentemente encontrado en sistemas agrícolas (Sattar *et al.*, 2011). Aun cuando autores como Nasreen *et al.* (2005) han señalado que a menudo la aplicación de insecticidas químicos de origen sintético tiende a reducir las poblaciones de crisopa en los sistemas agrícolas, tanto la aplicación de imidacloprid como la liberación de crisopas, representan las principales recomendaciones de SAGARPA (2017) para el control de *M. sacchari*.

En algunos casos, liberar agentes de control biológico en grandes cantidades no es suficiente para desarrollar un manejo sostenible, por lo que es necesario integrar otras tácticas de manejo (Cock, 1994). Una alternativa más al uso de plaguicidas sintéticos, son los insecticidas de origen botánico, los cuales generan un impacto mínimo en la fauna benéfica, son eficaces contra insectos plaga y presentan bajas o nulas

restricciones toxicológicas (Iannacone y Alvariño, 2003). *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae) una herbácea distribuida en los trópicos de todos los continentes (Ibrahim e Ibrahim, 2009), es utilizada por sus propiedades medicinales, analgésicas, antiinflamatorias, antibacterianas, antihelmínticas, nematocidas y larvicidas (Shaukat *et al.*, 2002; Brahmachari *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2010; Jaliwala *et al.*, 2011; Sakthivadivel *et al.*, 2012; Saranya *et al.*, 2012). Debido a la presencia de alcaloides presentes en toda la planta, se le atribuyen propiedades tóxicas (Sharma *et al.*, 2010). Los extractos a base de esta planta han mostrado efecto insecticida sobre *Bemisia tabaci* (Martínez-Tomás *et al.*, 2015), larvicida en *Aedes aegypti* (Sakthivadivel y Thilagavathy, 2003; Willcox *et al.*, 2007; Warikoo y Kumar, 2013), así como larvicida e inhibidor del desarrollo en *Culex quinquefasciatus* (Sakthivadivel *et al.*, 2012; Granados-Echegoyen *et al.*, 2016).

Este estudio buscó reconocer el impacto económico del pulgón amarillo del sorgo en la región de Izúcar de Matamoros, identificar los cambios efectuados por los productores en el sistema productivo de sorgo tras el primer ciclo con infestación de *M. sacchari*; además se calculó el índice de aplicación de prácticas de manejo sugeridas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEG) en los sistemas de producción de sorgo, mientras que se determinó la rentabilidad del cultivo bajo los tipos de labranza tradicional y cero. De igual forma se estudió la fluctuación poblacional de *M. sacchari* y de adultos de *Chrysoperla spp.*, en el cultivo de sorgo durante los ciclos agrícolas 2017 y 2018. Y por último se evaluó la toxicidad de los extractos de *A. mexicana* y el neonicotinoide imidacloprid sobre diferentes estadios de *C. carnea* en condiciones de laboratorio.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Determinar el efecto económico de *M. sacchari* en sistemas productivos de sorgo en Izúcar de Matamoros, Puebla, su relación con las prácticas de manejo sugeridas por el CESAVEG, en especial la interacción del control químico mediante imidacloprid y *Argemone mexicana* con su enemigo natural *Chrysoperla* spp.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los ingresos obtenidos por los agricultores a través de la venta de sorgo grano previamente a la aparición del pulgón amarillo y de manera posterior al ciclo con mayor infestación; e identificar las prácticas, técnicas y/o estrategias adoptadas por los productores a fin de reducir el impacto de esta plaga en su economía.
2. Determinar el efecto económico de los daños causados al cultivo de sorgo por la infestación de *Melanaphis sacchari* en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla.
3. Calcular el índice de prácticas sugeridas por el CESAVEG para el control de pulgón amarillo para los sistemas de labranza cero y tradicional del cultivo de sorgo.
4. Determinar la rentabilidad de los sistemas de producción de sorgo con labranza tradicional y cero de conservación en la zona de estudio.
5. Estudiar la tendencia poblacional de *M. sacchari* y *Chrysoperla* spp., en la zona de estudio.
6. Evaluar los efectos de la aplicación de *Argemone mexicana* sobre los diferentes estados de desarrollo de *Chrysoperla carnea* en condiciones de laboratorio.

### 3. HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis General

La infestación de *Melanaphis sacchari* disminuye la productividad del cultivo de sorgo causando efectos económicos negativos para los productores de la región de Izúcar de Matamoros, debido a ello estos han modificado el sistema productivo de sorgo a fin de minimizar dichos efectos. La fluctuación poblacional de *M. sacchari* y su enemigo natural *Chrysoperla spp.*, son sincrónicas. Los extractos vegetales de *A. mexicana* carecen de toxicidad sobre *C. carnea*.

#### 3.2 Hipótesis Específicas

1. Los daños ocasionados por la infestación de *Melanaphis sacchari* en el cultivo de sorgo tienen un efecto negativo a nivel económico en la región de Izúcar de Matamoros.
2. Los ingresos obtenidos por la venta de sorgo grano fueron mayores en el ciclo agrícola previo a la llegada del pulgón amarillo a la región en estudio. En respuesta, los productores de la región implementaron prácticas, técnicas y/o estrategias para reducir el impacto de esta plaga en su economía.
3. El rendimiento de sorgo grano es mayor en aquellos sistemas con un elevado índice de prácticas sugeridas por el CESAVEG (IAPM) para el control del pulgón amarillo.
4. La rentabilidad del cultivo de sorgo en la región de Izúcar de Matamoros varía en función del tipo de labranza implementada.
5. La tendencia poblacional de *M. sacchari* ocurre en sincronía con la de su depredador natural *Chrysoperla spp.*, en la zona de estudio.
6. Los extractos de *Argemone mexicana* carecen de efectos tóxicos en los diferentes estados de desarrollo de *C. carnea*.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 La Agricultura Tradicional en México**

La agricultura es la actividad en la cual el hombre hace uso de los recursos naturales, la energía y los medios de información, para producir y reproducir vegetales que satisfacen sus necesidades en un ambiente determinado. Esta actividad comenzó con la gradual acumulación de conocimiento ecológico y biológico de los recursos naturales utilizados y se desarrolló a través de sistemas autóctonos de generación y transmisión de conocimientos, mediada por la adaptación y adopción de innovaciones tecnológicas en varias áreas del mundo, entre ellas México (Xolocotzi, 1988).

En nuestro país los sistemas de cultivo tradicionales se caracterizan por tener una aplicación de conocimiento transmitido de generación en generación (conocimiento tradicional) (Sánchez-Olarte *et al.*, 2015). De tal modo que el manejo que el hombre da a las especies cultivadas obedece al conocimiento específico que tiene de ellas, el cual se basa principalmente en la observación (Toledo, 1997; De Walt, 1999). El conocimiento tradicional comprende innovaciones, prácticas, ideas, juicios, raciocinio, procesos tecnológicos, sistemas explicativos y los procedimientos tecnológicos desarrollados por las comunidades indígenas, en su relación con los recursos biológicos del medio que habitan, y que son mantenidos por las comunidades como un legado oral o escrito de carácter colectivo (WIPO, 2001; Von Humboldt, 2001).

La agricultura tradicional es practicada en pequeñas superficies con utilización de mano de obra primordialmente familiar, con limitada aplicación de tecnologías y métodos modernos de producción, la cual es destinada en su mayoría al autoconsumo (Xolocotzi, 1988). No obstante, también existe una agricultura campesina con producción orientada al mercado, a fin de contribuir a la obtención de ingresos económicos (Warman, 2001).

### **4.2 La Revolución Verde**

El sector agropecuario nacional fue sometido a una serie de cambios y adaptaciones radicales a mediados del siglo XX, movimiento al que se le denominó la revolución verde. La agricultura que hasta entonces había estado destinada a la

subsistencia, adquirió un carácter más técnico; el conocimiento empírico fue reemplazado por el tecnológico, los productores abandonaron sus estrategias de autosubsistencia para desempeñar la agricultura como negocio y emplear un conjunto de innovaciones sin precedentes. Esta agricultura basada en la modernización y el establecimiento de monocultivos a gran escala, derivó en la necesidad de una mayor capacidad de almacenamiento, transporte y de protección de los cultivos en cada una de sus etapas, esta tendencia condujo a la elaboración de paquetes tecnológicos, donde los principales componentes del sistema productivo fueron el uso intensivo de fertilizantes químicos, semillas de alto rendimiento, métodos de irrigación, maquinaria pesada y aplicación de plaguicidas (Arata, 1983; Ceccon, 2008).

Aun cuando son indiscutibles los beneficios obtenidos por el incremento sustancial de la productividad de ciertos cultivos, estos se acompañaron con problemas e impactos negativos de igual o mayor magnitud; algo similar, pero con menores regulaciones ocurrió en los países en vías de desarrollo (Pengue, 2005). La consecuencia de los cambios efectuados en los sistemas agrícolas puede evidenciarse mediante su estabilidad, la cual puede medirse a través de su impacto en la adaptabilidad, sustentabilidad y vulnerabilidad (Turner *et al.*, 2003). En la mayoría de los casos, el abandono de los sistemas tradicionales disminuyó la adaptabilidad de los campesinos (Kathryn, 1981). Además, los sistemas intensivos con cultivos de alto rendimiento promovidos por agencias del desarrollo, altamente dependientes de la fertilización, irrigación y aplicación de plaguicidas tienen un fuerte impacto sobre los recursos naturales, lo cual deviene en una agricultura de mayor impacto ambiental, menor sustentabilidad y graves implicaciones en la salud (Nieto *et al.*, 2011; Altieri y Nicholls, 2013).

Ameen y Raza (2017) señalan que las críticas a la revolución verde por ambientalistas, pueden agruparse principalmente en tres categorías: I) disminución de la calidad agrícola, II) implicaciones sociales y III) reducida sostenibilidad. Una breve explicación de ellas se describe a continuación:

- I) Disminución de la calidad agrícola

- a) La propagación de híbridos de la revolución verde y las técnicas asociadas propiciaron el cultivo de una menor variedad de especies vegetales.
- b) Los sistemas agrícolas establecidos bajo este enfoque de la revolución verde poseen un menor potencial nutritivo. La aplicación de herbicidas para el control de arvenses ocasiona la desaparición de especies vegetales para el consumo mismas que representan fuentes alternativas de nutrientes, tales como los quelites.

## II) Implicaciones sociales

- a) Los pequeños productores no pueden competir con los cultivos de alta eficiencia de la revolución verde. Las dificultades económicas se traducen en pobreza y pérdida de tierras ante grandes compañías agrícolas, lo cual incrementa la migración rural-urbana.

## III) Falta de sostenibilidad

- a) La producción agrícola aumentó como resultado de la revolución verde, el aporte de energía en el proceso aumentó incluso a un ritmo mayor, por lo que la proporción de cultivos producidos con respecto al aporte de energía ha disminuido. La dependencia de fertilizantes químicos y plaguicidas, varios desarrollados a partir de la industria petroquímica, haciendo que la agricultura dependa cada vez más de los productos derivados del petróleo.
- b) Los plaguicidas continúan siendo una fuente importante de contaminación y una de las principales causas de enfermedades como el cáncer. A largo plazo también se les atribuye la pérdida de la calidad del suelo, resultado de una serie de factores como el incremento de la salinidad, reducción de la biodiversidad etc.

### **4.3 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Revolución Verde**

La agricultura de la revolución verde depende del uso intensivo de plaguicidas, necesarios para limitar la afectación por plagas que inevitablemente ocurre en los monocultivos dada su homogeneidad genética (Ameen y Raza, 2017). La invención de los insecticidas sintéticos representó una forma aparentemente eficaz de controlar las plagas que surgieron con este modelo agrícola. Pero estos productos únicamente atacan

las consecuencias del problema (la plaga) y no la causa del mismo; la aplicación de los agrotóxicos acaba con las plagas, pero tiene enormes costos indirectos en el ambiente como impactos sobre la fauna silvestre, los polinizadores, los enemigos naturales, la pesca, la calidad de agua, etc. y costos sociales tales como envenenamiento de trabajadores y enfermedades humanas (Ceccon, 2008; Altieri y Nicholls, 2013).

#### **4.4 Estrategia Operativa del Programa Fitosanitario contra el Pulgón Amarillo**

El pulgón amarillo fue detectado por el programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en octubre del 2013 en el municipio de Méndez, Tamaulipas. Para el ciclo agrícola 2014 se implementó el Manejo Fitosanitario del sorgo en los estados de Jalisco, Nayarit, Sinaloa y Tamaulipas; el muestreo permitió la recomendación de acciones de control mediante liberaciones de crisopa y control químico con capacitación a productores en el manejo de la plaga.

En el ciclo agrícola 2015 se implementó la Campaña contra Pulgón Amarillo del Sorgo, en los estados de Coahuila, Chiapas, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz. Se consideró la alta capacidad reproductiva del pulgón, la transmisión de enfermedades virales y el desarrollo de fumagina. Las acciones implementadas contra el pulgón amarillo incluyeron el muestreo, el control biológico y el control químico (SAGARPA-SENASICA, 2014).

Para el 2018 la estrategia operativa para el control del pulgón amarillo continuó con el enfoque basado en lo siguiente:

1. Capacitación de los productores con temas técnicos y operativos del programa, como biología general y hábitos de la plaga, identificación de la plaga, acciones de control cultural
2. Monitoreo semanal (para detección oportuna) y exploración durante el periodo sin cultivo (hospederos)
3. Control biológico y/o control químico.
  - a) Control biológico

Liberaciones de *Chrysoperla* sp. o coccinélidos una semana antes de la siembra, cuando se determine la presencia de la plaga en hospederos secundarios, independientemente del nivel poblacional, con el fin de promover el establecimiento y el incremento por reproducción natural.

Las crisopas podrán liberarse en el estado de huevo o larva de primero y segundo instar. Cuando se haga en estado de huevo, se recomienda liberar 10,000 huevos por ha<sup>-1</sup> (fraccionar en dos aplicaciones, pudiendo ser hasta cuatro de manera semanal, dependiendo de la infestación). A los 25 días posteriores a la emergencia de la planta de sorgo, debe realizarse otra liberación. Los huevos de crisopa deberán aplicarse durante la mañana o tarde, las larvas, deben ser liberadas solo por la tarde. Los organismos de control biológico no pueden almacenarse por períodos prolongados, por lo que las liberaciones deben programarse.

#### b) Control químico

Si es necesario, hacer la aplicación de ingredientes activos recomendados. Se deberán dejar pasar mínimo tres días para continuar con las liberaciones semanales de crisopa. El ingrediente activo recomendado es imidacloprid (100-300 ml/ha<sup>-1</sup>). Además, se ha autorizado el uso de flupyradifurone (200 ml/ha<sup>-1</sup>), thiamethoxam (500 g/ha<sup>-1</sup>), spirotetramat (300 ml/ha<sup>-1</sup>), sulfoxaflor (50-70 ml/ha<sup>-1</sup>).

Previo a la siembra, tratar la semilla con insecticidas para proteger la planta los primeros 30 a 40 días. No aplicar con la presencia de cuatro o más adultos de insectos benéficos por cada 40 pulgones o tres larvas o más por cada 50 pulgones. Aplicar al alcanzar el umbral económico (50 pulgones por hoja). De ser necesario, deberá realizarse una segunda aplicación, 20 días después de la primera. Ajustar el pH del agua a 6. Realizar calibración de equipo de aspersión (terrestre 200 a 400 L de agua por ha<sup>-1</sup>; aérea 40 L/ha<sup>-1</sup>). Usar algún adherente. Rotar los productos a aplicar y no realizar más de tres aplicaciones del mismo producto. Si la presencia de la plaga es en manchones, se deberá aplicar con mochila sólo en esos sitios.

### **4.5 Manejo de Plagas bajo el Enfoque de la Agroecología**

De manera opuesta al manejo de plagas de la agricultura convencional, los sistemas productivos planteados bajo principios agroecológicos, se basan en la simulación de la estructura y función de los ecosistemas naturales. Las plagas no son consideradas como un elemento central, puesto que el enfoque es la administración integral del cultivo, con múltiples interacciones en un sistema biodiverso, resiliente y energéticamente eficiente (Altieri, 1995; Gliessman, 1998).

La biodiversidad es un elemento clave en el diseño de agroecosistemas (Altieri, 2002) a íntimamente ligada a la regulación de los problemas fitosanitarios. Autores como Martínez *et al.* (2007) sugieren que los daños ocasionados a los cultivos, pueden minimizarse con medidas de control como: una buena preparación del terreno, adecuado control de arvenses, destrucción de residuos de cosecha, rotación de cultivos, asociación de cultivos, selección correcta de la época y la secuencia de siembra entre otras, así como el uso de variedades tolerantes o resistentes.

También se debe considerar al control biológico por conservación, este enfoque asume que los enemigos naturales ya presentes tienen el potencial de suprimir a las poblaciones de la plaga si se les da la oportunidad de hacerlo. En principio, los campos de cultivo y sus alrededores pueden ser reforzados como hábitats para los enemigos naturales mediante el manejo del cultivo, las prácticas agrícolas o la vegetación que los rodea. Las prácticas útiles pueden incluir la creación de refugios físicos necesarios para los enemigos naturales, la provisión de lugares para que vivan los hospederos alternos, el colocado estratégico de plantas con flores que sirvan de fuentes de néctar o el plantado de cultivos de cobertura del suelo entre los surcos del cultivo para reducir los extremos de temperatura y humedad relativa (Van Driesche *et al.*, 2007).

## 5. METODOLOGÍA GENERAL

### 5.1 Impacto Económico y Acciones en el Manejo de *Melanaphis sacchari* en el Cultivo de Sorgo en la Región de Izúcar de Matamoros, Puebla.

#### 5.1.1 Marco geográfico del estudio

La investigación se desarrolló en 10 municipios de la región de Izúcar de Matamoros, el cual se localiza en la parte suroeste del estado de Puebla (Figura 1), entre los paralelos 18°00' y 19° 51' LN y los meridianos 97° 49' y 98° 47' LO.

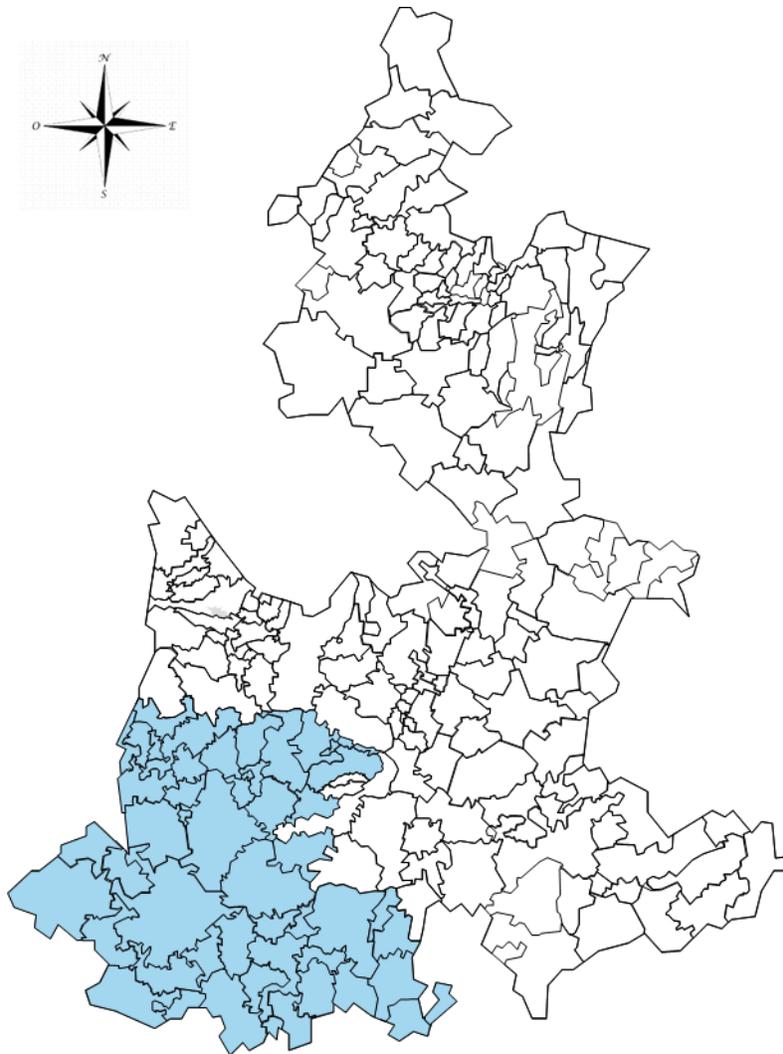


Figura 1. Región de Izúcar de Matamoros, Puebla.

### 5.1.2 La encuesta

Este instrumento se aplicó a productores incluidos en el listado preliminar de beneficiarios de PROAGRO. Las preguntas abordaron aspectos como las características socioeconómicas del productor y de las unidades de producción, así como del proceso de producción y comercialización.

### 5.1.3 Tamaño de la muestra

La encuesta se aplicó a una muestra representativa estimada mediante varianza máxima. El tamaño de muestra se determinó a través de la siguiente expresión matemática:

$$n = \frac{N Z^2_{\alpha/2} (.25)}{N d^2 + Z^2_{\alpha/2} (.25)}$$

Donde:

N= 1730 Productores beneficiarios PROAGRO

$Z^2_{\alpha/2} = 1.96$  (valor de la tabla de la distribución normal)

$\alpha=0.05$  (confiabilidad del 95 %)

d= precisión (0.1)

El tamaño de la muestra se estimó en 91 productores, la distribución de los mismos, se realizó en función de las zonas representativas de la región más próximas y a la vinculación que se tiene con los actores implicados.

### 5.1.4 Efecto socioeconómico de los daños ocasionados por *Melanaphis sacchari* a la producción de sorgo

Se presenta a través de estadística descriptiva, datos referentes a la percepción de los productores respecto al impacto del pulgón amarillo en el rendimiento del cultivo, así como información referente al conocimiento de los productores respecto a los daños que ocasiona este insecto, primer ciclo con infestación, variedades sembradas y su susceptibilidad, productos aplicados para el control, y su efecto, métodos de control alternativos etc.

Además, se consultó en la base de datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP, 2019) la productividad de la región de Izúcar de Matamoros para los ciclos agrícolas, 2013 - 2017; a partir de la información recabada, se calculó para los ciclos agrícolas en cuestión los ingresos por venta. Los datos obtenidos de esta fuente se contrastaron con los obtenidos de las entrevistas.

### **5.1.5 Cambios implementados el sistema agrícola para combatir el pulgón amarillo**

Se representan los cambios implementados por los agricultores en el sistema de producción de sorgo, así como otras actividades desarrolladas por los mismos, con el objetivo de disminuir las pérdidas a causa del pulgón amarillo.

### **5.1.6 Índice de aplicación de Prácticas de Manejo (IAPM)**

Se evaluaron las prácticas aplicadas en el manejo del pulgón amarillo, mediante el cálculo del índice de Aplicación de Practicas de Manejo (IAPM), para ello, se contrastaron las recomendaciones que forman parte de la Guía para el manejo del pulgón amarillo del sorgo de CESAVEG (2017), con las prácticas correspondientes que llevo a cabo el productor en el campo. A las recomendaciones se le asignó un valor de 100 puntos y se ponderó, según el impacto de cada componente en el manejo de *M. sacchari*. Cada valor ponderado se dividió entre dos, donde el primer cociente correspondió al uso de la recomendación y el segundo a las prácticas que realiza el productor.

Para estimar el IAPM se empleó la siguiente ecuación:

$$IAPM = \sum_{i=1}^k [(p_i) (PAP_i / PGM_i)]$$

Donde:

IAPM: Índice de aplicación de prácticas de manejo

K= 9: Número de prácticas de la guía para el manejo del pulgón amarillo CESAVEG;

Pi: Ponderación otorgada al i-ésimo componente de la recomendación

$\sum_{i=1}^k K_i = 1(p_i)=100$ ,  $i= 1,2...K$ ; PAPi: Practicas aplicadas por el productor para el i-ésimo componente de recomendación;  $i= 1,2...k$ ; PGMi: Prácticas que conforman la guía de

manejo para el i-ésimo componente de la recomendación;  $i = 1, 2, \dots, K$ , y  $(PAP_i/PGM_i)$ : Proporción de prácticas aplicadas respecto a las recomendadas.

Una vez calculado el IAPM se elaboró la tipología de productores agrupándolos según el valor de IAPM en baja ( $<33.33$ ) media ( $33.34-66.66$ ) y alta a aplicación de prácticas de manejo ( $>a 66.66$ ).

### 5.1.7 Rentabilidad del cultivo

Se analizó la rentabilidad del cultivo de sorgo de los tipos de labranza tradicional y cero de conservación para el ciclo agrícola 2017; en ambos casos, los costos de producción por hectárea se determinaron en base a la tecnología usada por un agricultor promedio. Dicho costo se definió como el costo de cada una de las actividades que se realizan en el cultivo, se consideraron los costos de las labores de preparación, insumos, servicios contratados y los costos indirectos de producción.

Se consideró a la Relación Beneficio-Costo como el indicador de rentabilidad para ambos tipos de labranza. El cual se calculó de acuerdo a Sobrado (2005) a través de la siguiente expresión:

$$R\ B/C = (IV)/(CH)$$

Donde:

R B/C= Relación Beneficio-Costo

IV= Ingresos por ventas

CH= Costo por hectárea

Una vez que se determinó el beneficio/costo el resultado es un índice, mayor que uno, menor que uno o igual a uno, si es mayor que uno, la porción en que exceda a la unidad indicará el grado de rentabilidad del cultivo.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costo}} = \text{mayor, menor o igual a 1}$$

## **5.2 Tendencia Poblacional de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) y Adultos de *Chrysoperla* spp., en Sorgo Grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en Puebla, México**

### **5.2.1 Localización del estudio**

El estudio se realizó durante los ciclos agrícolas 2017 y 2018 en parcelas de sorgo localizadas en el municipio de Atzala. Para el primer año, la parcela seleccionada se ubicó en las coordenadas 18°33'18.81" LN y 98°34'02.72" LO; para el segundo ciclo agrícola la parcela se ubicó en las coordenadas 18°33'30.43" LN y 98°34'02.72" LO.

### **5.2.2. Tendencia poblacional de *Melanaphis sacchari* (Zehntner)**

A partir de la emergencia de las plántulas de sorgo, se realizaron muestreos semanales, en cada uno, se seleccionaron de forma sistemática 20 plantas de sorgo, cada planta se consideró una unidad de muestreo. Las variables evaluadas fueron: promedio de individuos alados, ninfas por colonia y por estadio ninfal.

### **5.2.3 Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp.**

Se tomaron muestras con una red entomológica de golpeo, dando 30 golpes de red por fecha de muestreo en tres repeticiones de diez redazos en sitios seleccionados de forma aleatoria. Los ejemplares colectados se colocaron en un recipiente de plástico con alcohol al 70 %. Este material se trasladó al laboratorio de entomología del Colegio de Postgraduados Campus Puebla para su conteo.

## **5.3 Toxicidad de Extractos de *Argemone mexicana* e Imidacloprid sobre *Chrysoperla carnea***

### **5.3.1 Material biológico**

Los diferentes estadios de desarrollo de *C. carnea* se obtuvieron de la cría mantenida en el Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. El alimento suministrado a las larvas consistió en huevos de *Sitotroga cerealella* (Olivier) *ad libitum*. Los adultos de *C. carnea* se alimentaron con dieta artificial, además, se les ofreció agua destilada en un vaso de precipitado de 10 mL. Los insectos se mantuvieron

en una cámara bioclimática a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C, humedad relativa de  $70 \pm 10$  % y fotoperiodo de 12 h de luz/oscuridad.

### **5.3.2 Tratamientos**

Se evaluaron los extractos acuoso y oleoso de *A. mexicana*, la concentración utilizada en ambos casos fue de  $30 \text{ g L}^{-1}$ .

Un tercer tratamiento fue a base de imidacloprid (Dinastía 350 SC®,  $350 \text{ g i. a. L}^{-1}$ ), a la concentración de campo recomendada por SAGARPA (2017) para el control de *M. sacchari* en el cultivo de sorgo ( $200 \text{ mL ha}^{-1}$  aplicado en 200 L de agua; es decir  $0.35 \text{ g L}^{-1}$  ó  $0.0302$ , o con base en la densidad del ingrediente activo). En cada uno de los bioensayos se incluyó un testigo con aplicación de agua destilada.

### **5.3.3 Métodos de aplicación**

#### **5.3.3.1 Aplicación tópica**

En el dorso de cada larva de tercer estadio ( $L_3$ ), se aplicaron  $0.5 \mu\text{L}$  del tratamiento correspondiente, con una micropipeta manual Eppendorf Research®. Las larvas se individualizaron en cajas de plástico. Cada tratamiento constó 10 larvas, con cuatro repeticiones. La mortalidad se registró a las 48 y 72 h posteriores a la aplicación de los tratamientos. Así mismo, se cuantificó el porcentaje de larvas tratadas que puparon y posteriormente el número de adultos que emergieron.

#### **5.3.3.2 Inmersión de huevos en tratamientos**

Se utilizaron huevos de *C. carnea* de 24 h de edad, ovipositados en una gasa de tela; la gasa se recortó en segmentos que contenían 60 huevos, posteriormente cada segmento se sumergió durante 10 s en 30 mL del tratamiento a evaluar. Consecutivamente, las gasas con los huevos se colocaron sobre papel absorbente para retirar el exceso de la solución y facilitar el secado a temperatura ambiente. Una vez secas las gasas con los huevos de *C. carnea*, se mantuvieron la cámara bioclimática. Cada segmento de gasa de tela se consideró una de cuatro repeticiones. Se registró el porcentaje de eclosión de larvas a las 48, 72 y 96 h posteriores a la aplicación de los tratamientos. Para evaluar el efecto subletal, se registró el porcentaje de emergencia de adultos.

### **5.3.3.3 Ingestión en larvas**

Se colocaron 3g de huevos de *S. cerealella* en una malla de tela fina, y se sumergieron durante 10 s en 30 mL de los tratamientos a evaluar. Los huevos tratados se secaron sobre papel filtro y posteriormente se ofrecieron como alimento a larvas recién emergidas de *C. carnea* hasta su pupación; a fin de evitar la degradación de los principios activos de los extractos, el alimento tratado se reemplazó cada 48 h. Las larvas se individualizaron en cajas de plástico. Los tratamientos constaron de 15 larvas de primer estadio (L<sub>1</sub>) de *C. carnea*, con cinco repeticiones. Las cajas de plástico se revisaron cada 48 h para registrar la mortalidad obtenida en cada estadio.

### **5.3.3.4 Ingestión en adultos de *Chrysoperla carnea***

Parejas de adultos de menos de 24 h de edad, fueron colocadas en contenedores plásticos, cuya tapa presentaba una abertura cubierta con malla de tela. Los tratamientos fueron suministrados en recipientes plásticos con un segmento de tela esponja al centro de la tapa. Además, se les suministró la dieta artificial de adultos, la cual se colocó en el lateral de los contenedores. Cada contenedor de plástico con una pareja de individuos se consideró una repetición y cada tratamiento constó de ocho repeticiones. Se evaluó la mortalidad a las 24, 48 y 72 h de haberse iniciado el ensayo.

La toxicidad de los tratamientos sobre *C. carnea* fue clasificada de acuerdo a la recomendación de la Organización Internacional de Control Biológico [International Organization for Biological Control, West Palearctic Regional Section. (IOBC/WPRS) (Hassan 1989)].

### **5.3.3.5 Análisis estadístico**

Se realizaron análisis de varianza de una vía con la separación de medias por diferencia mínima significativa (LSD,  $P < 0.05$ ), con el apoyo del software estadístico Statgraphics Centurion XVI. Cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los datos se analizaron mediante la prueba H de Kruskal-Wallis (Ramírez y López 1993, Castillo 2000).

## 6. LITERATURA CITADA

- Allinne, C., S. Savary, and J. Avelino 2016. Delicate balance between pest and disease injuries, yield performance, and other ecosystem services in the complex coffee-based systems of Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222: 1-12.
- Altieri M.A. 1995. El estado del arte de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. En: Cadenas M. A. (ed). *Agricultura y desarrollo sostenible*. Madrid: MAPA, pp.151-203.
- Altieri, M.A. 2002. Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 1-24.
- Altieri M., y C. Nicholls. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 65: 50-64.
- Altieri M., y C. Nicholls. 2013. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*. 7 (2): 65-83.
- Ameen, A., and S. Raza. 2017. Green revolution: A review. *International Journal of Advances in Scientific Research*. 3 (12): 129-137.
- Arata A. 1983, "Perspectivas del uso de plaguicidas: historia, situación actual y necesidades futuras", Ponencia III Taller Latinoamericano Prevención de Riesgos en el Uso de Plaguicidas, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Xalapa, Veracruz, México.
- Avelino, J., H. Zelaya, A. Merlo, A. Pineda, M. Ordonez, and S. Savary. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecol. Model.* 197, 431–447.
- Bedmar F. 2011. ¿Qué son los plaguicidas? *Ciencia hoy*. 21: 11-16.
- Brahmachari, G., R. Roy, L.C. Mandal, P.P. Ghosh, and D. Gorai. 2010. A new long-chain alkanediol from the flowers of *Argemone mexicana*. *J. Chem Res* 11:656-657.
- Caamal-Cauich I., V.G. Pat-Fernández, y D. Martínez-Luis. 2016. Análisis de la producción del cultivo de sorgo en México y estado de Oaxaca. En: *Producción, Comercialización y Medio Ambiente*. Rérez, F., Figueroa, E. y Godínez, L. (eds). pp: 120-130.
- Cardona C., M.J. Bueno, y V.I. Rodríguez. 2005. Biología y manejo de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en Habichuela y frijol. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*. 50 p.
- Carver M. 1991. Superfamilia Aphidoidea. En: Carver, M., G.F. Gross and T.E. Woodward: Hemiptera. En: CSIRO Division of Entomology: *The insect of Australia*.

- A textbook for students and research workers. Vol1. (Second edition): 452-457. Melbourne University Press. Melbourne (Australia).
- Ceccon E. 2008. La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*. 91:21-29.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2011. Manual de plagas y enfermedades del sorgo. SAGARPA, SENASICA. 20 p.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. SAGARPA, SENASICA. 24 p.
- Cock, M. J. W. 1994. Integrated management of whitefly pest problems in the Middle and Near East with special emphasis on biological control. *Arab J. Plant Protec.* 12: 127-136.
- Cox, C. 2001. Insecticide factsheet: Imidacloprid, *Journal of pesticide reform*. 21(1): 15-21.
- Deb, U.K., M.C.S. Bantilan, A.D. Roy, and P. Rao 2004. Global sorghum production scenario. University of Arkansas. 21 p.
- Del Puerto Rodríguez A.M., S. Suárez Tamayo y D.E. Palacio Estrada. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(3): 372-387.
- Delgado-Ramírez C.S., M.D. Salas-Araiza, O.A. Martínez-Jaime, J.A. Díaz-García, R. Guzmán-Mendoza, y E. Salazar-Solís. 2016. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomología Agrícola*. 3:369-374.
- Devine, G.J., D. Eza, E. Ogusuku, y M.J. Furlong. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(1): 74-100.
- De Walt, B. 1999. Combining indigenous and scientific knowledge to improved agriculture and natural resource management in Latin America. En: Pichon, F., J. Uquillas, J. Frenchione (eds). *Traditional and Modern Natural Resource Management in Latin America*. University of Pittsburgh Press. pp: 101-121.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2008. Pesticide fact sheet: Spirotetramat. 74 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. No. 33. 314 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Specifications and evaluations for agricultural pesticides: Thiamethoxam. 34 p.

- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2016. Panorama Agroalimentario. Sorgo 2016. Dirección de Investigación y Evaluación Económica Sectorial. 35 p.
- García-Gutiérrez C., y G.D. Rodríguez-Meza. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*. 8 (3): 1-10.
- Gil Y., O. Aday, M. Manresa, I. Rodríguez, Y. Estévez, L. Rodríguez, N. Fernández, y L. Aguilera. 2009. Selectividad del pulgón *Melanaphis sacchari* (Zehnt) a variedades de caña de azúcar. *ATAC*. 1: 43-49.
- Gliessman, S. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan. 357 p.
- Golmohammadi, G., and M. Hejazi. 2014. Toxicity and side effects of three insecticides on adult *Chrysoperla carnea* (Neu.: Chrysopidae) under laboratory conditions. *J. Entomol. Soci. of Iran*, 33(4): 23-28.
- Granados-Echegoyen C., B.O. Ortega-Morales, M.J. Chan-Bacab, M. Reyes-Estébanez, y Camacho-Chab, J.C. 2016. Efecto del extracto etanólico de partes vegetales de *Argemone mexicana* (PAPAVERACEAE) sobre larvas y pupas del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Say) (DIPTERA: CULICIDAE). *Entomología agrícola*. 3: 436-440.
- Hassan, S.A. 1989. Testing methodology and the concepts of the IOBC/WPRS Working group. In: Japson PC (ed) *Pesticides and non target invertebrates*. Intercept, Wimborn, Dorset. pp: 1-18.
- Iannacone J., y L. Alvarino. 2003. Efecto de la azadiractina y rotenona en las poblaciones del gusano ejército *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), en el cultivo de tomate en Ica, Perú. *Revista Peruana de Entomología*. 43: 113-119.
- Iannacone J., y M. Lamas. 2003. Efectos toxicológicos de extractos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pintoii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) en el Perú. *Agricultura técnica*, 63: 347-360.
- Ibrahim, H.A., and H. Ibrahim. 2009. Phytochemical screening and toxicity evaluation on the leaves of *Argemone mexicana* Linn. (Papaveraceae). *Int. Jor. App. Sci*. 3: 39-43.
- INIFAP, 2008. Control biológico de pulgones en sorgo mediante liberaciones de Crisopa. Ficha tecnológica por sistema producto. 2p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Sorgo, sanidad vegetal, insecticidas. Programa de investigación: sanidad forestal y agrícola 2p.

- INIFAP-CIRNE (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro de Investigación Regional Noreste). 2015. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. Boletín electrónico, Año 1, No. 16. 3p.
- Jaliwala, Y.A., P.K. Panda, N. Chourasia, N.K. Bhatt, A. Pandit, and P.K. Mohanty. 2011. In vitro anthelmintic activity of aerial parts of *Argemone mexicana* Linn. J Pharm Res 4: 3173-3174.
- Kathryn, D.G. 1981. Nutritional consequences of the transformation from subsistence agriculture in Tabasco, Mexico”, Human Ecology, 9(2): 151-187.
- Martínez E., B.G.Sanroma, L. Rovesti, y S.R. Palma. 2007. La protección de los cultivos. En: Manejo integrado de plagas. Manual práctico. (Ed. E. Martínez). Centro Nacional de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. p.19.
- Martínez-Tomás S.H., C. Rodríguez-Hernández, R. Pérez-Pacheco, C. Granados-Echegoyen, Y.D. Ortíz-Hernández, y F. Floreán-Méndez. 2015. Evaluación de tres extractos vegetales en la población de mosca blanca en el cultivo orgánico de jitomate en invernadero. Entomología agrícola. 2: 371-375.
- Martínez-Valenzuela C., y S. Gómez-Arroyo. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. Rev. Int. Contam. Ambient. 23(4): 185-200.
- Nasreen, A., G. Mustafa, and M. Ashfaq. 2005. Mortality of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) after exposure to some insecticides; laboratory studies. South Pacific Studies. 26: 1-6.
- Nieto V.M.I., G.F.D. García, y M.D.O. Rosales. 2011. Agricultura comercial, tradicional y vulnerabilidad en campesinos. Política y Cultura. 36: 71-98.
- Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 144(1): 31-43.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1996. Recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1996-1997. Organización Mundial de la Salud, IPCS, Ginebra.
- PAN (Pesticide Action Network International). 2014. PAN Internarional list of Highly hazardous pesticides. Consultada en línea marzo 2016:  
[http://www.pan-germany.org/gbr/project\\_work/highly\\_hazardous\\_pesticides.html](http://www.pan-germany.org/gbr/project_work/highly_hazardous_pesticides.html)
- Page, S.L., C.M. Mguni, and S.Z. Sithole. 1985. Pests and diseases of crops in communal areas of Zimbabwe. Overseas Development Administration Technical Report, St. Albans, England.
- Pengue W.A. 2005. Agricultura industrial y transnacionalización en America Latina ¿La transgenesis de un continente? Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente. Universidad de Buenos Aires. 220 p.

- Rivas A.W. y J.M. Sermeño. 2004. Manual técnico: Socioeconomía del manejo integrado de plagas. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 97 p.
- Rodríguez-del-Bosque L.A., y A.P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*. 40(2): 433-434.
- Ruíz C.J.A., M.E.E. Bravo, O.G. Ramírez, G.A.D. Báez, C.M. Álvarez, G.J.L. Ramos, C.U. Nava, y M.K.F. Byerly. 2013. Plagas de importancia económica en México. SAGARPA, INIFAP. 459 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Plan rector del sistema producto sorgo. Estado de Puebla. 49 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Comité Técnico del Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. 42 p.
- Sakthivadivel, M., A. Eapen, and A.P. Dash. 2012. Evaluation of toxicity of plant extracts against vector of lymphatic filariasis, *Culex quinquefasciatus*. *Indian J Med Res* 135:397-400.
- Sakthivadivel, M., and D. Thilagavathy. 2003. Larvicidal and chemosterilant activity of the acetone fraction of petroleum ether extract from *Argemone mexicana* L. seed. *Biores Technol*. 89: 213-216.
- Sánchez-Olarte J., A. Argumedo-Macías, J.F. Álvarez-Gaxiola, J.A. Méndez-Espinoza, y B. Ortiz-Espejel. 2015. Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. 12(2): 237-254.
- Saranya, M.S., T. Arun, and P. Iyappan. 2012. In vitro antibacterial activity and preliminary phytochemical analysis of leaf extracts of *Argemone mexicana* L. - A medicinal plant. *Int J Curr Pharm Res*. 4: 85-87.
- Sattar, M., G. Hussain. and T. Sultana. 2011. Effect of different hosts on biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 43: 1049-1054.
- Savary, S., B. Mille, B. Rolland, and P. Lucas. 2006a. Patterns and management of crop multiple pathosystems. *Eur. J. Plant Pathol*. 115(1): 123-138.
- Savary, S., P. Teng, L. Willocquet, and F.J. Nutter. 2006b. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. *Ann. Rev. Phytopathol*. 44: 89-112.
- Savary, S., N. McRoberts, P.D. Esker, L. Willocquet, and P.S. Teng. 2017. Production situations as drivers of crop health: Evidence and implications. *Plant Pathol*. 66: 867-876.

- Sharma, S., Sharma, M.C. y Kohli, D.V. 2010. Pharmacological screening effect of ethanolic and methanolic extract of fruits of medicinally leaves. Digest Journal of Nanomaterials and biostructures 5:229-232.
- Shaukat, S.S., I.A. Siddiqui, G.H. Khan, and M.J. Zaki. 2002. Nematicidal and allelopathic potential of *Argemone mexicana*, a tropical weed. Plant Soil 245: 239-247.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultada en línea noviembre 2016: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. Obtenido de [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultada en línea enero 2020: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- Sobrado V.M. 2005. Citado en: SAGARPA.2012. Plan rector del sistema producto sorgo. Estado de Puebla. 49 p.
- Toledo V.M. 1997. Economía y Modos de Apropiación: Una Tipología Ecológica-Económica de Productores Rurales. Economía Informa (253): Facultad de Economía, UNAM, México.
- Turner, B.L., R.E. Kasperson, P.A. Matson, J.J. McCarthy, R.W. Corel, L. Christesen, N. Eckley, J.X. Kasperson, A. Luers, M.L. Martello, A.C. Polsky, and A. Schiller. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science, Proceedings of the National Academy of Sciences. 100(14): 8074-8079.
- USDA (U.S. Department of Agriculture) 2019. World Agricultural Production. Foreign Agricultural Service. Circular Series WAP 8-19. 36 p.
- Van Driesche R.G., M.S. Hoddle, y T.D. Center. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. United States Department of Agriculture. 751 p.
- Van Lenteren, J.C., K. Bolckmans, J. Köhl, W.J. Ravensberg, and A. Urbaneja. 2018. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. BioControl. 63: 39–59.
- Van Rensburg, N.J. 1978. The effect of foliar sprays with broad spectrum organophosphates on the coccinellid and syrphid predators of grain sorghum aphids. J. Entomol. Soc. S. Afr. 41-309.
- Van Rensburg, N.J. 1979. Grain sorghum aphids. Farming in South Africa. Government Printer, Pretoria, South Africa, E.2.
- Vara, P.V., and A.S. Staggenborg. 2014. Growth and production of sorghum and millets, in soils, plant growth and crop production, [Ed. Willy H. Verheye], In: Encyclopedia

of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK. 27 p.

Vargas G. 2009. Producción y comercialización de sorgo grano en México y en el estado de Puebla: Caso DDR Izúcar de Matamoros. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 58 p.

Viñuela E., y J. Jacas. 1993. Los enemigos naturales de las plagas y los plaguicidas. Hojas divulgadoras 2/93. MAPA, Madrid. España. 24 p.

Von Humboldt, A. 2001. Importancia del conocimiento tradicional. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos. Consultada en línea enero 2020: <http://www.humboldt.org.htm>.

Warikoo, R., and S. Kumar. 2013. Impact of *Argemone mexicana* extracts on the cidal, morphological, and behavioral response of dengue vector, *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Parasitology Research, 112(10): 3477–3488.

Warman A. 2001. El campo mexicano en el siglo XX. FCE. México. 263 p.

Willcox, M.L., B. Graz, and J. Falquet. 2007. *Argemone mexicana* decoction for the treatment of uncomplicated falciparum malaria. T Roy Soc Trop Med Hyg 101:1190-1198.

WIPO (World Intellectual Property Organization) 2001. Intellectual Property Needs and Expectation of Traditional Knowledge Holders: WIPO report on Fact-finding Missions on Intellectual Property and traditional Knowledge (1989-1999). Geneva, Italia.

Wolansky M.J. 2011. Plaguicidas y salud humana. Ciencia Hoy. 21(122): 23-29.

Xolocotzi H.E. 1988. La agricultura tradicional en México. Comercio exterior. 38(8): 673-678.

## **CAPITULO I. IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO DE *Melanaphis sacchari* (ZEHNTNER) EN SORGO EN LA REGIÓN SUROESTE DE PUEBLA, MÉXICO.**

Carlos Serratos Tejeda, Juan Morales Jiménez, Arturo Huerta de la Peña, José Hilario Hernández Salgado, Juan Antonio Villanueva Jiménez, Agustín Aragón García

### **1.1 Resumen**

Se evaluó el impacto económico del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) y la rentabilidad del cultivo de sorgo en el Suroeste de Puebla, México. Considerando el índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM) sugeridas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEG) en los sistemas de producción de sorgo. Se colectaron datos de aspectos socioeconómicos de los productores y sus unidades de producción, mediante un cuestionario aplicado a los productores afiliados al Programa de Apoyos Directos al campo (PROAGRO PRODUCTIVO). Se empleó estadística descriptiva. La infestación del pulgón en el sorgo tuvo su efecto más relevante en el rendimiento en los ciclos 2014 a 2016. El ingreso obtenido por la venta de sorgo se reduce cada vez más debido a una tendencia a la baja en el precio de compra por tonelada. A la llegada de *M. sacchari* la principal estrategia de control fue el incremento en el número de aplicaciones de insecticidas, con un incremento en el costo de producción. Debido a que los ingresos de los productores no dependen únicamente de la producción de sorgo, el efecto de la plaga en su economía fue relativamente menor. El IAPM muestra un moderado uso de las prácticas recomendadas para el manejo de esta plaga. La relación B/C sugiere que, aún después del establecimiento de *M. sacchari*, el cultivo de sorgo es una actividad redituable.

**Palabras clave:** Manejo de plagas, daños, rentabilidad

### **1.2 Abstract**

To evaluate the economic impact of the sorghum aphid (*Melanaphis sacchari*) and the sorghum crop profitability in Western Puebla, Mexico. Considering the management practices application-index (IAPM), related to the control practices suggested by the State Plant Health Committee (CESAVEG) was obtained. Data on socioeconomic aspects of

the producer and the production units were collected. The questionnaire was applied to producers affiliated to PROAGRO. Results are shown using descriptive statistics. The aphid infestation in sorghum had its most relevant effect on yield during 2014-2016. Income obtained from sorghum sales is decreasing due to a downward trend in the purchase price per ton. After the arrival of *M. sacchari* the primary control strategy was to increase the number of insecticide applications, increasing production costs. Since producers' incomes do not depend solely on sorghum production, the effect of the pest on their economy was relatively minor. The management practices application index indicates a moderate use of the recommended practices to manage this pest. The B/C ratio suggests that even after the establishment of *M. sacchari*, sorghum is still a profitable activity.

**Keywords:** Pest management, injuries, profitability

### 1.3 Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los principales cultivos en México, por ser la materia prima de la industria de alimentos balanceados de especies pecuarias (SAGARPA, 2012). En el estado de Puebla, el 75.7 % de su producción se concentra en 46 municipios de la región Suroeste (Vargas, 2009; SIAP, 2017). En esta región el pulgón amarillo del sorgo [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)] representa un problema fitosanitario. Esta plaga se detectó por primera vez en México en el estado de Tamaulipas en 2013, donde los niveles de infestación causaron daños severos y pérdidas del 30 al 100 %. Hoy está presente en todos los estados donde se cultiva sorgo (INIFAP-CIRNE, 2015). Las lesiones causadas por *M. sacchari* incluyen desecación, necrosis, retraso en el crecimiento de plántulas y de aparición de panículas; si el daño es grave la planta muere. Estas lesiones afectan el rendimiento del cultivo (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016). Además, las tácticas de control ocasionan gastos asociados a la aplicación de insecticidas (Oliveira *et al.*, 2013).

Pese a la existencia de estrategias para controlar al pulgón amarillo, su implementación depende del contexto cultural, físico, biológico, técnico, social y económico en donde se desarrolla el cultivo (Rivas y Sermeño, 2004; Savary *et al.*, 2006a, b).

Los costos de producción se han incrementado por la mayor cantidad de aplicaciones de insecticidas para control de *M. sacchari*; además, se ha presentado una continua reducción en el precio pagado por tonelada de sorgo. A pesar de esto, la siembra de este cultivo prevalece en la región. Es necesario conocer las estrategias y modificaciones implementadas en el sistema productivo para disminuir los efectos del pulgón amarillo, así como analizar los costos y beneficios que se obtienen de la siembra de este grano a fin de determinar el porqué de su continuidad. Para ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto económico de *M. sacchari* y la rentabilidad del cultivo de sorgo en el Suroeste de Puebla, México. Considerando el índice de aplicación de las prácticas de manejo (IAPM) sugeridas por el CESAVEG en los sistemas de producción de sorgo.

## 1.4 Metodología

### Marco geográfico del estudio

La investigación se desarrolló en el Suroeste de Puebla, entre los paralelos 18°00´ y 19°51´ LN y los meridianos 97°49´ y 98°47´ LO.

### Tamaño de la muestra

Se elaboró un cuestionario con preguntas referidas a aspectos socioeconómicos, al proceso productivo y a la comercialización del sorgo. Se aplicó a una muestra (n), de los productores beneficiarios del PROAGRO PRODUCTIVO, estimada mediante varianza máxima con base en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N Z^2_{\alpha/2} (.25)}{N d^2 + Z^2_{\alpha/2} (.25)}$$

Donde:

N= 1730 Productores beneficiarios PROAGRO

$Z^2_{\alpha/2} = 1.96$  (valor de la tabla de la distribución normal)

$\alpha=0.05$  (confiabilidad del 95 %)

d= precisión (0.1)

La muestra se estimó en 91 productores; distribuyéndose de la siguiente forma: En Tepexco 20 productores encuestados, Izúcar de Matamoros 19, Atzizihuacán 14,

Acteopan 10, Tilapa 8, Huehuetlán el Chico 6, Xochiltepec 7, Atzala 5, Jolalpan 1 y Huehuetlán el Grande 1.

### **Efectos de *M. sacchari* en la producción de sorgo en el Suroeste de Puebla**

Se preguntó acerca de la percepción de los productores respecto al impacto del pulgón amarillo en el rendimiento del sorgo, su conocimiento sobre los daños que ocasiona, el primer ciclo con infestación, las variedades sembradas, los insecticidas aplicados y la asistencia técnica recibida.

### **Cambios implementados el sistema agrícola para combatir el pulgón amarillo**

Se buscó que los productores mencionaran los cambios del sistema productivo de sorgo, y otras actividades desarrolladas para disminuir las pérdidas de rendimiento e ingresos a causa de la infestación de pulgón amarillo.

### **Índice de Aplicación de Prácticas de Manejo (IAPM)**

Se calculó el IAPM (modificado del propuesto por Damián-Huato *et al.*, 2019), con el que se contrastaron las recomendaciones de la Guía para el Manejo de *M. sacchari* recomendado por CESAVEG (2017), con las prácticas realizadas por el productor. Se le asignó un valor de 100 puntos al total de las recomendaciones y se ponderaron de la siguiente manera, según su impacto en el manejo de *M. sacchari*: 10 puntos si sabe localizarlo e identificarlo, 5 si conoce los daños, 10 si identifica la fauna benéfica, 15 si elimina focos de infestación, 5 si usa semilla certificada, 10 si usa semilla tratada con insecticida, 15 si revisa el cultivo frecuentemente, 10 si protege y deja actuar a la fauna benéfica, y 20 puntos si aplica productos recomendados a la dosis propuesta. Cada valor ponderado se dividió entre dos, donde el primer cociente correspondió al uso de la recomendación y el segundo a las prácticas llevadas a cabo. Se estimó el IAPM mediante la siguiente ecuación:

$$IAPM = \sum_{i=1}^k [(p_i) (PAP_i / PGM_i)]$$

Donde:

IAPM: Índice de aplicación de prácticas de manejo

K= 9: Número de prácticas de la guía para el manejo del pulgón amarillo CESAVEG;

P<sub>i</sub>: Ponderación otorgada al i-ésimo componente de la recomendación

$\sum_{i=1}^k K_i = 1(p_i)=100$ ,  $i= 1,2\dots K$ ; P<sub>APi</sub>: Prácticas aplicadas por el productor para el i-ésimo componente de recomendación;  $i= 1,2\dots k$ ; P<sub>GMi</sub>: Prácticas que conforman la guía de manejo para el i-ésimo componente de la recomendación;  $i= 1,2\dots K$ , y (P<sub>APi</sub>/P<sub>GMi</sub>): Proporción de prácticas aplicadas respecto a las recomendadas.

Una vez calculado el IAPM se elaboró la tipología de productores agrupándolos según su valor en bajo (<33.33) medio (33.34-66.66) y alto (> 66.66).

### **Rentabilidad del cultivo en el sistema de labranza tradicional y labranza cero**

Se analizó la rentabilidad del cultivo para el ciclo 2017, bajo dos sistemas establecidos en la zona: labranza tradicional y labranza cero. En ambos casos, los costos de producción por hectárea se determinaron con base en la tecnología usada por un agricultor promedio. Se consideraron los costos de las labores de preparación, insumos, servicios contratados y los costos indirectos de producción. Como indicador de rentabilidad se utilizó la relación beneficio-costos, calculado de acuerdo a Sobrado (2005):

$$R\ B/C= (IV)/(CH)$$

Donde:

R B/C= Relación Beneficio-Costo

IV= Ingresos por ventas

CH= Costo por hectárea

El resultado es un índice mayor, menor o igual a uno; si es mayor, la porción en que exceda a la unidad indicará el grado de rentabilidad del cultivo.

## **1.5 Resultados y Discusión**

### **Efectos de *M. sacchari* en la producción de sorgo en el Suroeste de Puebla**

El 98.9 % de los productores declaró haber tenido afectación por pulgón amarillo; estos productores consideran que la plaga ocasiona que la planta se seque (83.5 %), menor peso del grano (13.2 %) y menor desarrollo de la panoja (3.3 %). Existe una discrepancia respecto al primer año de infestación; el 56 % de los productores recuerda que ocurrió

en el año 2015, pero el 44 % opina que fue en 2014. En la región, la llegada del pulgón amarillo afectó el rendimiento del cultivo: aunque en 2014 se sembraron 1775 ha más, respecto al 2013, la producción fue 1.1 % menor. Esto se agravó en 2015 cuando la producción fue un 28 % menor, pese a que la superficie sembrada fue mayor; a pesar de la diferencia de superficies sembradas entre el ciclo 2013 y el 2017 es de 1040 ha, el rendimiento para el primer ciclo es mayor en 28.1 % (Figura 1.1).

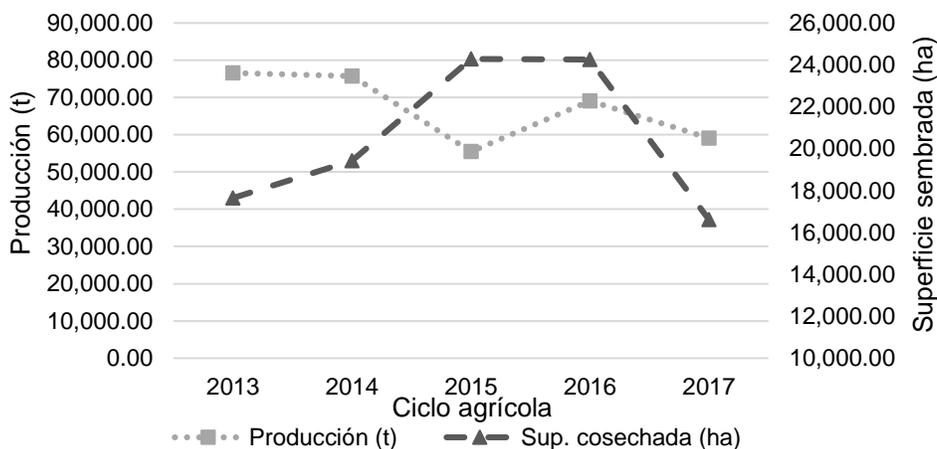


Figura 1.1. Producción de sorgo en el Suroeste de Puebla.  
(Elaborado a partir de datos del SIAP, 2019)

En la región, el rendimiento promedio de sorgo fue de 3.9 t ha<sup>-1</sup> en 2014 y en 2015 de 2.28 t ha<sup>-1</sup>, ciclos considerados de mayor infestación, y cuyo rendimiento es menor al de 2013 (4.34 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2017). Para 2014 y 2015 se sembraron nueve variedades de semilla (ACA506, ACA6001, ACA642, AMBAR, ANZU310, ARGOS, DEKALB, EL CAMINO y GALIO). DEKALB, la variedad sembrada en mayor proporción (57.1 % de los productores), está catalogada como híbrido tolerante a *M. sacchari* (SAGARPA-INIFAP, 2017); La siembra de variedades resistentes, es componente de una estrategia para reducir los daños del pulgón amarillo al cultivo de sorgo grano (Haar *et al*, 2019).

En los ciclos 2014-2015, 87.9 % de los productores aplicó insecticidas. El Imidacloprid (imidacloprid) representó el producto más empleado (84.1 %), seguido de Curacron (profenofos, 4.9 %), Folidol (paratión, 3.7 %), Disparo (clorpirifos etil, 1.2 %), y Malation (malatión, 1.2 %); mientras que el 3.7 % de los productores elaboró mezclas de productos

y el 1.2 % aplicó métodos alternativos como jabón o amoníaco. El 12.1 % de los productores no implementó control alguno, debido al desconocimiento de la plaga.

La distribución del rendimiento para los ciclos 2014-2017 se muestra en el Cuadro 1.1. Se observa para los ciclos 2014 y 2015 un rendimiento menor a 3 t ha<sup>-1</sup> para un mayor porcentaje de productores, contrariamente a lo registrado en 2016-2017 cuyos rendimientos fueron superiores a 3 t ha<sup>-1</sup> para la mayoría de los casos.

Cuadro 1.1. Distribución de los rendimientos de sorgo por ciclo de 2014-2017

Ciclo	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )					NS
	< 1 t	1 a 1.9	2 a 2.9	3 a 3.9	4 a 4.5	
<b>Porcentaje de productores en el rango</b>						
2014	14.28	31.87	49.45	1.10	3.30	0.0
2015	15.39	29.67	27.47	16.48	4.40	6.59
2016	0.0	7.69	31.87	36.26	21.98	2.20
2017	0.0	1.10	8.79	43.96	46.15	0.0

NS = No sembró. Fuente: Elaboración propia.

En la región, el precio de compra por tonelada de sorgo, ha ido a la baja. En 2015 el precio promedio de compra fue \$3337.91, el máximo precio detectado (Figura 1.2).

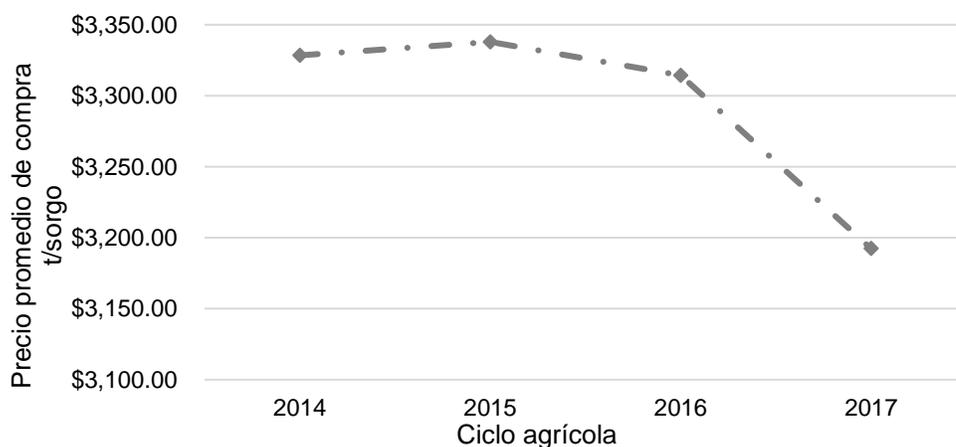


Figura 1.2 Precio de compra promedio por tonelada de sorgo en la región de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

El descenso en el precio de compra, aunado a una menor producción, disminuyó los ingresos respecto al 2013, el ciclo previo a la llegada de *M. sacchari* al Suroeste de Puebla. Los ciclos 2014 y 2015 fueron los de menores ingresos (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Ingreso por ventas promedio ciclos 2013-2017 en la región de estudio

Ciclo agrícola	2013	2014	2015	2016	2017
Datos SIAP	\$12,558.65	\$8,514.59	\$6,070.97	\$9,154.08	\$11,621.12
Datos de entrevistas	--	\$6,161.57	\$6,178.36	\$9,910.19	\$11,843.46

Fuente: Elaboración a partir de los datos obtenidos en la encuesta y de datos SIAP 2019.

### **Cambios implementados en el sistema agrícola para combatir el pulgón amarillo**

Las estrategias implementadas para el control de *M. sacchari* corresponden a una mayor frecuencia de aplicación de insecticidas (44 %); de revisión del cultivo (21 %); cambio de insecticida (14 %). Debido a las pérdidas, 9 % de los productores no sembró en el siguiente ciclo; 10 % buscó asesoría y únicamente el 2 % continuó con el insecticida que aplicó el ciclo previo. De acuerdo con Aguilar (2005), las especies invasoras reducen el rendimiento del cultivo, incrementan los costos de producción y la frecuencia del uso de agroquímicos, lo cual fue observado en esta investigación.

En 91 % de los casos, el efecto del pulgón amarillo en la economía del productor fue relativamente menor, debido a que sus ingresos no dependen únicamente del sorgo; como actividad primaria se desempeñan en la siembra caña (35 %), amaranto (15 %), cacahuete (12 %), maíz (11 %), cebolla (2 %), ganadería (3 %), acuacultura (1 %); además de actividades secundarias como alfarería (10 %) y como actividades terciarias sus negocios particulares (2 %) (tiendas de abarrotes y venta de huaraches). Esto coincide con lo mencionado por la FAO (2012) quien refiere que la agricultura familiar, dicha actividad representa la principal fuente de ingresos, pero puede ser complementada con otras actividades no agrícolas como que generen ingresos. En este mismo sentido la FAO (2001) indica que el poseer fuentes de ingreso extras ayuda a menguar el efecto de las plagas en la economía del productor, no obstante, dicho efecto depende también de la propia adaptación de los productores, del replanteamiento del sistema productivo, de reservas económicas, venta o empeño de bienes.

## Índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM)

El 65.78 % de los productores con labranza tradicional presentó un grado medio en el IAPM. De igual forma, la mayor parte (85.7 %) de los productores con labranza cero poseen un grado medio en el IAPM (Figura 1.3). De acuerdo a Damián-Huato *et al.* (2011), el rendimiento es resultado de múltiples factores, entre ellos el componente tecnológico, y para que éste sea influyente, debe ser empleado adecuadamente. En ambos tipos de labranza, los productores que poseían un mayor IAPM también obtuvieron mayor rendimiento.

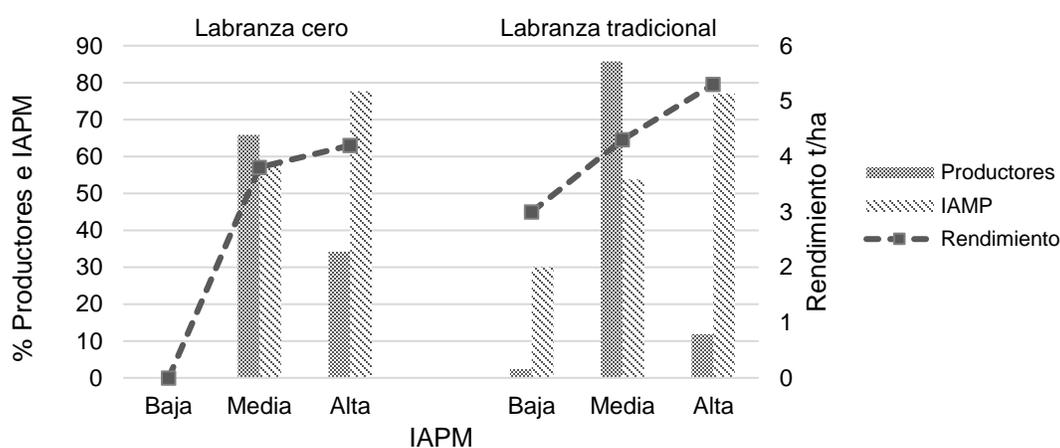


Figura 1.3. Porcentaje de productores y rendimiento respecto al IAPM obtenido en la región Suroeste de Puebla.

Fuente: Elaboración propia.

## Rentabilidad del cultivo de sorgo grano

El costo de producción con labranza tradicional para 2017 fue de \$11,520.44/ha, las labores de preparación representan el 24.21 %, insumos el 41.48 %, servicios contratados el 13.03 % y costos indirectos el 21.27 %. Con esta inversión, se obtiene un rendimiento promedio de 3.75 t/ha. Para los sistemas con labranza cero el costo fue de \$10,593.59/ha, correspondiendo el 53.37 % a insumos, 15.47 % a servicios contratados, costos indirectos de producción representan el 22.54 % y labores el 8.60 % (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3. Costo de producción de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017.

Actividad	Labranza tradicional			Labranza cero		
	Cantidad	Costo ha <sup>-1</sup>	Total (\$)	Cantidad	Costo ha <sup>-1</sup>	Total (\$)
<b>Labores</b>			<b>2789.42</b>			<b>911.76</b>
Barbecho	1	968.57	968.57			
Rastreo	1	914.28	914.28			
Siembra	1	906.57	906.57	1	911.76	911.76
<b>Insumos</b>			<b>4778.83</b>			<b>5654.02</b>
Gesaprim 90				2.5 L	182.15	455.37
Jornal				2	163.84	327.68
DEKALB	19 Kg	30.96	588.24	18.9 Kg	30.17	570.21
1 <sup>er</sup> Fertilización	Incluido en siembra		1511.03	Incluido en siembra		1214.81
2 <sup>da</sup> Fertilización			749.21			1095.36
Jornal	2	162.81	325.62	2	267.77	535.54
Imidacloprid	0.379 L	686.22	260.70	0.585	691.67	404.62
Jornal	2	159.03	318.06	2	181.71	363.42
Gesaprim 90	1.81 L	188.02	340.31	2.52	127.41	321.07
Jornal	2	162.83	325.66	2	182.97	365.94
<b>Servicios contratados</b>			<b>1501.65</b>			<b>1639.76</b>
Trilla	1	893.74	893.74	1	940.48	940.48
Flete	3.75 t	162.11	607.91	4.46	156.79	699.28
<b>Costos directos</b>			<b>9069.90</b>			<b>8205.54</b>
Aseguramiento	1	482.12	482.12	1	419.63	419.63
Financiamiento			1968.42			1968.42
<b>Costos Indirectos</b>			<b>2450.54</b>			<b>2388.05</b>
<b>Costo total de producción</b>			<b>11,520.44</b>			<b>10,593.59</b>

Fuente: Elaboración propia

Para los sistemas con labranza tradicional el beneficio-costo fue menor respecto al obtenido en labranza cero; en el primero, por cada peso invertido apenas se obtienen cuatro centavos, mientras que en el segundo a utilidad es de 33 centavos (Cuadro 1.4). Comportamiento similar en los indicadores B/C fueron reportados de 1.14 labranza tradicional y 1.40 para la labranza cero (SAGARPA, 2014). Con labranza tradicional, el costo es mayor en las labores de preparación del suelo. La viabilidad se alcanza con una relación B/C igual o superior a uno (Baca, 2013).

Cuadro 1.4. Rentabilidad del cultivo de sorgo en el Suroeste de Puebla, ciclo 2017.

	<b>Labranza tradicional</b>	<b>Labranza cero</b>
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	3.75	4.46
Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	11,520.44	10,593.59
Precio de venta (\$ t <sup>-1</sup> )	3202.63	3,179.76
Ingresos por ventas (\$ ha <sup>-1</sup> )	12,009.86	14,181.72
Ingresos netos por ha (\$ ha <sup>-1</sup> )	489.42	3588.13
Ingresos netos por t (\$ t <sup>-1</sup> )	130.51	804.51
Relación beneficio-costo	1.04	1.33

Fuente: Elaboración propia

## 1.6 Conclusión

Un menor rendimiento de sorgo en los ciclos 2014-2016 evidencia el efecto negativo del ataque de *M. sacchari*. Aunado al menor rendimiento, la tendencia en el precio de compra por tonelada fue a la baja, por lo que los ingresos obtenidos por la venta del grano fueron cada vez menores. La mayor frecuencia en las aplicaciones de insecticidas fue la principal estrategia de control implementada contra esta plaga, lo que aumentó los costos de producción. Sin embargo, el efecto negativo de *M. sacchari* en la economía de los productores fue relativamente menor debido a que son pluriactivos. El índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM) fue medio para los dos tipos de labranza evaluados, aunque a mayor IAPM, el rendimiento fue mayor. A pesar de que la labranza cero es más rentable, el cultivo de sorgo aún se considera una actividad redituable para la región Suroeste de Puebla.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor.

## 1.8 Literatura Citada

- Aguilar V. 2005. Especies invasoras: Una amenaza para la biodiversidad y el hombre. CONABIO. Biodiversitas: 7-10.
- Baca U.G. 2013. Evaluación de proyectos 7ª. Edición. Mc Graw-Hill /Interamericana editores S.A. de C.V., México. 371p
- Bowling, R.D., M.J. Brewer, D.L. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N.E. Elliott, G.D. Buntin, M.O. Way, T.A. Royer, S. Biles, and E. Maxson. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *J. Int. Pest Manage.* 7(1): 1-13.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2017. Guía 2017 para el Manejo del Pulgón Amarillo del Sorgo. SAGARPA, SENASICA. 24 p. Obtenido de:  
[http://www.pulgonamarillogo.com/exteduc/publicaciones/guia\\_MIPulgonamarillo\\_2017.pdf](http://www.pulgonamarillogo.com/exteduc/publicaciones/guia_MIPulgonamarillo_2017.pdf). ISBN: 978-607-96123-4-4
- Damián-Huato M.A.D., B. Ramírez-Valverde, A. Aragón-García, y J.F. López-Olguín. 2011. Diversificación económica, siembra de maíz y rendimientos de los productores del estado de Tlaxcala, México. *Econ. Soc. Territ.* 11 (36): 513-537.
- Damián-Huato M.A.D., A. Cruz, M. Sangerman-Jarquín, L. López, M. Carcaño, y O. Romero. 2019. Modelo productor-innovador y autosuficiencia alimentaria para milperos de secano: Propuesta de política pública sostenible. *Scripta Nova.* 19 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. No. 33. 314 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Marco estratégico de mediano plazo de cooperación de la FAO en agricultura familiar en América Latina y el Caribe. 45 p.
- Haar, P.J., G.D. Buntin, A. Jacobson, A. Pekarcik, M.O. Way, and A. Zarrabi. 2019. Evaluation of Tactics for Management of Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae) in Grain Sorghum. *Journal of Economic Entomology*, 112(6): 2719–2730.
- INIFAP-CIRNE (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro de Investigación Regional Noreste). 2015. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. *Boletín Electrónico* 1(16): 1-3.
- Oliveira, C.M., A.M. Auad, S.M. Mendes, and M.R. Frizzas. 2013. Crop losses and the economic impact of insect pest on Brazilian agriculture. *Crop Prot.* 56: 50-54.

- Rivas A.W., y J.M. Sermeño. 2004. Manual técnico: Socioeconomía del Manejo Integrado de Plagas. Universidad de El Salvador, Fac. Ciencias Agronómicas. 97 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Plan rector del sistema producto sorgo. Estado de Puebla. 49 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Estudio estratégico “Evaluación y determinación de la escala mínima rentable, de unidades productivas para emprendedores en el campo poblano”.
- SAGARPA-INIFAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Guía para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. 36 p.
- Savary, S., B. Mille, B. Rolland, and P. Lucas. 2006a. Patterns and management of crop multiple pathosystems. *Eur. J. Plant Pathol.* 115(1): 123-138.
- Savary, S., P. Teng, L. Willocquet, and F.J. Nutter. 2006b. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 44: 89-112.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. Obtenido de [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. Obtenido de [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- Singh, B. U., P.G. Padmaja, and N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera:Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Prot.* 23: 739–755. DOI: 10.1016/j.cropro.2004.01.004
- Sobrado V.M. 2005 Citado en: SAGARPA.2012. Plan rector del sistema producto sorgo. Estado de Puebla. 49 p.
- Vargas G. 2009. Producción y comercialización de sorgo grano en México y en el estado de Puebla: Caso DDR Izúcar de Matamoros. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 58 p.

## **CAPÍTULO II. TENDENCIA POBLACIONAL DE *Melanaphis sacchari* (Zehntner) Y ADULTOS DE *Chrysoperla* spp., EN SORGO GRANO [*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH] EN PUEBLA, MÉXICO.**

Carlos Serratos-Tejeda, Arturo Huerta de la Peña, José Hilario Hernández-Salgado, Juan Morales-Jiménez, Juan Antonio Villanueva-Jiménez, Agustín Aragón-García

### **2.1 Resumen**

La aplicación de insecticidas de síntesis es el principal método de control de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) en la región productora de sorgo en Puebla. Se ha documentado que estos productos tienen efectos secundarios en los enemigos naturales. Actualmente se conocen 47 especies de enemigos naturales que regulan las poblaciones de *M. sacchari*, algunos de ellos de la familia Chrysopidae. En una parcela de sorgo localizada en el municipio de Atzala, Puebla, se estudiaron las tendencias poblacionales de *M. sacchari* y de adultos de *Chrysoperla* spp., para los ciclos 2017 y 2018. Se utilizó muestreo aleatorio de 20 plantas de sorgo por parcela con una frecuencia semanal. Las variables estudiadas fueron: promedio de individuos alados, ninfas por colonia y ninfas por estadio. Para el conteo de ninfas se utilizó un cuadrante de 5 cm de lado para delimitar y fotografiar una colonia; la fotografía fue analizada posteriormente en computadora. Para el seguimiento de los adultos de *Chrysoperla* spp., se utilizó un total de 30 golpes de red en sitios aleatorios de la parcela. En ambos ciclos agrícolas, durante las primeras etapas fenológicas del sorgo, *M. sacchari* inicia la colonización del cultivo; el pico de máxima población de formas aladas y de ninfas, se registró durante la tercera etapa fenológica del cultivo; los adultos de *Chrysoperla* spp., presentaron su mayor nivel poblacional en sincronía con el de *M. sacchari*.

**Palabras clave:** *Chrysoperla carnea*, depredador, dinámica poblacional, *Melanaphis sacchari*.

### **2.2 Abstract**

The application of synthetic insecticides is the main method for the control of *Melanaphis sacchari* (Zehntner 1897) (Hemiptera: Aphidoidea) in the sorghum-producing region in Puebla. These products have been documented to have side effects on natural enemies.

Currently, 47 species of natural enemies are known that regulate the populations of *M. sacchari*, some of them form the Chrysopidae family. In a sorghum plot located in the municipality of Atzala, Puebla, population trends of *M. sacchari* and adults of *Chrysoperla* spp., were studied, for the 2017 and 2018 cycles. Random sampling of 20 sorghum plants with a weekly frequency. The variables studied were: average of winged individuals, nymphs per colony and nymphs per stage. For the nymph count, a 5 cm quadrant was used to delimit a photograph a colony; the photograph was later analyzed by computer. For the monitoring of the adults of *Chrysoperla* spp., a total of 30 network blows at random sites in the plot were used. In both agricultural cycles, during the first phenological stages of sorghum, *M. sacchari* initiates colonization of the crop; the peak of maximum population of winged forms and nymph was recorded during the third phenological stage of cultivation; the adults of *Chrysoperla* spp., presented its highest population level in synchrony with that of *M. sacchari*.

**Keywords:** *Chrysoperla carnea*, depredador, dinámica poblacional, *Melanaphis sacchari*.

### 2.3 Introducción

En el estado de Puebla, la región de Izúcar de Matamoros ocupa el primer lugar en la producción de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)), la superficie cultivada es de 24,260 ha en condiciones de temporal, lo que supone el 90 % de la superficie dedicada a este cultivo bajo esta modalidad, con un rendimiento promedio de 2.9 t de grano por hectárea (SIAP, 2016). En la actualidad el sorgo es uno de los cultivos de mayor importancia en esta región (Vargas, 2009). Este cultivo, es afectado por diversas plagas; no obstante, es al pulgón amarillo [*Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphidoidea)] al que se le dedican más esfuerzos de control (CESAVEG, 2011; INIFAP-CIRNE, 2015).

*M. sacchari*, es una especie de origen asiático (Salas-Araiza *et al.*, 2017), el primer registro de este áfido en México ocurrió en el estado de Tamaulipas durante el ciclo agrícola 2013. Actualmente se encuentra presente en todos los estados de la República Mexicana donde se siembra sorgo (INIFAP-CIRNE, 2015).

En términos de control biológico, una de las principales recomendaciones para llevar a cabo el control del pulgón amarillo es la liberación en campo de crisópidos (SENASICA, 2014; SAGARPA, 2017).

El comportamiento poblacional de los áfidos, puede verse influenciado por factores climáticos, la comprensión de cómo influyen estos, en las poblaciones del insecto plaga como de sus enemigos naturales se consideran elementos básicos para el desarrollo de planes de manejo, que permitan la programación oportuna de medidas de control con el fin de minimizar las pérdidas económicas (Barrios-Díaz *et al.*, 2004; Nault *et al.*, 2004; Murúa *et al.*, 2006; Salas-Araiza *et al.*, 2017).

Actualmente en la región productora de sorgo del estado de Puebla no existen estudios relacionados con la tendencia poblacional de *M. sacchari*, los factores que regulan la regulan y su relación con sus enemigos naturales. El objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento poblacional de *M. sacchari* y de adultos de *Chrysoperla* spp en el cultivo de sorgo.

## **2.4 Materiales y Métodos**

### **Localización del experimento**

El estudio se realizó durante los ciclos agrícolas 2017 y 2018 en parcelas de sorgo localizadas en el municipio de Atzala. Para el primer año, la parcela seleccionada se ubicó en las coordenadas 18°33'18.81" LN y 98°34'02.72" LO; para el segundo ciclo agrícola la parcela se ubicó en las coordenadas 18°33'30.43" LN y 98°34'02.72" LO. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, el rango de temperatura va de 24-26°C y el de precipitación de 800-1000 mm (INEGI, 2009).

### **Parcelas de estudio**

Los muestreos se realizaron en parcelas de sorgo establecidas de manera comercial por agricultores locales. Las fechas de siembra corresponden al 3 de Julio para el ciclo agrícola 2017 y 20 de Julio para el ciclo agrícola 2018, las variedades sembradas fueron "DKS43" y "AK601" respectivamente. Las labores de cultivo fueron: barbecho, rastreo, surcado y fertilización. A los 37, 61 y 72 DDS para el ciclo agrícola 2017 y a los 66 DDS

para el ciclo 2018, se realizaron aplicaciones del insecticida imidacloprid para el control de *M. sacchari* empleando una dosis de 0.35 g L<sup>-1</sup>. No se llevaron a cabo liberaciones de crisópidos en ambos ciclos de estudio. El manejo del cultivo fue realizado por el agricultor sin nuestra intervención.

### **Tendencia poblacional de *Melanaphis sacchari* (Zehntner)**

A partir de la emergencia de las plántulas de sorgo 10 días después de la siembra (DDS), se realizaron muestreos semanales, en cada uno de ellos, se seleccionaron de forma aleatoria 20 plantas de sorgo, cada planta se consideró una unidad de muestreo. Las variables estudiadas fueron: promedio de individuos alados, ninfas por colonia y por estadio ninfal. Para el conteo de ninfas, se utilizó un cuadrante de papel de 5 cm de lado, el cual fue colocado sobre las hojas de sorgo para delimitar una colonia, este cuadrante fue fotografiado y analizado posteriormente en computadora.

### **Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp.**

Para determinar la tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp, se realizaron colectas mediante una red entomológica, con un total de 30 golpes de red en diferentes sitios de la parcela determinados de forma aleatoria. Los adultos colectados se colocaron en un recipiente de plástico con alcohol al 70 %, para efectuar posteriormente su conteo.

## **2.5 Resultados**

### **Tendencia poblacional de *Melanaphis sacchari***

#### **Individuos alados**

Durante el ciclo agrícola 2017 la primera observación se registró a los 43 días posteriores a la fecha de siembra (DDS), el pico de máxima población se observó en los muestreos realizados a los 58 y 74 DDS con un promedio de 12 y 11 individuos respectivamente. En la parcela se realizaron aplicaciones de Imidacloprid para el control de *M. sacchari* a los 37, 61 y 72 DDS (Figura 2.1).

Para el ciclo agrícola 2018, el mayor número de individuos alados registrados correspondieron al muestreo realizado a los 45 DDS con un promedio de nueve

individuos. En la parcela el productor realizó la aplicación de Imidacloprid para el control de *M. sacchari*, la cual no se hizo de manera oportuna puesto que se aplicó a los 66 DDS, cuando el pico de máxima población ya había pasado (Figura 2.2).

En ambos casos, el primer registro de pulgones alados ocurrió en la primera quincena del mes de agosto, no obstante, en el ciclo agrícola 2017 esto ocurrió mientras la planta se encontraba en la tercera etapa fenológica del sorgo (de diferenciación del punto de crecimiento) mientras que para el ciclo 2018 los individuos se observaron en el período intermedio entre la primera y segunda etapa fenológica (etapa de 3 hojas y etapa de cinco hojas respectivamente).

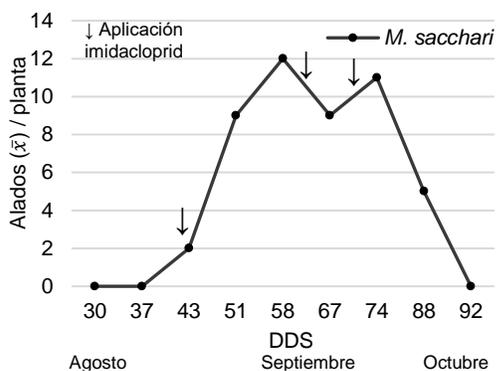


Figura 2.1. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla.

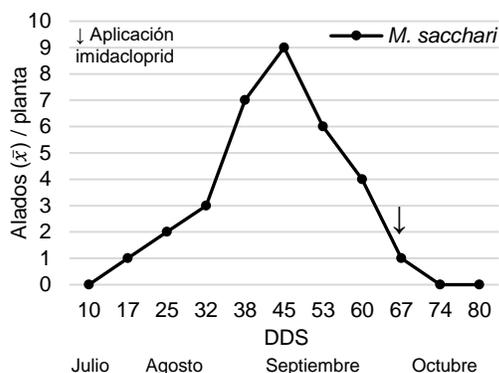


Figura 2.2. Comportamiento poblacional de alados de *Melanaphis sacchari* en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla.

### Ninfas por colonia

Durante el ciclo agrícola 2017, a los 30 DDS se registró un promedio de 42 ninfas por colonia, a partir de esta fecha, durante la etapa fenológica de diferenciación del punto de crecimiento, se observó un incremento en el promedio de individuos por colonia hasta alcanzar el pico de máxima población de 151 ninfas trascurridos 51 DDS, posteriormente la población disminuyó considerablemente, lo cual coincide con la etapa fenológica de aparición de la hoja bandera (74 DDS). En esta parcela se realizaron aplicaciones del insecticida Imidacloprid para el control de *M. sacchari* a los 37, 61 y 72 DDS (Figura 2.3).

Para el ciclo agrícola 2018, 17 DDS se registró un promedio de 7 ninfas por colonia. El pico de máxima ocurrencia se observó a los 53 DDS con un promedio de 88

individuos por colonia. De igual forma a lo observado durante el primer ciclo en esta localidad, la población de áfidos se incrementa durante la etapa de diferenciación del punto de crecimiento, y disminuye a partir de la etapa fenológica de hoja bandera. (Figura 2.4).

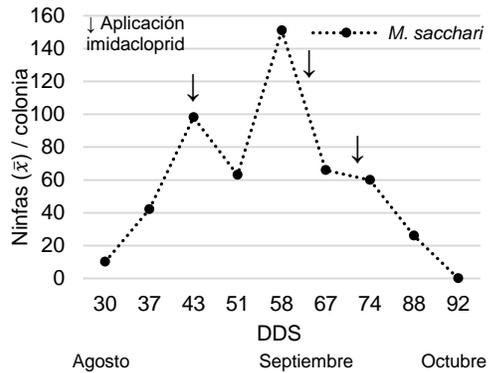


Figura 2.3. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2017.

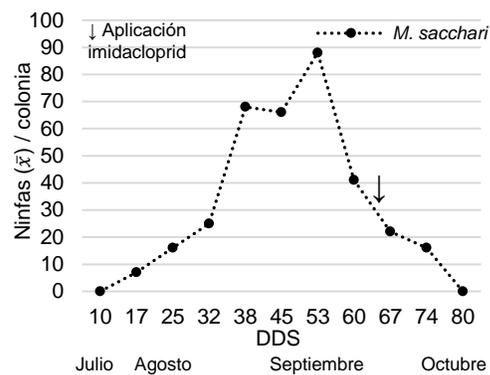


Figura 2.4. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por colonia en el ciclo agrícola 2018.

### Estadios ninfales

Durante el ciclo agrícola 2017, el mayor promedio de individuos para el primer estadio ninfal se registró a los 43 DDS, con un promedio de 48 ninfas, seguido del observado a los 58 días con 31 individuos. El segundo y tercer estadio ninfal mostraron su mayor promedio a los 58 días con 50 y 40 individuos respectivamente. En el caso del cuarto estadio ninfal se registró el mayor promedio de pulgones en los muestreos realizados a los 58 y 67 DDS con un promedio de 18 y 13 individuos respectivamente. Se observa que el promedio de individuos de los estadios ninfales toma forma de “dientes de sierra” lo cual indica que hay una gran fluctuación en la población (Figura 2.5).

Para el ciclo agrícola 2018 se registró la presencia del primer estadio ninfal tras 17 DDS con un promedio de 1 individuo, un periodo de tiempo menor al observado en el ciclo agrícola 2017. El segundo estadio ninfal presentó un mayor promedio de individuos tras 60 DDS con un promedio de 29 ninfas, de igual forma el tercer y cuarto estadio presentaron su promedio máximo en esta misma fecha de muestreo con un promedio de 17 y 10 individuos respectivamente (Figura 2.6).

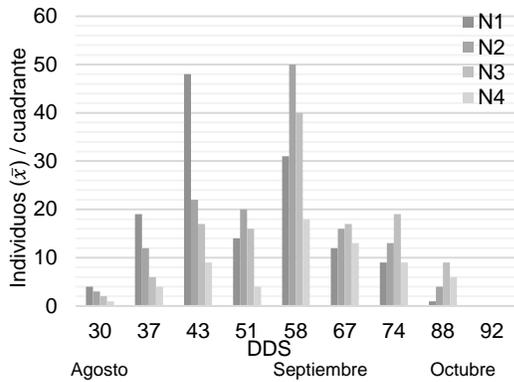


Figura 2.5. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2017 en Atzala, Puebla.

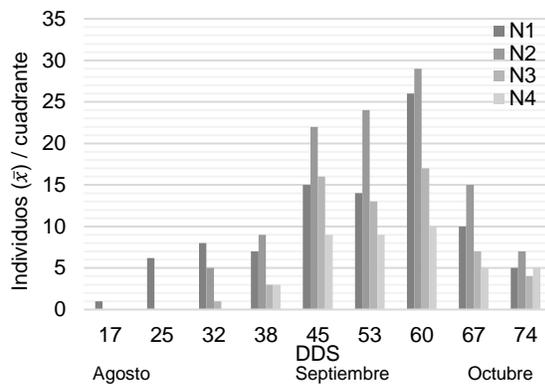


Figura 2.6. Promedio de ninfas de *Melanaphis sacchari* por estadio en el ciclo agrícola 2018 en Atzala, Puebla.

### Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp.

En el ciclo agrícola 2017, la mayor cantidad de adultos colectados en 30 golpes de red se registró en dos momentos a los 58 y 74 DDS con un promedio de 31 y 16 individuos respectivamente (Figura 2.7).

En el ciclo agrícola 2018 los muestreos realizados a los 38 y 45 DDS, fueron aquellos en donde se colectaron más adultos, en promedio de 33 y 27 individuos respectivamente (Figura 2.8).

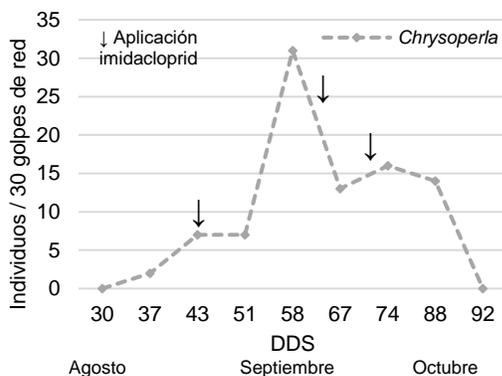


Figura 2.7. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2017.

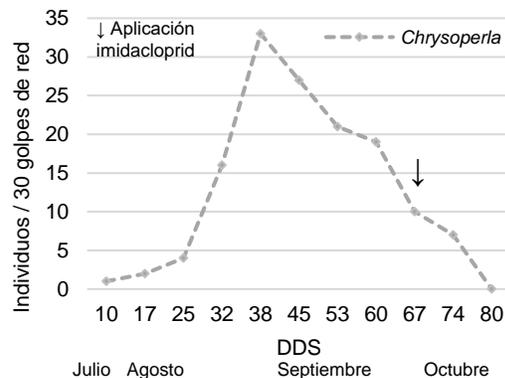


Figura 2.8. Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp en el ciclo agrícola 2018.

## 2.6 Discusión

### Tendencia poblacional de *Melanaphis sacchari*

#### Individuos alados

De acuerdo a Álvarez-Álvarez *et al.* (2004) el vuelo de los pulgones se ve fuertemente influenciado por los factores meteorológicos, en relación a la temperatura los áfidos responden a un umbral mínimo, por debajo del cual no son capaces de volar: este se sitúa entre 10 y 15°C, y el umbral máximo entorno a los 30 °C; otro de los factores que ejerce una gran influencia en el vuelo de los áfidos es la precipitación, si las lluvias son fuertes y abundantes los pulgones no son capaces de mantener un vuelo activo. Las temperaturas mínimas y máximas registradas en la base de datos climatológicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2018) en ambos ciclos agrícolas para la zona de estudio se encuentran dentro de los umbrales que permiten el desarrollo del vuelo del pulgón amarillo.

Otro de los factores que se encuentran relacionado al comportamiento de las poblaciones de áfidos es la precipitación, de acuerdo a Seco-Fernández (1990) durante la época seca o menos lluviosa, es posible registrar una mayor captura de áfidos alados en trampas de tipo Moericke. En el presente estudio se registró la presencia de alados de *M. sacchari* en los distintos muestreos aun en los periodos de lluvia señalados por el SMN (2018) en ambos ciclos agrícolas para la zona de estudio; hecho que concuerda con lo reportado por Meneses y Amador (1990); Álvarez-Álvarez *et al.* (2004) quienes mencionan que existe cierta tendencia de los pulgones a volar aun en condiciones poco favorables.

En general se considera que son múltiples los factores que estimulan el desarrollo de formas aladas en los áfidos (Ciss *et al.*, 2013), incluyendo cambios estacionales como el termoperiodo y el fotoperiodo (Harrison, 1980). En las parcelas en estudio en ambos ciclos agrícolas se observó que el mayor número de individuos alados registrados coincidió con aquellos muestreos donde se contabilizó el mayor número de ninfas por cuadrantes. Es posible que el desarrollo de formas aladas de *M. sacchari* se inicie en respuesta al hacinamiento (Lees, 1967; Sutherland, 1969; Harrison, 1980) y al deterioro

de las condiciones de la planta hospedera, a fin de que las siguientes generaciones puedan dispersarse a nuevas hospederas (Pekarcik, 2016).

### **Ninfas por colonia**

Estudios de los niveles de infestación de *M. sacchari* como el de Silva-Martínez *et al.* (2015), registraron valores máximos de 444 y 774 pulgones por hoja de sorgo, en la presente investigación, el máximo número de individuos observados es menor en las dos parcelas de estudio, se contabilizaron 151 ninfas por cuadrante de 25 cm<sup>2</sup> para el ciclo agrícola 2017 y 88 individuos para el ciclo agrícola 2018, no obstante, los conteos efectuados en el presente estudio correspondieron a una superficie parcial y no a la totalidad de la hoja.

El umbral económico determinado para el pulgón amarillo es del 20 % de plantas infestadas y 50 pulgones por hoja de sorgo, a este nivel de infestación se recomienda iniciar con las acciones de control (INIFAP, 2014; Bowling *et al.*, 2015; Quijano *et al.*, 2017), dicho umbral se superó en los muestreos realizados en los meses de agosto y septiembre en los dos ciclos agrícolas en estudio. Bowling *et al.* (2016) también señalan que la presencia de poblaciones mayores a 250 ninfas por hoja bajo condiciones cálidas y secas puede producir pérdidas económicas de entre 62 y 432 dólares por hectárea.

Lama *et al.* (2019) indican que durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo de sorgo las poblaciones de pulgón se incrementan con mayor rapidez. Esto concuerda con lo observado en los dos ciclos agrícolas en estudio, ya que las poblaciones de *M. sacchari* comienzan a incrementarse en la tercera etapa fenológica del cultivo (punto de diferenciación de crecimiento) aproximadamente 30 DDS, debido a ello, debe considerarse que a partir de esta etapa deben aplicarse medidas de control y no previamente, puesto que los tratamientos insecticidas aplicados a las semillas son capaces de proteger las plantas hasta la segunda etapa fenológica del cultivo o etapa de 5 hojas (Szczepaniec, 2018) y las poblaciones del pulgón amarillo registradas en ambos ciclos se encontraban por debajo del umbral económico.

### ***Melanaphis sacchari* estadios ninfales**

Rensburg (1973) señala que la variable meteorológica de mayor efecto en la tasa de desarrollo de *M. sacchari* es la temperatura. De acuerdo a Setokuchi (1973), el periodo de desarrollo del primer al cuarto estadio de *M. sacchari* es muy corto, el mismo autor sugiere que a una temperatura de 15°C dicho periodo tiene una duración de 10.9 días, a 20°C 7.3, a 25°C 5.2 y 30°C 3.5 días, la temperatura óptima para la reproducción esta entre 20 y 25°C, por lo que considera que la temperatura registrada por el SMN (2018) en ambas parcelas de estudio facilita la reproducción de este áfido.

### **Tendencia poblacional de adultos de *Chrysoperla* spp.**

Para los ciclos agrícola 2017 y 2018 se registró un máximo de 31 y 33 individuos respectivamente. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que existe una sincronía en el comportamiento de las poblaciones tanto del depredador como de la presa, puesto que la mayor cantidad de crisópidos capturados, coincidió en los dos ciclos con el pico de máxima población del pulgón amarillo, y una vez que las poblaciones de pulgón descienden en la etapa fenológica de hoja bandera, se registró un menor número de crisópidos capturados.

Contrario a lo reportado por Colares *et al.* (2015); Vásquez-Navarro *et al.* (2016), quienes sugieren que los enemigos naturales presentan un mayor efecto en la regulación de las poblaciones de *M. sacchari* a principios del ciclo agrícola, debido al gradual crecimiento de la población de este insecto plaga en relación a su posterior desarrollo exponencial a finales del ciclo. En el presente estudio, pese a que no se dio seguimiento a la etapa larvaria de los crisópidos. La presencia de adultos de *Chrysoperla* spp, desde las primeras etapas fenológicas del sorgo, es información de importancia ya que podría ser de utilidad para tomar decisiones para liberaciones de huevos de *Chrysoperla* spp en esta región.

### **2.7 Conclusión**

En ambos ciclos agrícolas se observó que es durante las primeras etapas fenológicas de las plantas de sorgo, en la primera quincena de agosto que *Melanaphis sacchari* inicia la colonización del cultivo. El pico de máxima población tanto de formas aladas como de ninfas se registró durante la tercera etapa fenológica del cultivo o etapa de diferenciación

del punto de crecimiento. La población de adultos de *Chrysoperla* spp, presentó sincronía con el pico de máxima población del pulgón amarillo en ambos ciclos agrícolas.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de doctorado. Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento a esta investigación y a los agricultores por facilitar sus parcelas.

## 2.8 Literatura Citada

- Álvarez- Álvarez A., I. Feito, y M.V. Seco-Fernández. 2004. Dinámica de vuelo de los áfidos (Homoptera:Aphididae) plaga de la judía de Asturias (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con las condiciones ambientales. Bol. San. Veg. Plagas. 30: 533-546.
- Barrios-Díaz B., R. Alatorre-Rosas, H.G. Calyecac-Cortero, y N. Bautista-Martínez. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. Agrociencia, 38: 239-248.
- Bowling, R., M.J. Brewer, and S. Biles. 2015. The sugarcane aphid: a review and scouting recommendations. Texas A&M agrilife extension. Cirous Christi, Texas, 12 p.
- Bowling, R.D., M.J. Brewer, D.L. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N.E. Elliott, G.D. Buntin, M.O. Way, T.A. Royer, S. Biles, and E. Maxson. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. J. Int. Pest Manage. 7(1): 1-13.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2011. Manual de plagas y enfermedades del sorgo. SAGARPA, SENASICA. 20 p.
- Ciss, M., A. Parisey, C.A. Dedryver, and J.S. Pierre. 2013. Understanding flying insect dispersion: Multiscale analyses of fragmented landscapes. Ecol. Inform. 14: 59-63.
- Colares, F., J.P. Michaud, C.L. Bain, and J.B. Torres. 2015. Recruitment of aphidophagous arthropods to sorghum plants infested with *Melanaphis sacchari* and *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). Biological Control. 90: 16-24.
- Harrison, R.G. 1980. Dispersal polymorphism in insects. Annu. Rev. Ecol. Syst. 11: 95-118.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Atzala, Puebla. 9p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Sorgo, sanidad vegetal, insecticidas. Programa de investigación: sanidad forestal y agrícola 2p.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2017. Tecnología de producción de sorgo dulce (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en Guanajuato. 32 p.
- INIFAP-CIRNE (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro de Investigación Regional Noreste). 2015. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. Boletín electrónico, Año 1, No. 16. 3p.
- Lama, L., B.E. Wilson, J.A. Davis, and T.E. Reagan. 2019. Influence of sorghum cultivar, phenological stage, and fertilization on development and reproduction of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). Florida Entomologist. 102(1): 194-201.
- Lees, A. D. 1967. The production of the apterous and alate forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton, with special reference to the role of crowding. J. Insect Physiol. 13: 289-318.
- Maya V. y L.A. Rodríguez del Bosque. 2014. Pulgón amarillo: Una nueva plaga del sorgo en Tamaulipas. Centro de Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Río Bravo. Desplegable para productores. 2p.
- Meneses R., y R. Amador. 1990. Los áfidos alados de la papa y su fluctuación poblacional en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas, 15:35-44.
- Murúa, G., J. Molina-Ochoa, and C. Covelia. 2006. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in Northwestern Argentina. Florida Entomologist, 89(2): 175–182.
- Nault, B.A., D.A. Shah, H.R. Dillar, and A.C. McFaul. 2004. Seasonal and spatial dynamics of alate dispersal in snap vean fields in proximity to alfalfa and implications for virus management. Environmental Entomology. 33: 1531-1601.
- Pekarcik, J.A. 2016. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), a new pest of sorghum, *Sorghum bicolor* (L.), in Alabama. Faculty of Auburn University. 117 p.
- Quijano J.A.C., V.Q. Pecina, R.M. Bujanos, A.J. Marín, y R.L. Yañes. 2017. Guía para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Comité técnico del pulgón Amarillo del sorgo en Guanajuato. Folleto para productores no. 1. 36 p.
- Rensburg, N.J.V. 1973. Notes on the occurrence and biology of the sorghum aphid in South Africa. Journal of the Entomological Society of Southern Africa, 36(92): 293-298.
- Robert, Y., E. Turpeau, et S. Tanguy. 1988. Complementante des pièges à succion et des pièges jaunes. Aphid migration and forecasting "Euraphid" systems in european community countries. R. Cavalloro. 103-111.

- Rodríguez-Palomera M., J. Cambero-Campos, G. Luna-Esquivel, O. Estrada-Virgen, A.N. De Dios, y A.C. Cambero. 2016. Coccinélidos depredadores del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Hemiptera:Aphididae) en Nayarit, México. *Entomología Agrícola*. 3: 360-364.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Comité Técnico del Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. 42 p.
- Salas-Araiza M.D., O.A. Martínez-Jaime, R. Guzmán-Mendoza, J. Guzmán-González, E. Salazar-Solís, y D. Sanzón-Gómez. 2017. Fluctuación poblacional del pulgón amarillo de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae) en Irapuato, Guanajuato. *Entomología agrícola*. 4: 295-299.
- Szczepaniec, 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.
- Seco-Fernández M.V. 1990. Estudio comparado de la población aérea de pulgones capturados en León mediante trampas de succión y de Moericke. *Secr. Publ. Univ. León*. Universidad de León, 1989.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Ficha técnica No. 43. Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica, no 43, 15 p.
- Setokuchi, O, 1973. Ecology of *Longiunguis sacchari* (Zehentner) (Aphididae) infesting sorghums. I. Nymphal period and fecundity of apterous viviparous female. *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu*, 19:95-97
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultada en línea noviembre 2016: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)
- Silva-Martínez C., C.U. Nava, J.L. García-Rodríguez, y V. Ávila-Rodríguez. 2015. Niveles de infestación del pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Homóptera: Aphididae) en zacate Johnson y sorgo forrajero, en la Comarca Lagunera. Pp. 898-903. En: Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2018. Base de datos climatológicos. Consultada en línea: noviembre 2018: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Sutherland, O.R.W. 1969. The role of the host plant in the production of winged forms by two strains of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *J. Insect Physiol.* 15: 2179-2201.

Vargas G. 2009. Producción y comercialización de sorgo grano en México y en el estado de Puebla: Caso DDR Izúcar de Matamoros. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 58 p.

Vásquez-Navarro J.M., J.C. Carrillo-Aguilera, y B.A. Cisneros-Flores. 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 agrícola. 3: 395-400.

## CAPITULO III. TOXICIDAD DE EXTRACTOS DE *Argemone Mexicana* E IMIDACLOPRID SOBRE *Chrysoperla carnea*

Carlos Serratos-Tejeda, Arturo Huerta-de la Peña, Juan A. Villanueva-Jiménez, Agustín Aragón-García

### 3.1 Resumen

*Melanaphis sacchari* (Zenhtner) ocasiona pérdidas económicas de importancia en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Para su control se utiliza ampliamente el insecticida imidacloprid, con liberaciones complementarias del depredador *Chrysoperla carnea* (Stephens). Este insecticida no es selectivo al depredador, por lo que es necesario encontrar insecticidas botánicos que permitan la acción de la crisopa. El objetivo de esta investigación fue evaluar la toxicidad de los extractos acuoso y oleoso de *Argemone mexicana* L. sobre *C. carnea* y contrastarlo con la de imidacloprid. La concentración de los extractos fue de 30 g de materia seca por litro de agua. Para imidacloprid se usó la dosis recomendada para el control del pulgón amarillo ( $0.35 \text{ g L}^{-1}$ ). Se evaluó la mortalidad y el efecto de los tratamientos en el desarrollo del insecto mediante los siguientes métodos de exposición al tóxico: a) tópico en larvas b) inmersión de huevos, c) huevos de *Sitotroga cerealella* tratados, y d) ingestión líquida en adultos. Los resultados se clasificaron de acuerdo a los niveles de toxicidad propuestos por la Organización Internacional de Control Biológico. Los extractos acuoso y oleoso se ubicaron en el nivel más bajo de toxicidad (1), a *C. carnea*, excepto para la nula eclosión de huevecillos tratados con el extracto oleoso; mientras que imidacloprid se clasificó en el nivel más alto (4), cuando fue utilizado en aplicación tópica, en ingerido por adultos; sin embargo, se clasificó en el nivel 2 cuando los huevos de *S. cerealella* tratados fueron ingeridos por las larvas. En general, los extractos de *A. mexicana* podrían utilizarse como insecticidas selectivos, mientras que las aspersiones de imidacloprid no pueden considerarse seguras para este depredador.

**Palabras clave:** control biológico, efectos secundarios, insecticidas botánicos, mortalidad, toxicidad.

### 3.2 Abstract

*Melanaphis sacchari* (Zehntner) has caused significant economic losses in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Imidacloprid is an insecticide widely used for its control, with complementary releases of the predator *Chrysoperla carnea* (Stephens). This insecticide is not selective to the predator, being necessary to find botanical insecticides allowing the predatory to work. The objective of this investigation was to evaluate the toxicity of *Argemone mexicana* L. aqueous and oily extracts on *C. carnea*, in contrast to imidacloprid. Botanical extracts concentrations were based on 30 g of dry matter per 1 liter of water. The recommended dose for yellow aphid control ( $0.35 \text{ g L}^{-1}$ ) was used for imidacloprid. The effect of treatments on mortality and insect development were evaluated using the following exposure methods: a) topical in larvae, b) egg dipping, c) treated *Sitotroga cerealella* eggs and d) liquid ingestion in adults. Results were classified according to the toxicity levels proposed by the International Organization for Biological Control. The aqueous and oily extracts were placed at the lowest level of toxicity (1) to *C. carnea*, while imidacloprid was classified in the highest level (4), when applied in topically, and by ingested by adults; however, it was classified as level 2 when treated *S. cerealella* eggs were ingested by the larvae. In general, the aqueous extract of *A. mexicana* might be used as selective insecticides meanwhile imidacloprid sprays may not be considered safe for this predator.

**Key words:** biological control, botanical insecticides, mortality, selectivity, side effects.

### 3.3 Introducción

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los principales cultivos en Puebla, México; sus granos son la materia prima de la industria generadora de alimentos balanceados (SAGARPA 2012). Diversas plagas afectan al sorgo a nivel nacional; sin embargo, al pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* (Zehntner) se le dedican los mayores esfuerzos de control (CESAVEG 2011, INIFAP-CIRNE 2015). Uno de los principales insecticidas utilizados para el control este áfido es el imidacloprid (SAGARPA-SENASICA 2014).

Como medida de control alternativa, se realizan liberaciones de *Chrysoperla carnea* (Stephens), un insecto benéfico, polífago y cosmopolita, frecuentemente encontrado en sistemas agrícolas, considerado uno de los depredadores de mayor importancia de este insecto (Sattar *et al.*, 2011, Golmohammadi y Hejazi 2014, INIFAP 2014, Rodríguez-del-Bosque y Terán 2015, Delgado-Ramírez *et al.*, 2016). Nasreen *et al.* (2005) han señalado que a menudo la aplicación de insecticidas químicos de origen sintético tiende a reducir las poblaciones de crisopas en los sistemas agrícolas. No obstante, tanto la aplicación de imidacloprid como la liberación de crisopas representan las principales recomendaciones de SAGARPA (2017) para el control de *M. sacchari* en México.

En algunos casos, liberar agentes de control biológico en grandes cantidades no es suficiente para desarrollar un manejo sostenible, por lo que es necesario integrar otras tácticas de manejo (Cock 1994). Una alternativa al uso de plaguicidas sintéticos, son los insecticidas de origen botánico, los cuales son eficaces contra insectos plaga. Incluso varios tienen un impacto reducido en la fauna benéfica y carecen de restricciones toxicológicas (Iannacone y Alvariño 2003). *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae), es una planta herbácea anual, distribuida en los trópicos de todos los continentes, la cual es utilizada por sus propiedades medicinales, y larvicidas entre otras (Brahmachari *et al.*, 2010, Jaliwala *et al.*, 2011, Sakthivadivel *et al.*, 2012, Saranya *et al.*, 2012). La presencia de alcaloides presentes en toda la planta (Sharma *et al.*, 2010), podría explicar las propiedades tóxicas a insectos. Los extractos a base de *A. mexicana* han mostrado efecto insecticida sobre adultos y ninfas de *Bemisia tabaci* (Martínez-Tomás *et al.*, 2015) y larvas de *Aedes aegypti* (Sakthivadivel y Thilagavathy 2003, Willcox *et al.*, 2007, Warikoo y Kumar 2013) así como su efecto larvicida e inhibidor del desarrollo en *Culex quinquefasciatus* (Sakthivadivel *et al.*, 2012, Granados-Echegoyen *et al.* 2016), y antialimentario en *Sphenarium purpurascens* (Aragón-García *et al.*, 2019).

Sin embargo, se deben conocer los efectos de los plaguicidas sintéticos y de origen vegetal, sobre la fauna benéfica, lo cual permitirá implementar estrategias de integradas de manejo de plagas (Iannacone y Lamas 2002, Desneux *et al.*, 2006). En ese contexto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la toxicidad de los extractos

acuoso y oleoso de *A. mexicana* sobre diferentes estadios de *C. carnea* en condiciones de laboratorio y contrastarla con la toxicidad de imidacloprid.

### **3.4 Material y Métodos**

#### **Material biológico**

Los diferentes estadios de desarrollo de *C. carnea* se obtuvieron de la cría mantenida en el Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. El alimento suministrado a las larvas consistió en huevos de *Sitotroga cerealella* (Olivier) *ad libitum*. Los adultos de *C. carnea* se alimentaron con dieta artificial propuesta por Vogt *et al.* (2000) la cual contiene 15 mL de leche condensada, 1 huevo, 30 g de miel, 20 g de fructuosa, 50 g de germen de trigo, 30 g de levadura de cerveza y 45 mL de agua destilada. Además, se les ofreció agua destilada en un vaso de precipitado de 10 mL y se le colocó una torunda de algodón en la superficie, a fin de evitar el ahogamiento de los individuos. Los insectos se mantuvieron en una cámara bioclimática a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C, humedad relativa de  $70 \pm 10$  % y fotoperiodo de 12 h de luz/oscuridad.

#### **Tratamientos**

Se colectaron plantas completas de *A. mexicana*, se secaron a la sombra y se trituraron finamente. Para obtener el extracto acuoso se mezclaron 30 g de materia seca triturada en 1 L de agua; la mezcla se dejó reposar durante 24 h. Se siguió el mismo procedimiento para obtener el extracto oleoso, pero se utilizó aceite vegetal comestible en lugar del agua. Esta concentración de *A. mexicana* se ha recomendado para el control de plagas en el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) (Aragón-García *et al.*, 2012).

Un tercer tratamiento fue a base de imidacloprid (Dinastía 350 SC®, 350 g i. a. L<sup>-1</sup>). Se utilizó la concentración de campo recomendada por SAGARPA (2017) para el control de *M. sacchari* en el cultivo de sorgo (200 mL ha<sup>-1</sup> aplicado en 200 L de agua; es decir 0.35 g L<sup>-1</sup> ó 0.0302, o con base en la densidad del ingrediente activo). En cada uno de los bioensayos se incluyó un testigo con aplicación de agua destilada.

#### **Métodos de aplicación**

### **Aplicación tópica**

En el dorso de cada larva de tercer estadio (L<sub>3</sub>) se aplicaron 0.5 µL del tratamiento correspondiente con una micropipeta manual Eppendorf Research®. A fin de evitar el canibalismo, las larvas se individualizaron en cajas de plástico de 3 cm de diámetro y 1 cm de altura, cuyas tapas presentaban un orificio de 1 cm de diámetro, sellado con cinta Micropore® para fines de ventilación. Cada tratamiento constó 10 larvas, con cuatro repeticiones. La mortalidad se registró a las 48 y 72 h posteriores a la aplicación de los tratamientos; se observó ausencia de movimiento corporal de las larvas al ser estimuladas con un alfiler entomológico durante 15 s (Iannacone y Lamas 2003). Así mismo, se cuantificó el porcentaje de larvas tratadas que puparon y posteriormente el número de adultos que emergieron.

### **Inmersión de huevos en tratamientos**

Se utilizaron huevos de *C. carnea* de 24 h de edad, ovipositados en una gasa de tela; la gasa se recortó en segmentos que contenían 60 huevos, posteriormente cada segmento se sumergió durante 10 s en 30 mL del tratamiento a evaluar, contenido en una caja Petri de cristal (90 mm de diámetro) (Senior *et al.*, 1998). Posteriormente, las gasas con los huevos se colocaron sobre papel absorbente durante 10 min para retirar el exceso de la solución y facilitar el secado a temperatura ambiente. Una vez secas las gasas con los huevos de *C. carnea*, se colocaron en cajas de Petri y se mantuvieron en las mismas condiciones de la cámara bioclimática. Cada segmento de gasa de tela se consideró una de cuatro repeticiones. Se registró el porcentaje de eclosión de larvas a las 48, 72 y 96 h posteriores a la aplicación de los tratamientos. Para evaluar el efecto subletal, se registró el porcentaje de emergencia de adultos.

### **Ingestión en larvas**

Los huevos de *S. cerealella* utilizados en esta prueba se obtuvieron de una cría del insecto mantenida en laboratorio; se colocaron 3 g de este material en una malla de tela fina, y se sumergieron durante 10 s en 30 mL de los tratamientos a evaluar. Los huevos tratados se secaron sobre papel filtro y posteriormente se ofrecieron como alimento a larvas recién emergidas de *C. carnea* hasta su pupación; a fin de evitar la degradación

de los principios activos de los extractos, el alimento tratado se reemplazó cada 48 h. Con el propósito de impedir el canibalismo, las larvas se individualizaron en cajas de plástico de 3 cm de diámetro y 1 cm de altura. Los tratamientos constaron de 15 larvas de primer estadio (L<sub>1</sub>) de *C. carnea*, con cinco repeticiones. Las cajas de plástico se revisaron cada 48 h para registrar la mortalidad obtenida en cada estadio.

### **Ingestión en adultos de *Chrysoperla carnea***

Parejas de adultos de menos de 24 h de edad, fueron colocadas en contenedores plásticos de 7.5 cm de altura y 11.5 cm de diámetro, cuya tapa presentaba una abertura de 10 cm de diámetro cubierta con malla de tela. La concentración de los tratamientos fue de 30 g L<sup>-1</sup> de agua para los extractos de *A. mexicana* y de 0.35 g L<sup>-1</sup> para imidacloprid. Los bebederos, para adultos consistieron de recipientes plásticos de 20 ml de capacidad con un segmento de tela esponjosa al centro de la tapa, a través del cual subían los tratamientos subían por capilaridad. Además, se les suministró la dieta artificial de adultos propuesta por Vogt *et al.* (2000), la cual se colocó por medio de una espátula en el lateral de los contenedores. Cada contenedor de plástico con una pareja de individuos se consideró una repetición y cada tratamiento constó de ocho repeticiones. Se evaluó la mortalidad a las 24, 48 y 72 h de haberse iniciado el ensayo.

Se clasificó la toxicidad de los tratamientos sobre *C. carnea* de acuerdo a la recomendación de la Organización Internacional de Control Biológico [International Organization for Biological Control, West Palearctic Regional Section. (IOBC/WPRS) (Hassan 1989)]. El tratamiento se consideró inocuo (toxicidad clase 1) si causaba menos del 30 % de mortalidad; ligeramente nocivo (toxicidad clase 2) al causar 30 a 70 % de mortalidad; moderadamente nocivo (toxicidad clase 3) con 80 a 99 % de mortalidad y tóxico (toxicidad clase 4) al ocasionar más del 99 % de mortalidad.

### **Análisis estadístico**

Se realizaron análisis de varianza de una vía con la separación de medias por diferencia mínima significativa (LSD,  $P < 0.05$ ), con el apoyo del software estadístico Statgraphics Centurion XVI. Cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad

de varianzas, los datos se analizaron mediante la prueba H de Kruskal-Wallis (Ramírez y López 1993, Castillo 2000).

### 3.5 Resultados y Discusión

#### Aplicación tópica

La mortalidad de larvas de tercer estadio (L<sub>3</sub>) de *C. carnea* registrada a las 48 ó 72 h no fue significativamente diferente entre los individuos tratados con los extractos acuoso u oleoso de *A mexicana* y el testigo (Cuadro 3.1); mientras que el tratamiento a base de imidacloprid fue significativamente diferente del testigo y el resto de los tratamientos desde las 48 h de evaluación, y alcanzó 100 % de mortalidad a las 72 h de exposición, por lo que no presentó emergencia de adultos. En el porcentaje de emergencia de adultos provenientes de larvas tratadas vía tópica. No se presentó diferencia significativa entre los extractos acuoso y oleoso de *A. mexicana*, y el testigo.

Cuadro 3.1. Mortalidad de larvas de tercer estadio de *Chrysoperla carnea* tratados con extractos de *Argemone mexicana* e imidacloprid mediante aplicación tópica.

Tratamiento	Mortalidad [% ± D.E.]		Emergencia de adultos (%) <sup>III</sup>
	48 h <sup>I</sup>	72 h <sup>II</sup>	
Testigo	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	90.0 ± 8.1 <sup>a</sup>
Extracto acuoso	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	5.0 ± 5.7 <sup>a</sup>	72.5 ± 15.0 <sup>a</sup>
Extracto oleoso	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	65.0 ± 33.1 <sup>a</sup>
Imidacloprid	90.0 ± 8.1 <sup>b</sup>	100 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>b</sup>

\*Medias con la misma literal en la misma columna no son significativamente diferentes.

<sup>I</sup>P=0.002; <sup>II</sup>P=0.004; <sup>III</sup>P=0.162. D.E. = Desviación estándar.

La mortalidad registrada en larvas L<sub>3</sub> de *C. carnea* en individuos tratados con extracto acuoso y oleoso de *A. mexicana* fue inferior al 5 % en aplicación tópica, aun cuando se ha documentado la presencia de un alto porcentaje de alcaloides en *A. mexicana* (Arokiyaraj *et al.*, 2013, Brahmachari *et al.*, 2013) y de su efecto tóxico sobre el parasitoide *Encarsia formosa* (Pérez-Verdugo *et al.*, 2019) y otros insectos (Rodríguez-Flores *et al.*, 2012, Warikoo y Kumar 2013, Granados-Echegoyen *et al.*, 2016).

La alta toxicidad de la dosis usada de imidacloprid ( $35 \text{ g L}^{-1}$  ó  $0.0302 \%$ ) lo ubica como un producto tóxico. Nasreen *et al.* (2005) usaron concentraciones incluso más altas ( $0.08$ ,  $0.133$  y  $0.178 \%$ ), las cuales ocasionaron  $90$  a  $100 \%$  de mortalidad de larvas  $L_1$  de *C. carnea* a  $24 \text{ h}$  de exposición. Incluso Huerta *et al.* (2003) y Ayubi *et al.* (2013), reportaron que imidacloprid causó un elevado porcentaje de mortalidad en estadios larvarios y en adultos de *C. carnea*. Por el contrario, al aplicar este ingrediente activo de manera residual en larvas de *C. carnea* a una dosis de  $0.147 \text{ g L}^{-1}$  ( $238$  veces menos de lo usado en este ensayo), Rezaei *et al.* (2006) observaron una mortalidad menor al  $40 \%$  lo que lo clasificó como ligeramente nocivo (clase 1 de IOBC).

### **Inmersión de huevos en tratamientos**

El porcentaje de eclosión de larvas de *C. carnea* del grupo testigo y el extracto acuoso de *A. mexicana*, no fue significativamente diferente (Cuadro 3.2); esto sugiere que los extractos carecen de un efecto tóxico en este estadio inicial de desarrollo. Este efecto es similar al de extractos vegetales a base de *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) D.C. y *Azadiractina indica* (A. Juss.), los cuales han mostrado baja toxicidad a huevos del género *Chrysoperla* (Iannacone y Lamas, 2002).

Sin embargo, en el caso del extracto oleoso no se observó emergencia de larvas y fue significativamente diferente a todos los tratamientos. La nula eclosión podría atribuirse a un efecto negativo en la embriogénesis debido a las saponinas lipofílicas, presentes en *A. mexicana* (Brahmachari *et al.*, 2013, Sourabié *et al.*, 2014), las que tienen la capacidad de provocar cambios en la permeabilidad celular, al afectar los componentes de la membrana e inducir la formación de agregados similares a micelios que interrumpen la funcionabilidad de las membranas y causan lisis (Tava y Avato 2006, Doligalska *et al.*, 2011). Posterior a la aplicación de este tratamiento, los huevos de crisopa permanecieron recubiertos en su totalidad por una película de este extracto durante todo el bioensayo, lo cual pudo haber potenciado el efecto de las saponinas.

Cuadro 3.2. Porcentaje de eclosión de huevos de *Chrysoperla carnea* que se trataron con extractos de *Argemone mexicana* e imidacloprid mediante inmersión.

Tratamiento	Eclosión a 72 y 96 h (% ± D.E.)	
	72 h <sup>I</sup>	96 h <sup>II</sup>
Testigo	57.1 ± 6.7 <sup>a</sup>	81.6 ± 6.6 <sup>a</sup>
Extracto acuoso	59.5 ± 4.7 <sup>a</sup>	72.1 ± 7.3 <sup>a</sup>
Extracto oleoso	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>
Imidacloprid	22.9 ± 9.5 <sup>b</sup>	26.6 ± 7.9 <sup>b</sup>

\*Medias con la misma literal en la misma columna no son significativamente diferentes <sup>I</sup>P=0.004; <sup>II</sup>P=0.008. D.E.= Desviación estándar.

El imidacloprid resulto tóxico para los huevos de *C. carnea*, con un reducido porcentaje de eclosión acumulada (26.6 %) significativamente diferente al testigo y a los extractos acuosos, tanto a las 72 como a las 96 h post inmersión. Por su lado Rahangdale *et al.* (2017) registraron un elevado porcentaje de eclosión de huevos de *C. carnea* (84.6 %) después de su exposición a imidacloprid, aunque con una concentración de 0.016. mL L<sup>-1</sup> de i.a., la cual es 18 veces menor que la utilizada en este ensayo.

### Ingestión en larvas

No se observaron diferencias significativas en la mortalidad de las larvas del estadio L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> de *C. carnea* que consumieron alimento contaminado con los diferentes extractos de *A. mexicana*; sin embargo, la mortalidad incrementó significativamente en aquellas L<sub>3</sub> que ingirieron alimento tratado con extracto oleoso, respecto a las que ingirieron alimento tratado con extracto acuoso y el testigo. Iannacone y Lamas (2002) registraron nula mortalidad al alimentar larvas L<sub>1</sub> de *Chrysoperla externa* con huevos de *S. cerealella* tratados con rotetona (*L. nicou*) y *A. indica*. Además, las larvas de *C. carnea* que toleraron el consumo de alimento contaminado con los extractos de acuoso de *A. mexicana* lograr altos porcentajes de pupación (83.9 %), aunque con el extracto oleoso fue menor que el testigo (77.3 %) (Cuadro 3.3). Esto pudo deberse a que se pudo observar que las larvas que ingirieron alimento contaminado con extracto oleoso, comenzaron a pupar hasta 96 h después que el resto de los tratamientos. Este retraso en el periodo de desarrollo de

*C. carnea* se ha podido observar en otros casos, como lo indicado por Mandour (2008) cuando las larvas ingirieron alimento tratado previamente con spinosad.

El tratamiento con imidacloprid mostró mortalidad significativamente diferente en todos los estadios larvales de *C. carnea*, respecto a la mortalidad registrada en larvas que ingirieron alimento tratado con los extractos acuoso y oleoso (excepto L<sub>3</sub>) de *A. mexicana*, así como con el testigo. mientras que se redujo de tres a cuatro veces más (21.3 %) con imidacloprid.

Cuadro 3.3. Mortalidad acumulada en estadios larvales y porcentaje de pupación de *Chrysoperla carnea* que se trataron por ingestión de alimento contaminado con los extractos de *Argemone mexicana* e imidacloprid.

Tratamiento	N	Mortalidad acumulada por estadios (% ± D.E.)					Pupación (% ± D.E.) IV
		L <sub>1</sub> <sup>I</sup>	n	L <sub>2</sub> <sup>II</sup>	n	L <sub>3</sub> <sup>III</sup>	
Testigo		5.3 ± 5.5 <sup>a</sup>	71	2.6 ± 5.9 <sup>a</sup>	69	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	91.9 ± 10.9 <sup>a</sup>
Extracto acuoso	75	10.6 ± 7.6 <sup>a</sup>	67	3.9 ± 3.6 <sup>a</sup>	64	1.3 ± 2.9 <sup>a</sup>	83.9 ± 10.1 <sup>ab</sup>
Extracto oleoso		7.9 ± 8.6 <sup>a</sup>	69	1.3 ± 2.9 <sup>a</sup>	68	13.3 ± 4.7 <sup>b</sup>	77.3 ± 11.1 <sup>b</sup>
Imidacloprid		49.3 ± 7.6 <sup>b</sup>	38	9.3 ± 10.1 <sup>a</sup>	31	19.9 ± 9.4 <sup>b</sup>	21.3 ± 5.5 <sup>c</sup>

\*Medias con la misma literal en la misma columna no son significativamente diferentes

<sup>I</sup>P=0.008; <sup>II</sup>P=0.346; <sup>III</sup>P=0.000; <sup>IV</sup>P=0.004; D.E. = Desviación estándar

### Ingestión en adultos

La mortalidad de los adultos de *C. carnea* que ingirieron el extracto acuoso de *A. mexicana* no fue significativamente diferente respecto a la registrada en el testigo, luego de 72 h de exposición; no obstante, ambos tratamientos se diferenciaron de la mortalidad observada en adultos que ingirieron el extracto oleoso (Cuadro 3.4). Esto sugiere que el alto porcentaje de alcaloides presentes en *A. mexicana* (Salinas, 2012, Arokiyaraj *et al.*, 2013), afecta en mayor medida al ser ingerido por la larva, cuando estas moléculas son obtenidas de forma oleosa y no cuando su base es agua.

Cuadro 3.4. Mortalidad de adultos de *Chrysoperla carnea* tratados por ingestión de líquidos mezclados *Argemone mexicana* e imidacloprid.

Tratamiento	Mortalidad acumulada a 24,48 y 72 h (% ± D.E.)		
	24 h <sup>I</sup>	48 h <sup>II</sup>	72 h <sup>III</sup>
Testigo	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	12.5 ± 23.1 <sup>a</sup>	12.5 ± 23.1 <sup>a</sup>
Extracto acuoso	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	6.25 ± 17.6 <sup>a</sup>	12.5 ± 23.1 <sup>a</sup>
Extracto oleoso	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	12.5 ± 23.1 <sup>a</sup>	43.7 ± 32.0 <sup>b</sup>
Imidacloprid	75.0 ± 37.7 <sup>b</sup>	25.0 ± 37.7 <sup>a</sup>	100 ± 0.0 <sup>c</sup>

\*Medias con la misma literal en la misma columna no son significativamente diferentes  
<sup>I</sup>P=0.000; <sup>II</sup>P=0.91; <sup>III</sup>P=0.01; <sup>IV</sup>P=0.001. D.E. = Desviación estándar.

Por otro lado, todos los adultos que ingirieron imidacloprid murieron tras 48 h de exposición. El efecto nocivo de imidacloprid en adultos de *C. carnea* ha sido reportado por autores como Bueno y Freitas (2001) en dosis de 14.0, 17.5 y a 21 g L<sup>-1</sup> de agua. No obstante, Preetha *et al.* (2009) clasificó este producto como no tóxico al registrar menos del 50 % de mortalidad de adultos de *C. carnea*, luego de alimentarlos con el tratamiento a base de imidacloprid a una dosis baja de 0.56 ml L<sup>-1</sup> (25 g ha<sup>-1</sup>).

### Toxicidad de los tratamientos de acuerdo a la clasificación del IOBC/WPRS

En los diferentes bioensayos realizados, el porcentaje de mortalidad del extracto acuoso de *A. mexicana* resultó inferior al 50 %, por lo que puede clasificarse como inocuo (Cuadro 3.5). En general, el extracto oleoso también obtuvo una mortalidad que podría clasificarlo como inocuo, excepto en la nula eclosión de huevos, considerada como nocivo, incluso por encima del propio imidacloprid.

La eclosión de huevos, si bien fue baja, permitió categorizar al imidacloprid como ligeramente tóxico. Los porcentajes de mortalidad observados en los tres estadios larvarios de *C. carnea* que consumieron alimento contaminado con imidacloprid fueron inferiores al 50 %; sin embargo, al considerar el porcentaje de mortalidad acumulado (78.5 %), se re-categorizó como ligeramente tóxico, ya en el límite con moderadamente tóxico. Este mismo tratamiento se clasificó como tóxico, en los bioensayos tóxico en L<sub>3</sub> y de ingestión en adultos.

Cuadro 3.5. Toxicidad clase de los tratamientos evaluados de acuerdo a la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC/WPRS).

Tratamiento	Mortalidad	Tópico	Ingestión	Ingestión en		Clasificación según IOBC
	en huevos	en larvas	en larvas	adultos		
	96 h	72 h	L1- L3	24 h	72 h	
Testigo	1	1	1	1	1	Inocuo
Extracto acuoso	1	1	1	1	1	Inocuo
Extracto oleoso	4	1	1	1	1	Ligeramente tóxico
Imidacloprid	2	4	2	2	4	Moderadamente tóxico

A través de pruebas de mortalidad en enemigos naturales y de selectividad para identificar productos con baja toxicidad sobre organismos no blanco, se ha buscado determinar la compatibilidad de un insecticida con los agentes de control biológico (Purcell *et al.*, 1994). En la presente investigación, los porcentajes de mortalidad de *C. carnea* registrados en los diferentes bioensayos sugieren una baja compatibilidad de imidacloprid en aplicaciones de contacto con larvas y adultos de este neuróptero, aunque interfiere menos con la eclosión de huevecillos. Los estudios con imidacloprid han presentado información contrastante respecto a su potencial selectividad. Como ejemplo de ello, en un estudio de campo, Marquini *et al.* (2003) indicaron que el imidacloprid fue selectivo a los depredadores y parasitoides más comunes asociados a las plagas del frijol. Por otro lado, Cerna *et al.* (2012) indicaron que imidacloprid fue no selectivo a *C. carnea*, al comparar su toxicidad con la registrada por su especie plaga *Bactericera cockerelli* (Sulc.). En una postura intermedia, Villanueva-Jiménez *et al.* (1998) clasificaron al imidacloprid aplicado por aspersion como no selectivo e incompatible con el manejo integrado de plagas, pero al aplicarse en la zona de goteo (drench), se clasificó como selectivo a *Agenispis citricola* Logvinovskaya parasitoide del minador de la hoja de los cítricos, y semi-compatible con el manejo integrado de plagas. Posiblemente, las

aplicaciones foliares de este insecticida no permitan la integración de métodos de control. Sin embargo, al aplicar productos más selectivos, como *A. mexicana*, se lograría la sobrevivencia de los diferentes estadios de la crisopa, con un aporte relevante en la reducción de las poblaciones del áfido plaga. Debe considerarse que al evaluar el efecto de los tratamientos en condiciones de campo y semicampo, podría variar su categorización de acuerdo a la metodología de la IOBC.

### **3.6 Conclusión**

El extracto acuoso de *A. mexicana*, se consideró inocuo a *C. carnea*, al no presentar efectos tóxicos significativos en los diferentes métodos de exposición evaluados en estadios de huevo, larva y adulto. Aunque la mortalidad de larvas tratadas fue baja y se presentó alta pupación, se registró una eclosión nula de huevos y una mortalidad media de adultos de *C. carnea* que ingirieron líquidos tratados con el extracto oleoso de *A. mexicana*, lo que lo hace ligeramente tóxico a este depredador. Imidacloprid fue el tratamiento de mayor toxicidad para *C. carnea* a nivel laboratorio, aunque un porcentaje bajo de huevos tratados pudo eclosionar y algunas larvas con alimento contaminado pudieron sobrevivir, se le consideró moderadamente tóxico.

### **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor de este trabajo para realizar estudios de doctorado.

### **3.7 Literatura Citada**

- Aragón-García A., B.C. Pérez-Torres, J.F. López -Olguín, M.A. Damián-Huato, G.D. Jiménez, y P. González. 2012. Estrategia agroecológica para disminuir los daños por plagas en el cultivo de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L., (Caryophyllales: Amaranthaceae). In: Entomología Mexicana. Vol. 11, tomo 1. Soc. Mex. Entomol. México. pp.: 131-136.
- Aragón-García A, B.C. Pérez-Torres, M. Aragón-Sánchez, R.D. Juárez, L.M.G. Hernández, y G.A. Lugo-García. 2019. Control de chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpertier 1845 (Orthoptera: Pyrgomorphidae) con extractos vegetales, en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Entomología Mexicana 6: 75-81.

- Arokiyaraj, S., M. Saravanan, N.K. Udaya-Prakash, M. Valan-Arasu, B. Vijayakumar, and S. Vincent. 2013. Enhanced antibacterial activity of iron oxide magnetic nanoparticles treated with *Argemone mexicana* L. leaf extract: An in vitro study. *Materials Research Bulletin* 48: 3323–3327.
- Ayubi, A., G. Moravvej, J. Karimi, and A. Jooyandeh. 2013. Lethal effects of four insecticides on immature stages of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. *Turkiye entomoloji Dergisi-Turkish* 4: 399-407.
- Bueno, A.F., e S. Freitas. 2001. Efeito do hexythiazox e imidacloprid sobre ovos, larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Revista Ecosistema* 26: 74-76.
- Brahmachari, G., R. Roy, L.C. Mandal, P.P. Ghosh, and D. Gorai. 2010. A new long-chain alkanediol from the flowers of *Argemone mexicana*. *Journal of Chemocal Research* 11: 656-657.
- Brahmachari, G., D. Gorai, and R. Roy. 2013. *Argemone mexicana*, chemical and pharmacological aspects. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 23: 559-575.
- Castillo M.L.E. 2000. Introducción a la estadística experimental. 4ta Edición. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 301 p.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2011. Manual de plagas y enfermedades del sorgo. SAGARPA, SENASICA. Guanajuato, México. 20 p.
- Cock, M.J.W. 1994. Integrated management of whitefly pest problems in the Middle and Near East with special emphasis on biological control. *Arab Journal of Plant Protection* 12: 127-136.
- Delgado-Ramírez C.S., M.D. Salas-Araiza, O.A. Martínez-Jaime, J.A. Díaz-García, R. Guzmán-Mendoza, y E. Salazar-Solís. 2016. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomología Agrícola* 3: 369-374.
- Desneux, N., R. Ramirez-Romero, and L. Kaiser. 2006. Multi-step bioassay to predict recolonization potential of emerging parasitoids after a pesticide treatment. *Environmental Toxicology Chemistry* 25: 2675-2682.
- Doligalska, M., K. Józwicka, M. Kiersnowska, A. Mroczek, C. Paczkowski, and W. Janiszowska. 2011. Triterpenoid saponins affect the function of P-glycoprotein and reduce the survival of the free-living stages of *Heligmosomoides bakeri*. *Veterinary Parasitology* 179: 144–151.
- Golmohammadi, G., and M. Hejazi. 2014. Toxicity and side effects of three insecticides on adult *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 33: 23-28.
- Granados-Echegoyen C., B.O. Ortega-Morales, M.J. Chan-Bacab, M.M. Reyes-Estébanez, y J.C. Camacho-Chab. 2016. Efecto del extracto etanólico de partes vegetales de *Argemone mexicana* (PAPAVERACEAE) sobre larvas y pupas del

- mosquito *Culex quinquefasciatus* (Say) (DIPTERA: CULICIDAE). Entomología Agrícola 3: 436-440.
- Hassan, S.A. 1989. Testing methodology and the concepts of the IOBC/WPRS Working group. In: Japson PC (ed) Pesticides and non target invertebrates. Intercept, Wimborn, Dorset. pp: 1-18.
- Huerta, A., P. Medina, P. Castañera, and E. Viñula. 2003. Residual effects of some modern pesticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) adults under laboratory condition. IOBC/WPRS Bulletin 26: 165-70.
- Iannacone J., y L. Alvaríño. 2003. Efecto de la azadiractina y rotenona en las poblaciones del gusano ejército *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae), en el cultivo de tomate en Ica, Perú. Revista Peruana de Entomología 43: 113-119.
- Iannacone J., y G. Lamas. 2002. Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 65: 92-101.
- Iannacone J., y G. Lamas. 2003. Efectos toxicológicos de extractos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pinto* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) en el Perú. Agricultura Técnica 63: 347-360.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2014. Control químico del pulgón amarillo del sorgo. 2 p.
- INIFAP-CIRNE (Centro de Investigación Regional Noreste). 2015. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. Boletín electrónico1, No. (16): 1-3.
- Jaliwala, Y.A., P.K. Panda, N. Chourasia, N.K. Bhatt, A. Pandit, and P.K. Mohanty. 2011. In vitro anthelmintic activity of aerial parts of *Argemone mexicana* Linn. Journal of Pharmacy Research 4: 3173-3174.
- Mandour, N.S. 2008. Influence of Spinosad on immature and adult stages of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera:Chrysopidae). BioControl 54: 93-102.
- Marquini, F., M.C. Picanço, R.N.C. Guedes, P.S.F. Ferreira. 2003. Imidacloprid impact on arthropods associated with canopy of common beans. Neotropical Entomology 32(2): 335-342.
- Martínez-Tomás S.H., C. Rodríguez-Hernández, R. Pérez-Pacheco, C. Granados-Echegoyen, Y.D. Ortiz-Hernández, y F. Floreán-Méndez. 2015. Evaluación de tres extractos vegetales en la población de mosca blanca en el cultivo orgánico de jitomate en invernadero. Entomología Agrícola 2: 371-375.
- Nasreen, A., G. Mustafa, and M. Ashfaq. 2005. Mortality of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) after exposure to some insecticides; laboratory studies. The Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands'South Pacific Studies 26: 1-6.

- Pérez-Verdugo O.C., E. Ruiz-Sánchez, M. Gamboa-Angulo, L. Latournerie-Moreno, G.C. Fernández-Concha, M. Cua-Basulto, y W. Chan-Cupul. 2019. Actividad biológica de productos derivados de plantas en mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y su parasitoide *Encarsia formosa*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22(3): 575-583.
- Preetha, G., J. Stanley, T. Manoharan, S. Chandrasekaran, and S. Kuttalan. 2009. Toxicity of imidacloprid and diafenthiuron to *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in the laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research* 49: 290-296.
- Purcell, M.F., J.D. Stark, and R.H. Messing. 1994. Effects of insecticides on three tephritid fruit flies and associated braconid parasitoids in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 87: 1455-1462.
- Rahangdale, L.S., P.S. Neharkar, N.G. Dhurve, H.R. Sawai, N.V. Lavhe. 2017. Safety of some newer insecticides on egg hatchability and fecundity of *Chrysoperla carnea* under laboratory condition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5: 1820-1823.
- Ramírez G.M.E., y T.Q. López. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos: aplicación del paquete estadístico SPSS en la solución de problemas. Universidad Autónoma Chapingo, México. 223 p.
- Rezaei, M., K. Talebi, V.H. Naveh, and A. Kavousi. 2006. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table assays. *BioControl* 52: 385-398.
- Rodríguez-del-Bosque L.A., y A.P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist* 40: 433-434.
- Rodríguez-Flores E., L. Aldana-Llanos, M.E. Valdés-Estrada, D.O. Salinas-Sánchez, y M. Gutiérrez-Ochoa. 2012. Actividad de fitoextractos en *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). In: *Entomología Mexicana*. vol. 11 (tomo 1. Sociedad Mexicana de Entomología, México. pp. 158-162.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Plan rector del sistema producto sorgo. Estado de Puebla. SAGARPA. México. 49 p.
- SAGARPA. 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Comité Técnico del Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. SAGARPA, México. 42 p.
- SAGARPA-SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Manejo fitosanitario del sorgo. Pulgón amarillo del sorgo. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 16 p.
- Sakthivadivel, M., A. Eapen, and A.P. Dash. 2012. Evaluation of toxicity of plant extracts against vector of lymphatic filariasis, *Culex quinquefasciatus*. *Indian Journal of Medical Research* 135: 397-400.

- Sakthivadivel, M., and D. Thilagavathy. 2003. Larvicidal and chemosterilant activity of the acetone fraction of petroleum ether extract from *Argemone mexicana* L. seed. *Bioresource Technology* 89: 213-216.
- Salinas P. 2012. Plantas tóxicas comunes en el estado Mérida, Venezuela. Segunda parte. Adoxaceae, Asteraceae, Caesalpiniaceae, Chenopodiaceae, Combretaceae, Cruciferae, Cycadaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Moraceae, Myrtaceae, Papaveraceae, Passifloraceae, Rosaceae, Sapindaceae. *MedULA*. 21: 26-46.
- Saranya, M.S., T. Arun, P. Iyappan. 2012. In vitro antibacterial activity and preliminary phytochemical analysis of leaf extracts of *Argemone mexicana* L. - A medicinal plant. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* 4: 85-87.
- Sattar, M., G. Hussain, and T. Sultana. 2011. Effect of different hosts on biology of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 43: 1049-1054.
- Senior, L.J., P.K. Mcewen, and N.A.C. Kidd. 1998. Effects on the chitin synthesis inhibitor triflumuron on the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): Influence on adult potentialities and offspring. *Acta Zoologica Fennica* 209: 227-231.
- Sharma, S., M.C. Sharma, and D.V. Kohli. 2010. Pharmacological screening effect of ethanolic and methanolic extract of fruits of medicinally leaves. *Digest Journal of Nanomaterials and biostructures* 5: 229-232.
- Sourabié, T.S., J.B. Nikiema, and O.G. Nacoulma. 2014. Monographycal survey of pharmacological potentials of *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae), a plant of Burkina Faso Pharmacopeia: Determination of antihepatotoxic and antipyretic activities. *International Journal of Research in Pharmacy and Biosciences* 1: 1-10.
- Tava, A., and P. Avato. 2006. Chemical and biological activity of triterpene saponins from *Medicago* species. *Natural Product Communications* 1: 1159-1180.
- Villanueva-Jiménez, J.A., and M.A. Hoy. 1998. Toxicity of pesticides to the citrus leafminer and its parasitoid *Ageniaspis citricola* evaluated to assess their suitability for an IPM program in citrus nurseries. *BioControl* 43(3): 357-388.
- Vogt, H., F. Bigler, K. Brown, M.P. Candolfi, F. Kemeter, C.H. Kühner *et al.* (2000) Laboratory method to test effects of plant protection products on larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). In: Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. M.P. Candolfi, S. Blümel, R. Forster, F. Bakker, C. Grimm, S.A. Hassan, U. Heimbach, B. Mead-Briggs, R. Reber, R. Schmuck, and H. Vogt (eds). IOBC/WPRS. pp: 27-44.
- Warikoo, R., and S. Kumar. 2013. Impact of *Argemone mexicana* extracts on the cidal, morphological, and behavioral response of dengue vector, *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 112: 3477-3488.

Willcox, M.L., B. Graz, and J. Falquet. 2007. *Argemone mexicana* decoction for the treatment of uncomplicated falciparum malaria. Transactions of the Royal Society Tropical Medicine and Hygiene 101: 1190-1198.

## 7. DISCUSIÓN GENERAL

El pulgón amarillo es una de las plagas más dañinas para el cultivo del sorgo en México (SAGARPA,2017), su efecto ya ha tenido un gran impacto económico en países como China, Taiwan, Japon, India, Sudafrica, Bostwana y Estados Unidos (Singh *et al.*, 2004; Rodríguez del Bosque y Terán, 2015; Bowling *et al.*, 2016). Desde su primer registro en 2013 durante el ciclo P-V en el estado de Tamaulipas, a la fecha esta plaga se encuentra distribuida en todos los estados de la República Mexicana donde se cultiva sorgo (INIFAP-CIRNE, 2015). Debido a la complejidad del ciclo de vida del pulgón amarillo, su alta tasa reproductiva, partenogénesis, viviparidad y polimorfismo reproductivo especializado dificultan el llevar a cabo su control (Carver, 1991) debido a ello, este áfido representa una fuerte amenaza para la producción de sorgo grano en México, por esta razón, la productividad de dicho cultivo depende del desarrollo de estrategias de control eficaces y su aplicación por los productores.

A siete años del primer registro del pulgón amarillo en México, se carecía de información respecto al impacto económico de esta plaga en la región Suroeste del estado de Puebla, de la tendencia poblacional de *M. sacchari* y su depredador *C. carnea*, de los efectos de la aplicación del principal insecticida (imidacloprid) sobre los diferentes estados de desarrollo de este neuróptero, así como del efecto de la aplicación de métodos de control alternativos como los extractos a base de *A. mexicana*. Debido a ello, estos aspectos fueron abordados en la presente investigación.

La presente investigación permitió identificar los ciclos agrícolas 2014 y 2015 como aquellos con mayor infestación de pulgón amarillo, la llegada de este áfido a la región de Izúcar de Matamoros afectó el rendimiento del cultivo: aun cuando en 2014 se sembraron 1775 ha más, respecto al 2013, la producción fue 1.1 % menor. Esto se agravó en 2015 cuando la producción fue 28 % menor respecto al 2013, pese a que la superficie sembrada fue mayor en 1040 ha para el ciclo 2015. La principal estrategia de control implementada por los productores fue una mayor frecuencia de aplicación de insecticidas, hecho que incrementó los costos de producción. Pese a la disminución de la productividad del cultivo de sorgo en los ciclos con mayor infestación de pulgón

amarillo, el efecto negativo en la economía de los productores fue relativamente menor debido a que son pluriactivos. Este es el primer estudio que considera el efecto económico negativo en la economía del productor a causa de la infestación del pulgón amarillo en el cultivo de sorgo. Otros trabajos se han enfocado en la biología y el manejo de *M. sacchari* (Singh *et al.*, 2004; Peña-Martínez *et al.*, 2018), sus enemigos naturales (INIFAP, 2016; López-Gutiérrez *et al.*, 2016; Marina *et al.*, 2017; Provisor-Bermudez y López-Martínez, 2016), el estudio de sus población (Vázquez-Navarro *et al.*, 2016), plantas hospederas (Peña-Martínez *et al.*, 2015) la influencia del estado fenológico del cultivo del sorgo y la fertilización en su desarrollo (Lama, *et al.*, 2019) etc.

La infestación del pulgón amarillo comenzó durante las primeras etapas fenológicas del cultivo de sorgo en la primera quincena del mes de agosto, alcanzando el pico de máxima población tanto de formas aladas como de ninfas durante la tercera etapa fenológica del cultivo o etapa de diferenciación del punto de crecimiento en sincronía con las poblaciones de *C. carnea*. Durante la etapa fenológica de hoja bandera las poblaciones de pulgón amarillo comienzan a disminuir, lo que indica que este insecto plaga está presente durante toda la etapa vegetativa del sorgo hasta la etapa de diferenciación del punto de crecimiento. En estas etapas se determina el desarrollo potencial de la planta, así como la panoja, y en las que los rendimientos pueden disminuir si no se toman medidas para evitar la competencia con arvenses, la carencia de nutrientes o de agua o el ataque de plagas (INTA, 2011). La temperatura es un factor que impacta de manera directa al desarrollo ninfal y el proceso reproductivo de *M. sacchari*, cuyos límites térmicos se encuentran entre 3.5 y 40° C (Peña-Martínez *et al.*, 2018). De acuerdo a Setokuchi (1973), el periodo de desarrollo del primer al cuarto estadio del pulgón amarillo es muy corto; el mismo autor sugiere que a una temperatura de 15°C dicho periodo tiene una duración de 10.9 días, a 20 °C son 7.3 días, a 25°C son 5.2 días y a 30°C son 3.5 días, por lo que debe considerarse que la temperatura registrada en la región de estudio (SMN, 2018) facilita la reproducción de este áfido. Por otro lado, aun cuando se considera, que los pulgones no son capaces de mantener el vuelo activo en condiciones de precipitación, en el presente estudio se registró la presencia de alados de *M. sacchari* aun en los periodos de lluvia señalados por el SMN (2018); hecho que concuerda con lo reportado por Meneses y Amador (1990); Álvarez-

Álvarez *et al.* (2004) quienes mencionan que existe cierta tendencia de los pulgones a volar aun en condiciones poco favorables. No obstante Rodríguez del Bosque y Vargas (2018) quienes evaluaron la supervivencia de *M. sacchari* en un experimento en el que se simularon lluvias y condiciones de viento, concluyeron que los vientos que soplan durante las lluvias tienen una mayor importancia en la reducción de las poblaciones de pulgones que las lluvias per se. El seguimiento de las poblaciones del pulgón amarillo derivó en la identificación de la etapa fenológica en la que este áfido inicia la colonización del cultivo y de aquellas etapas fenológicas en las que se encuentra presente, información de utilidad en la implementación de métodos de control de plagas.

Los resultados obtenidos indican que imidacloprid fue el tratamiento de mayor toxicidad para *C. carnea*. El efecto nocivo de este producto sobre los estadios de crisopa ha sido reportado por diversos autores (Bueno y Freitas, 2001; Huerta *et al.*, 2003; Nasreen *et al.*, 2005; Ayubi *et al.*, 2013), Lo cual sugiere una baja compatibilidad de imidacloprid con este neuróptero. Esto difiere de lo reportado por Barbosa *et al.* (2002) quien menciona que imidacloprid puede ser aplicado en sistemas de MIP con liberación de crisopa para el control de plagas. Es necesario dar seguimiento a las poblaciones de *M. sacchari*, ya que para decidir aplicar plaguicidas como imidacloprid será necesaria la programación de las liberaciones posteriores de *C. carnea* a fin de evitar efectos adversos o su mortalidad.

De acuerdo con Celis *et al.* (2009) el empleo de extractos vegetales para el control de plagas constituye una alternativa promisorio, debido a su efectividad, bajo costo e impacto ambiental. No obstante, a menudo los extractos botánicos presentan una limitada actividad biológica y baja persistencia en condiciones de campo (Hüter, 2011). La literatura referente al manejo del pulgón amarillo con extractos botánicos es limitada; a la fecha, la única evaluación del efecto de este método de control corresponde a Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2016), quien evaluó la aplicación de *Azadirachta indica*, *Tagetes erecta*, *Schinus molle* y *Ricinus comunis* en el control del pulgón amarillo en sorgo. Aun cuando en el presente estudio no se evaluó el efecto del extracto de *A. mexicana* sobre *M. sacchari*, existe evidencia de su efecto en la regulación de la población de otros insectos plaga de importancia agrícola (Martínez-Tomas, 2015;

Vásquez *et al.*, 2016) y de su acción antialimentaria sobre *Spodoptera frugiperda* (Aldana-Llanos *et al.*, 2012) e insecticida en *Eurysacca melanocampta* (Alvarado, 2016). Por lo que es necesario el determinar el efecto de la aplicación de los extractos de *A. mexicana* sobre *M. sacchari*, puesto que, de obtener resultados favorables, se incrementarían las opciones del manejo integrado de este insecto plaga a través de la aplicación del extracto botánico en conjunto con la liberación de *C. carnea*, ya que los resultados de este estudio muestran que a la concentración empleada, el extracto acuoso de *A. mexicana*, carece de efectos tóxicos significativos en los diferentes estadios de *C. carnea*.

### Literatura Citada

- Aldana-Llanos L., E. Rodríguez-Flores, M.E. Valdés-Estrada, D.O. Salinas-Sánchez, M. Gutiérrez-Ochoa, y R. Figueroa-Brito. 2012. Actividad de Fitoextractos en *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Folia Entomológica, 159-162.
- Alvarado V.S.M. 2016. Control biológico de *Eurysacca melanocampta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) con extractos vegetales de *Conium maculatum* L., *Argemone mexicana* L., y *Euphorbia peplus* L. en cultivos de *Chenopodium quinoa* Wild en Anahuac Perú. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú. 70 p.
- Álvarez-Álvarez A., I. Feito, y M.V. Seco-Fernández. 2004. Dinámica de vuelo de los áfidos (Homoptera:Aphididae) plaga de la judía de Asturias (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con las condiciones ambientales. Bol. San. Veg. Plagas. 30: 533-546.
- Ayubi, A., G. Moravvej, J. Karimi, and A. Jooyandeh. 2013. Lethal effects of four insecticides on immature stages of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) in laboratory conditions. Turkiye entomoloji Dergisi-Turkish 4: 399-407.
- Barbosa F.R., M.M. Siquiera, E.A. Souza, W.A. Moreira, F.N.P. Haji, e J.A. Alencar. 2002. Efeito do controle químico da moscabranca na incidencia do virus-do-mosaico-dourado e na produtividade do feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37: 879-883.
- Bowling, R.D., M.J. Brewer, D.L. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N.E. Elliott, G.D. Buntin, M.O. Way, T.A. Royer, S. Biles, and E. Maxson. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. J. Int. Pest Manage. 7(1): 1-13.

- Bueno A.F., e S. Freitas. 2001. Efeito do hexythiazox e imidacloprid sobre ovos, larvas e adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Revista Ecosistema 26: 74-76.
- Carver M. 1991. Superfamilia Aphidoidea. En: Carver, M; Gross, G. F. and Woodward, T. E.: Hemiptera. En: CSIRO Division of Entomology: The insect of Australia. A textbook for students and research workers. Vol1. (Second edition): 452-457. Melbourne University Press. Melbourne (Australia).
- Celis A., C.F. Mendoza, y M.E. Pachón. 2009. Revisión: uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. Temas agrarios. 14(1): 5-16.
- Huerta, A., P. Medina, P. Castanera, and E. Vinula. 2003. Residual effects of some modern pesticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) adults under laboratory condition. IOBC/WPRS Bulletin 26: 165-70.
- Hüter, O.F. 2011. Use of natural products in the crop protection industry. Phytochemistry reviews, 10, 185-194.
- INIFAP-CIRNE (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Centro de Investigación Regional Noreste). 2015. El pulgón amarillo, una nueva plaga del sorgo en México. Boletín Electrónico 1(16): 1-3.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales). 2016. Enemigos Naturales del pulgón amarillo del sorgo. Guía rápida para su identificación. 24 p.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Manual de Sorgo. Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura Sustentable en los Territorios del CERBAS. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 110 p.
- Lama, L., B.E. Wilson, J.A. Davis, and T.E. Reagan. 2019. Influence of sorghum cultivar, phenological stage, and fertilization on development and reproduction of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). Florida Entomologist. 102(1): 194-201.
- López-Gutiérrez D.R., M.D. Salas-Araiza, O.A. Martínez-Jaime, y E. Salazar-Solís. 2016. Géneros de aphidiidae (Hymenoptera) parasitando al pulgón amarillo de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* Zehntner, 1897 (Hemiptera: Aphididae) en Irapuato, Guanajuato, México. 3: 365-368.
- Marina, M.A., V.H. García, R.C. Velasco, N.L. Chávez, J.A.M. Castillo, y Hernández, M.H. 2017. *Melanaphis sacchari*, a New Pest of *Sorghum halepense* at Chiapas, México, and its Predators. Southwestern Entomologist. 42: 401-404.
- Martínez-Tomas S.H., C. Rodríguez-Hernández, R. Pérez-Pacheco, C. Granados-Echegoyen, Y.D. Ortiz-Hernández, y F. Floreán-Méndez. 2015. Evaluación de tres extractos vegetales en la población de mosca blanca en el cultivo orgánico de jitomate en invernadero. Entomología mexicana. 2: 371-375.

- Meneses R., y R. Amador. 1990. Los áfidos de la papa y su fluctuación poblacional en Costa Rica. En: Resúmenes de la XXVI Reunión Anual de la PCCMCA. Vol. II: 227.
- Nasreen, A., G. Mustafa, and M. Ashfaq. 2005. Mortality of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) after exposure to some insecticides; laboratory studies. The Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands/South Pacific Studies 26: 1-6.
- Peña-Martínez R., A.L. Muñoz-Viveros, M.G. Ramos-Espinosa, y R. Terrón-Sierra. 2015. Listado de plantas hospedantes del complejo *Melanaphis sacchari/sorghii* (Hemiptera: Aphididae), registros internacionales y potenciales en México. Entomología Mexicana. 2: 582-587.
- Peña-Martínez R., R. Lomeli-Flores, R. Bujanos-Muñis, A.L. Muñoz-Viveros, J.M. Vanegas-Rico, R. Salas-Monzón, O.E. Hernández-Torres, A. Marín-Jaramillo, y J.E. Ibarra-Rendón. 2018. Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897), Interrogantes biológicas y tablas de vida. Fundación Guanajuato Produce A.C.
- Provisor-Bermudez, Y., López-Martínez, V. 2016. Primer registro de *Hippodamia convergens* y *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), como depredadores de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), en sorgo, en Morelos, México. Acta Agrícola y Pecuaria. 2(2): 51-53.
- Rodríguez del Bosque, L.A. y A. Teran. 2015 *Melanaphis sacchari* (Hemiptera Aphididae): A New Sorghum Insect Pest in Mexico. Southwestern Entomologist 40 (2) 433-434.
- Rodríguez del Bosque, L.A. y Vargas, A.P. 2018. Manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. INIFAP. Folleto técnico. Centro de Investigación Regional del Noreste. 88 p.
- Rodríguez-Rodríguez J.F., E. Cerna-Chávez, M. Fuentes-Yisa, y O. Hernández-Bautista. 2016. Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en Sorgo en Guanajuato. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 3 (7): 18-24.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Comité Técnico del Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. 42 p.
- Setokuchi, O, 1973. Ecology of *Longiunguis sacchari* (Zehentner) (Aphididae) infesting sorghums. I. Nymphal period and fecundity of apterous viviparous female. Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu, 19:95-97
- Singh, B.U., P.G. Padmaja, and N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), In sorghum: a review. Crop protection. (23): 739-755.

- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2018. Base de datos climatológicos. Consultada en línea: noviembre 2018: <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Vásquez J.M., G.A. Aragón, M.M. Bibbins, H.D. Castillo, G.S. Nava, y T.B. Pérez. 2016. Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(2):235-47
- Vásquez-Navarro J.M., J.C. Carrillo-Aguilera, y B.A. Cisneros-Flores. 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 agrícola. 3: 395-400.

## 8. CONCLUSIÓN GENERAL

En la presente investigación se evaluó el impacto económico del pulgón amarillo del sorgo y la rentabilidad del cultivo de sorgo en la región de Izúcar de Matamoros. Además, se calculó el índice de aplicación de prácticas de manejo sugeridas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVEG) en los sistemas de producción de sorgo. De igual forma se determinó la tendencia poblacional del *pulgón amarillo* y de su depredador *Chrysoperla* spp. en el cultivo de sorgo durante los ciclos agrícolas 2017 y 2018. Finalmente se evaluó la toxicidad de los extractos de *A. mexicana* y el neonicotinoide imidacloprid sobre diferentes estadios de *C. carnea* en condiciones de laboratorio. Se llegó a las siguientes conclusiones:

- En la región Suroeste de Puebla, el sorgo se cultiva bajo condiciones de temporal en la modalidad de monocultivo. Se identificó que se utiliza tanto la labranza cero, específica para la conservación del suelo, como la labranza tradicional, con rendimientos de 4.46 y 3.75 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. La labranza cero es más rentable, sin embargo, bajo ambos tipos de labranza el cultivo de sorgo se considera una actividad redituable para la región en cuestión.
- Los ciclos agrícolas 2014-2016 presentaron los menores rendimientos de sorgo grano a causa del pulgón amarillo. La principal estrategia de control de esta plaga fue incrementar la frecuencia de aplicación de plaguicida, aunque también incrementó los costos de producción. No obstante, el efecto negativo de *M. sacchari* en la economía de los productores fue relativamente menor debido a que son pluriactivos.
- El índice de aplicación de prácticas de manejo (IAPM) fue medio para los dos tipos de labranza evaluados, aunque a mayor IAPM, el rendimiento fue mayor.
- *Melanaphis sacchari* inicia la colonización del cultivo de sorgo durante sus primeras etapas fenológicas, la mayor densidad poblacional de *Chrysoperla* spp. se presentó en sincronía con el pico de máxima población de formas aladas y ninfas de pulgón amarillo durante la tercera etapa fenológica del cultivo. Las poblaciones de este áfido comenzaron a disminuir en la etapa fenológica de hoja bandera. Fue notable que las aplicaciones de plaguicidas realizadas por los productores no fueron hechas en el

momento más adecuado para reducir las poblaciones del pulgón. Incluso, se hizo una aplicación cuando ya había iniciado la disminución natural de las poblaciones.

- El extracto acuoso de *A. mexicana* no mostró efectos tóxicos significativos en los diferentes estadios evaluados de *C. carnea*. No obstante, el extracto oleoso de *A. mexicana* mostró algunos efectos adversos, como la eclosión nula de huevos tratados, el retraso en la pupación y una mortalidad del 43.7% de adultos. El tratamiento con imidacloprid mostró una toxicidad alta para *C. carnea* cuando se aplicó al dorso de las larvas y cuando lo ingirieron los adultos, aunque la toxicidad fue media cuando se aplicó sobre los huevecillos y cuando las larvas ingirieron huevecillos tratados con este producto. Sin embargo, podría ser considerado no selectivo en aspersiones foliares de imidacloprid.
- La posibilidad de establecer el control biológico del pulgón amarillo del sorgo a través de la liberación de *C. carnea*, en conjunto con la aplicación de extractos a base de *A. mexicana*, constituye un tema de investigación básica para incrementar las opciones efectivas del manejo agroecológico de este insecto plaga.

## 9. RECOMENDACIONES

En consideración de los objetivos del presente estudio, así como la información recabada y analizada se presentan las siguientes recomendaciones:

- Los sistemas de producción de sorgo grano bajo labranza tradicional de la región suroeste de Puebla pueden ser optimizados, implementando labranza cero de conservación, ya que ésta representa un menor costo de producción y contribuye a mantener la estructura del suelo, la cobertura de materia vegetal y favorece el crecimiento de raíces y suministro de nutrientes.
- Implementar las prácticas de manejo del pulgón amarillo del sorgo recomendadas por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal, ya que permiten incrementar la productividad del cultivo.
- Complementar el cultivo de sorgo con otras actividades que generen ingresos, permite menguar el efecto negativo de plagas invasivas como el pulgón amarillo en la economía de los productores.
- Llevar a cabo capacitación a los productores respecto a la biología y manejo del pulgón amarillo.
- Instalar trampas amarillas en la periferia de las parcelas (cada 25 m) con fines de detección de los primeros individuos alados en los predios. En ausencia de cultivo, muestrear hospedantes alternos como el zacate Johnson (*Sorghum halapense* (L.) Pers.), que se encuentren a orillas del cultivo, drenes, canales, caminos.
- Tratar las semillas para proteger al cultivo los primeros 30 días después de la emergencia.
- Sembrar preferentemente variedades resistentes al pulgón amarillo.
- A partir de la emergencia de las plántulas hasta la etapa de hoja bandera iniciar muestreos con una frecuencia semanal, con revisiones del haz y el envés de las hojas de 25 plantas por parcela.
- Aplicar los insecticidas sintéticos recomendados, a las dosis adecuadas únicamente cuando se hayan detectado altas densidades del pulgón, o se haya alcanzado el umbral de aplicación recomendado (50 pulgones por hoja), nunca hacerlo de forma preventiva.

- Si la infestación no es generalizada en la parcela, aplicar solo en sitios de infestación, con el fin de reducir la inversión necesaria para el control del pulgón y evitar efectos adversos a enemigos naturales.
- Hacer rotación de insecticidas por ciclo agrícola para evitar que el pulgón amarillo desarrolle resistencia al mismo grupo toxicológico.
- Realizarse la liberación de 10,000.00 huevos ha<sup>-1</sup> de crisopas en cuatro liberaciones, en parcelas con infestación baja, posterior al empleo de un insecticida no residual.
- Estudiar el establecimiento de cultivos asociados que permitan la conservación y sobrevivencia de las poblaciones del depredador *C. carnea*, para estar disponibles en campo antes de la siembra de sorgo.
- Después de la cosecha se deben eliminar los residuos o socas y hospederos para romper el ciclo invernante del pulgón.

## ANEXO

### A1. Entrevista aplicada

#### Impacto económico y acciones en el manejo de *Melanaphis sacchari* en el cultivo de sorgo en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla.

1. Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

2. Localidad: \_\_\_\_\_

Entrevistado	Sexo	Edad	Escolaridad

### 3. Sistema productivo

3.1 Superficie y tipo de tenencia

Núm. Parcela	Superficie/ha	Tenencia	Terreno rentado/costo	Superficie total	Cultivo Sembrado

3.8 ¿Pertenece a alguna asociación de productores? [ ]Si [ ]No ¿Cuál?  
\_\_\_\_\_

### 4. Tipo de sistema de producción

Tipo de labranza [ ]Cero [ ]Tradicional [ ]Riego [ ]Riego de auxilio [ ]Temporal

4.1 ¿Hay costo por sistema de riego? [ ]Si Costo \_\_\_\_\_ [ ]No

### 5. Financiamiento

5.1 ¿Recibe financiamiento de algún banco? [ ]Si Monto de apoyo/ha \_\_\_\_\_ [ ]No

5.2 Si recibe financiamiento ¿Su cultivo se encuentra asegurado? [ ]Si [ ]No

5.3 ¿El aseguramiento tiene costo extra? [ ]Si Costo de seguro \_\_\_\_\_ [ ]No

5.4 Si no recibe financiamiento ¿Asegura su cultivo? [ ]Si Costo seguro privado \_\_\_\_\_ [ ]No

5.5 ¿Es beneficiario de algún programa de gobierno de apoyo al campo? [ ]Si [ ]No ¿Cuál?  
\_\_\_\_\_ Otros apoyos no gubernamentales [ ] \_\_\_\_\_

5.6 ¿El apoyo que recibe es económico? [ ]Si Monto de apoyo \_\_\_\_\_ [ ]No

5.7 Si el apoyo que recibe no es económico ¿Qué tipo de apoyo es el que recibe?

[ ]Semilla mejorada [ ]Fertilizante [ ]Maquinaria [ ]Capacitación [ ]Otros \_\_\_\_\_

### 6. Preparación del terreno

6.1 ¿Limpia los alrededores de la parcela? [ ]Si Costo servicio \_\_\_\_\_ [ ]No

[ ]Jornales familia H/M [ ]Asalariado

6.2 ¿Cuáles son las actividades que lleva a cabo en la preparación del suelo?

Actividad	Fecha	Yunta/Tractor	Jornales de la familia	Asalariado	Costo servicio

			H	M	H	M	
Quema <sup>1</sup>							
Chapeo							
Barbecho							
Rastreo							
Surcado							
Otro							

<sup>1</sup>Se refiere a la quema de residuos del ciclo anterior

### 7. Siembra

Fecha de siembra	Método	Distancia entre surcos	Jornales de la familia		Asalariado		Costo servicio
			H	M	H	M	

### 8. Características de la semilla de sorgo

Variedad	Costo/kg	Cantidad requerida	Origen	Semilla preferencia	Porte preferencia
				[ ]P <sup>1</sup> [ ]I <sup>2</sup> [ ]T <sup>3</sup>	[ ]B <sup>4</sup> [ ]A <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Precoz <sup>2</sup>Intermedia <sup>3</sup>Tardía <sup>4</sup>Bajo <sup>5</sup>Alto

8.7 Por qué esas preferencias? \_\_\_\_\_

### 9. Labores de cultivo

9.1 ¿Después de la siembra hace labores de cultivo? [ ]Si [ ]No

¿Cuáles son las labores de cultivo que usted efectúa en el cultivo de sorgo?

Labor de cultivo	Fecha después de la siembra	Forma en que se realiza	Jornales familia		Asalariado		Costo servicio
			H	M	H	M	
1							
2							

9. 4 ¿Cuántas veces deshierba el cultivo? \_\_\_\_\_

### 10. Malezas

¿Su cultivo es afectado por malezas? [ ]Si [ ]No ¿Cuáles?

Maleza	Producto aplicado / Costo	Dosis/ha	Método y fecha de aplicación	Frecuencia de aplicación	Jornal familia		Asalariado		Costo jornal
					H	M	H	M	
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

10.8 ¿Recibió asesoría? [ ]Si ¿De quién? \_\_\_\_\_ [ ]No

### 11. Plagas y Enfermedades

¿Su cultivo es afectado por plagas o enfermedades?  Si  No ¿Cuáles?

	Parte de planta que daña	Producto aplicado / costo	Dosis/hora	Método y fecha de aplicación	Frecuencia de aplicación	Jornal familiar		Asalariado		Costo jornal
						H	M	H	M	
Plaga										
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
Enfermedad										
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

11.8 ¿Recibió asesoría?  Si ¿De quién? \_\_\_\_\_  No

### 12. El pulgón amarillo del sorgo

12.1 ¿Le ha afectado el pulgón amarillo del sorgo en su parcela?  Si  No

12.2 ¿Sabe cuáles son los daños que ocasiona?  Si  No ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

12.3 En su parcela ¿Cuál fue el primer año en que le afectó?  
 2013  2014  2015  2016

12.4 ¿Cuál fue la variedad de sorgo sembrada en ese ciclo?

12.5 ¿En su momento aplicó productos para controlar la plaga?  Si  No ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

12.6 ¿Cuál fue el resultado de aplicar ese producto? \_\_\_\_\_

12.7 Si no aplicó productos ¿Por qué fue así? \_\_\_\_\_

12.8 ¿Quién se lo recomendó?

Otro productor  Técnico  Vendedor de productos

12.9 ¿Recibió apoyo técnico para combatir la plaga?  Si  No

13. ¿Por parte de quien la recibió?

Asesoría privada  Institución gubernamental  Colegio o Universidad

13.1 ¿Cuál considera que ha sido el año de mayor infestación de pulgón amarillo?  
 2013  2014  2015  2016  2017

13.2 En los siguientes ciclos ¿Cómo considera que se presentó la infestación de pulgón?

	2013	2014	2015	2016	2017
Disminuyó	<input type="checkbox"/>				
Se mantuvo	<input type="checkbox"/>				
Aumentó	<input type="checkbox"/>				

13.3 En los siguientes ciclos ¿Cuál fue el porcentaje de rendimiento perdido?

	2013	2014	2015	2016	2017
< 30 %	<input type="checkbox"/>				
31-50 %	<input type="checkbox"/>				
51-70 %	<input type="checkbox"/>				
71-100 %	<input type="checkbox"/>				

13.4 En los siguientes ciclos ¿Cuál fue la producción final del cultivo?

2013 \_\_\_\_\_  
 2014 \_\_\_\_\_  
 2015 \_\_\_\_\_  
 2016 \_\_\_\_\_  
 2017 \_\_\_\_\_

13.5 ¿Cuál considera que es el efecto del pulgón en el cultivo?

Menor desarrollo de panoja  Menor llenado de granos  Menor peso de grano  Otro \_\_\_\_\_

13.6 ¿Debido a los daños que sufrió su cultivo por pulgón amarillo considera que su precio en el mercado se vio afectado?  Sí  No ¿Porque? \_\_\_\_\_

13.7 ¿Los daños causados por el pulgón amarillo lo llevo a tener que ocuparse en otras actividades laborales?  Sí  No ¿Cuál? \_\_\_\_\_

13.8 De no ser así ¿tuvo que recurrir a pedir préstamos o a empeñar bienes?  Sí  No

13.9 Si tuvo que recurrir a préstamos o a empeños ¿El rendimiento obtenido fue suficiente para pagar sus deudas?  Sí  No

14. Después del año con más afectación ¿Qué paso al año siguiente?

Cambio de cultivo  Descanso el terreno  Continuo con sorgo pero cambio de productos  Buscó asesoría  Otros \_\_\_\_\_

14.1 ¿Considera que la temporada de sequía está relacionada con una mayor afectación al cultivo por el pulgón amarillo?  Sí  No ¿Por qué? \_\_\_\_\_

14.2 ¿Conoce otra forma de controlar el pulgón además de los plaguicidas?  Sí  No ¿Cuál? \_\_\_\_\_

15.1 ¿Estaría interesado en aprender otro tipo de prácticas y métodos de control? Si  No

## 16. Buenas prácticas agrícolas

Si utilizó plaguicidas para controlar la plaga/enfermedad/maleza

16.1 ¿Cuándo aplicó productos utilizó equipo de protección para aplicar?  Sí  No

16.2 ¿Cuáles?

Overol/Delantal (plástico)  Guantes  Botas  Equipo protector cabeza y ojos (gorra)  Máscara antigás (algún paño, trapo, paliacate)  Otros \_\_\_\_\_

- 16.3 ¿Utiliza equipos diferentes (bombas) para aplicar los productos?  Si  No
- 16.4 ¿Después de aplicar producto lava el equipo (bomba)?  Si  No Describa \_\_\_\_\_
- 16.5 ¿Después de aplicar producto lava su ropa para quitar residuos?  Si  No Describa \_\_\_\_\_
- 16.6 Al terminar de aplicar el producto ¿Qué hace con el envase plástico?  
 Lava y deposita en lugares adecuados  Reutiliza  Quema  Deposita en la basura  
 Otros \_\_\_\_\_

### 17. Uso de plaguicidas y salud

De manera posterior a la aplicación del plaguicida

- 17.1 ¿La persona que aplicó el producto tuvo algún problema de salud?  Si  No
- 17.2 ¿Cuáles?  
 Dolor de cabeza  Náuseas  Dolor corporal  Irritación en los ojos  Irritación garganta  
 Otros \_\_\_\_\_

- 17.3 Si padeció algunos de estos síntomas ¿Acudió a alguna institución de salud?  Si  No  
 ¿Cuál?  
 IMSS  ISSTE  ISSSTEP  Seguro popular  Médico privado (Costo consulta) \_\_\_\_\_
- 17.4 ¿Fue necesario comprar medicamentos extras?  Si Costo \_\_\_\_\_  No

### 18. Fertilización

- 18.1 ¿Aplica fertilizante en la siembra o con la primera labor?  Si  No

¿Tipo de fertilización?

Abono / Fert Químico	Producto aplicado /costo	Kg/ha	Método y fecha de aplicación	Fecha de aplicación	Jornales familia		Asalariado		Costo servicio
					H	M	H	M	

### 19. Cosecha

Fecha (Mes)	Método	Jornales familia		Asalariado		Costo servicio	Rendimiento t/ha	Destino <sup>1</sup>
		H	M	H	M			

<sup>1</sup>Se refiere a si es destinado al autoconsumo o a la venta

### 20. Comercialización

- 20.1 ¿En qué sitio o a quien vende su producto?  
 Carretera  Acopiador local  Acopiador regional  Acopiador nacional  Mercado  
 Venta directa a la industria  Otro \_\_\_\_\_
- 20.2 ¿Tiene algún contrato de compra-venta?  Si  No
- 20.3 De tener contrato ¿Existen restricciones o criterios para la compra?  Si  No ¿Cuáles?  
 \_\_\_\_\_

- 20.4 ¿Cuál fue el precio de compra por tonelada (o equivalente) para los siguientes ciclos?

2013 \_\_\_\_\_  
2014 \_\_\_\_\_  
2015 \_\_\_\_\_  
2016 \_\_\_\_\_  
2017 \_\_\_\_\_

20.5 Si es necesario trasportar el grano ¿Cuenta con medio de transporte? [ ]Si [ ]No

20.6 De no ser así, ¿Cuál es el costo de la renta del servicio?

\_\_\_\_\_

20.7 ¿Existen características requeridas del grano de sorgo para su compra? [ ]Si [ ]No  
¿Cuáles?

\_\_\_\_\_

20.8 ¿Existe alguna penalización si no se cumple con dichas características? [ ]Si [ ]No  
¿Cuál?

\_\_\_\_\_