

# MANEJO INTEGRADO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN TAMAULIPAS

Luis A. Rodríguez del Bosque y Antonio P. Terán Vargas



SAGARPA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PECUARIO Y ALIMENTACIÓN



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional del Noreste  
Campo Experimental Río Bravo  
Río Bravo, Tamaulipas, Septiembre de 2018  
Folleto Técnico No. MX-0-310304-45-03-13-09-72  
ISBN: 978-607-37-0976-7

**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,  
Pesca y Alimentación**

**Lic. Baltazar Hinojosa Ochoa**

Secretario

**M.C. Jorge Luis Zertuche Rodríguez**

Subsecretario de Agricultura

**Ing. Ignacio Lastra Marín**

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**M.C. Raúl Enrique Galindo Favela**

Subsecretario de Desarrollo Rural

**Lic. Marcelo López Sánchez**

Oficial Mayor

**Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

**Dr. José Fernando De La Torre Sánchez**

Director General

**M. C. Jorge Fajardo Guel**

Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Dr. Raúl G. Obando Rodríguez**

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**Mtro. E. Francisco Berterame Barquín**

Coordinador de Administración y Sistemas

**Centro de Investigación Regional del Noreste**

**Dr. Sebastián Acosta Núñez**

Director Regional

**Dr. Jorge Elizondo Barrón**

Director de Investigación, Innovación y Vinculación

**C.P. Everardo Díaz Covarrubias**

Director de Administración

# MANEJO INTEGRADO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN TAMAULIPAS

Dr. Luis A. Rodríguez del Bosque<sup>1</sup>  
Dr. Antonio P. Terán Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Investigador del Campo Experimental Río Bravo  
<sup>2</sup> Investigador del Campo Experimental Las Huastecas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Centro de Investigación Regional del Noreste  
Campo Experimental Río Bravo  
Septiembre, 2018  
Folleto Técnico Núm. MX-0-310304-45-03-13-09-72  
ISBN: 978-607-37-0976-7

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias**

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán, C.P. 04010 México D. F.  
Teléfono (55) 3871-8700

**MANEJO INTEGRADO DEL PULGÓN AMARILLO DEL  
SORGO EN TAMAULIPAS**

ISBN: 978-607-37-0976-7

Clave CIRNE: INIFAP/CIRNE/A-584

Primera Edición 2018

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	4
PLANTAS HOSPEDERAS	5
IDENTIFICACIÓN	6
BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA	8
Ciclo Biológico	8
Dinámica Poblacional	9
Enemigos Naturales	11
Efecto de la Lluvia	18
DAÑOS Y PÉRDIDAS	23
MANEJO INTEGRADO	32
Muestreo	32
Umbral Económico	33
Control Químico	37
Métodos y Épocas de Aplicación	40
Productos Alternativos	42
Tolerancia Varietal	45
Prácticas Culturales	51
Recomendaciones Prácticas	55
IMPACTO ECONÓMICO	56
APOYOS A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	58
CONSIDERACIONES FINALES	62
AGRADECIMIENTOS	64
LITERATURA CITADA	64

## INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Características morfológicas de cuatro especies de pulgones que atacan el sorgo en Tamaulipas.	7
Cuadro 2.	Efecto de la lluvia sobre el PAS y pulgones momificados por parasitoides. Río Bravo, Tam. 2014-2017.	20
Cuadro 3.	Densidad promedio del PAS y % pérdidas en el rendimiento del grano del sorgo en dos ciclos de producción (OI y PV) en cinco años. Norte de Tamaulipas. 2013-2017.	31
Cuadro 4.	Insecticidas más efectivos para el control químico del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas.	38
Cuadro 5.	Oportunidad en la aplicación de insecticida contra el PAS en dos híbridos de sorgo. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.	39
Cuadro 6.	Comparación de métodos y épocas de aplicación del insecticida imidacloprid para el control del pulgón amarillo del sorgo en varios ciclos de producción. Río Bravo, Tam. 2014-2017.	41
Cuadro 7.	Promedio de pulgones/hoja (nueve fechas de muestreo) y rendimiento de grano de sorgo en diversos productos alternativos en comparación con el control químico con flupyradifurone. Ciclo PV 2016. Río Bravo, Tam.	44
Cuadro 8.	Infestación del PAS en híbridos de sorgo en parcelas sin tratar en cinco ensayos. Río Bravo, Tam. 2014-2017.	47
Cuadro 9.	Pérdidas en rendimiento en híbridos de sorgo por el PAS en cinco ensayos. Río Bravo, Tam. 2014-2017.	48
Cuadro 10.	Número de pulgones/hoja (promedio de nueve muestreos) en tratamientos en combinación con híbridos de sorgo, fertilización e irrigación. Río Bravo, Tamps. Ciclo OI-2017.	53

### INDICE DE CUADROS (continuación)

		Página
Cuadro 11.	Número de pulgones/hoja (promedio de nueve muestreos) y % de pérdida en el rendimiento de grano en tratamientos en combinación con híbridos de sorgo, fertilización e irrigación. Río Bravo, Tamps. Ciclo PV-2017.	54
Cuadro 12.	Impacto económico de las investigaciones del INIFAP sobre el PAS en el norte de Tamaulipas. 2014-2017.	57
Cuadro 13.	Eventos de apoyo a la transferencia de tecnología sobre el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas y otras entidades del país. 2014-2017.	59

## INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Pérdida total de una parcela de sorgo, poco después de la invasión del PAS. Río Bravo, Tam. 2013.	3
Figura 2.	Sorgo intercalado con caña de azúcar (izquierda) y maíz (derecha) para determinar la preferencia del pulgón amarillo a estos cultivos. Río Bravo, Tam. 2014.	6
Figura 3.	Cuatro especies de pulgones que atacan el sorgo en Tamaulipas: <i>Schizaphis graminum</i> (arriba-izquierda); <i>Sipha flava</i> (arriba-derecha); <i>Melanaphis sacchari</i> (abajo-izquierda); y <i>Rhopalosiphum maidis</i> (abajo-derecha).	7
Figura 4.	Ninfas y adultos del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 2014.	8
Figura 5.	Tasa de crecimiento poblacional del pulgón amarillo del sorgo (DK-54). Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2015-2017.	10
Figura 6.	Tasa de crecimiento poblacional del pulgón amarillo del sorgo (DK-54). Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2014-2017.	10
Figura 7.	Presencia simultánea de diversos depredadores (Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae) y momias de pulgones parasitados. Río Bravo, Tam. 2017.	12
Figura 8.	Catarinas: (A) <i>Harmonia axyridis</i> ; (B) <i>Hippodamia convergens</i> ; (C) <i>Coleomegilla maculata</i> ; (D) <i>Olla v-nigrum</i> ; (E) <i>Cycloneda sanguinea</i> ; (F) <i>Scymnus</i> sp.; (G) larva de <i>Hippodamia convergens</i> ; (H) pupa de <i>Hippodamia convergens</i> ; (I) larvas de <i>Scymnus</i> sp. Río Bravo, Tam. 2014-2015.	13
Figura 9.	Adulto (izquierda) y larva (derecha) de crisopa, familia Chrysopidae. Río Bravo, Tam. 2014-2015.	14
Figura 10.	Momias de <i>M. sacchari</i> parasitadas por <i>Lysiphlebus testaceipes</i> (izquierda) y <i>Aphelinus</i> sp. (derecha). Imágenes de Patrick Porter, Texas Cooperative Extension.	14
Figura 11.	Depredación del pulgón amarillo del sorgo por un promedio de 2.5 catarinas/hoja. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.	16

## INDICE DE FIGURAS (continuación)

		Página
Figura 12.	Depredación del pulgón amarillo del sorgo por un promedio de 2.5 catarinas/hoja a las 0, 24, 48 y 72 h. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.	17
Figura 13.	Parasitismo de la avispa <i>L. testaceipes</i> sobre el pulgón amarillo del sorgo. San Fernando, Tam. Ciclo OI 2016.	18
Figura 14.	Conteo del pulgón amarillo del sorgo antes y después de una lluvia. Río Bravo, Tam. 25 junio, 2014.	19
Figura 15.	Supervivencia del pulgón amarillo del sorgo en diferentes combinaciones de simulación de lluvia, viento constante y ráfagas de viento. Río Bravo, Tam. 2016.	22
Figura 16.	Supervivencia del pulgón amarillo del sorgo después de caer al suelo en dos tipos de humedad del suelo. Río Bravo, Tam. 2016.	23
Figura 17.	Distribución vertical del pulgón amarillo en diferentes etapas fenológicas del sorgo (híbrido DK-54). Río Bravo, Tam. 2014-2015.	24
Figura 18.	Presencia de mielecilla (izquierda) y fumagina (derecha) en hojas de sorgo como consecuencia de la alimentación y daño del PAS. Río Bravo, Tam. 2014.	24
Figura 19.	Relación entre número de pulgones/hoja y número de hojas enmieladas. Río Bravo, Tam. 2014-2015.	25
Figura 20	Planta de sorgo infectada con pudrición carbonosa del tallo ( <i>Macrophomina phaseolina</i> ) después de ser dañada por el PAS (izquierda) y corroboración del patógeno en laboratorio (derecha). Río Bravo, Tam. 2015.	26
Figura 21.	Vista aérea de experimento con híbridos de sorgo y control químico en diferentes etapas fenológicas y su efecto en daños y pérdidas por el PAS. Río Bravo, Tam. Octubre, 2017.	27
Figura 22.	Relación entre número de pulgones/hoja y % de pérdida en diferentes tratamientos con híbridos y control químico en diferentes etapas fenológicas. Río Bravo, Tam. Ciclo PV-2017	28

## INDICE DE FIGURAS (continuación)

		Página
Figura 23.	Pérdidas en el rendimiento de grano por el PAS en función de la etapa fenológica del sorgo. Las etapas de embuche (bota) e inicio de la floración son las de mayor probabilidad de inicio de la infestación del pulgón.	28
Figura 24.	Pérdidas en rendimiento del sorgo en función del número de hojas dañadas por el pulgón amarillo. Río Bravo y Matamoros, Tamps. 2014-2016.	29
Figura 25.	Comparación entre control químico del pulgón amarillo del sorgo (derecha) y testigo sin aplicar (izquierda). Lote en 112E-25N, Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2014.	30
Figura 26.	Prueba de palatabilidad en novillos de raza Beefmaster con forraje de sorgo sano (izquierda) y dañado por el PAS (derecha). Río Bravo, Tam. 2015.	31
Figura 27.	Método de conteo de pulgones mediante la escala visual propuesto por Bowling <i>et al.</i> (2015). El número después de cada letra (categoría) es el estimado de pulgones y el número entre paréntesis es el rango de pulgones en cada categoría.	34
Figura 28.	Conteo de pulgones mediante el método de la estimación de la superficie (cm <sup>2</sup> ) con la ayuda de una regla de 30 cm.	35
Figura 29.	Modelo de regresión lineal entre las variables densidad de pulgones (x) y rendimiento del sorgo (y). Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.	36
Figura 30.	Modelo de regresión lineal entre las variables densidad de pulgones (x) y rendimiento del sorgo (y). Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2016.	37
Figura 31.	Densidad de pulgones/hoja en diversos productos alternativos en comparación con el control químico con flupyradifurone, en nueve fechas de muestreo. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.	43
Figura 32.	Efecto de la aplicación de detergente líquido para platos (3 %) sobre al pulgón amarillo del sorgo.. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.	43
Figura 33.	Parcelas sin aplicación de insecticida mostrando a Mezquite, el híbrido más tolerante al pulgón amarillo del sorgo y DK-54, el híbrido más susceptible. Río Bravo, Tam. Ciclo P-V 2014.	46

## INDICE DE FIGURAS (continuación)

		Página
Figura 34.	Número de pulgones/hoja en tres muestreos cada 10 días en 19 híbridos de sorgo. En promedio, el PAS creció 5 pulgones/día en la var. tolerante Mezquite y 77 pulgones/día en la var. susceptible DK-54. Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2015.	49
Figura 35.	Número de pulgones/hoja en nueve muestreos para evaluar la interacción entre variedades (DK-54 y Mezquite), fertilización (fertilizado y sin fertilizar) e irrigación (riego y temporal). Nótese que las líneas de los cuatro tratamientos con el híbrido Mezquite están empalmadas por la baja densidad del pulgón. Río Bravo, Tam. Ciclo OI-2017.	53
Figura 36.	Número de pulgones/hoja en nueve muestreos para evaluar la interacción entre variedades (DK-54 y Mezquite), fertilización (fertilizado y sin fertilizar) e irrigación (riego y temporal). Nótese que las líneas de los cuatro tratamientos con el híbrido Mezquite están empalmadas por la baja densidad del pulgón. Río Bravo, Tam. Ciclo PV-2017.	54
Figura 37.	Curso sobre manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Matamoros, Tam. 30 de abril, 2015.	58
Figura 38.	Demostración sobre susceptibilidad/resistencia de híbridos de sorgo al pulgón amarillo. Río Bravo, Tam. 22 de octubre de 2015.	61
Figura 39.	Curso-taller sobre manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 19 de abril, 2016.	61
Figura 40.	Día del agricultor en el Campo Experimental Río Bravo, donde se presentaron los avances sobre el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 8 de junio de 2017.	62
Figura 41.	Fases que ocurren durante la invasión de una nueva plaga (adaptado de Colares <i>et al.</i> 2015b), para ejemplificar el caso del PAS en Tamaulipas.	63

## MANEJO INTEGRADO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN TAMAULIPAS

Dr. Luis A. RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

Dr. Antonio P. TERÁN VARGAS

### INTRODUCCIÓN

El sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, es el quinto cereal en el mundo por su producción y superficie cosechada. En México, es el segundo cultivo más importante, con una superficie promedio de 2 millones de hectáreas y un valor de la producción de casi 17 mil millones de pesos anuales. El 80 % de la superficie de sorgo se cultiva en los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa y Michoacán (FIRA 2016, SIAP 2017).

En el norte de Tamaulipas, el sorgo y el maíz (*Zea mays* L.) sustituyeron al algodón (*Gossypium hirsutum* L.) a partir de los 1960's debido a los problemas fitosanitarios de este último (Williams *et al.* 2006). Actualmente se siembran entre 600 mil y 700 mil hectáreas de sorgo en esta región (SIAP 2017). Casi la totalidad de la producción de sorgo en la región se destina al consumo animal (FIRA 2016), aunque recientemente se promueve la utilización del sorgo para consumo humano y producción de bioetanol (Montes *et al.* 2010, 2013).

Antes del 2013, los problemas entomológicos del sorgo en la región habían sido ocasionales, particularmente en siembra tardías, con la mosquita del sorgo, *Contarinia*

*sorghicola* (Coquillet) y gusanos defoliadores (Rodríguez-del-Bosque y Loera 2006). La presencia ocasional de tres especies de pulgones, *Sipha flava* (Forbes), *Schizaphis graminum* (Rondani) y *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), no representaban amenaza alguna para los productores, particularmente por la presencia de fauna benéfica que eliminan de manera efectiva las poblaciones de los pulgones (Rodríguez-del-Bosque y Loera 2006).

En noviembre de 2013, se observaron poblaciones extremadamente abundantes de pulgones que se alimentaron y dañaron severamente parcelas comerciales de sorgo en una forma inusual en el norte de Tamaulipas (Fig. 1). La especie de pulgón era diferente a las tres especies mencionadas anteriormente. Esta nueva especie fue identificada como el "pulgón amarillo del sorgo" (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), lo que representó el primer reporte de esta plaga en México. Después de su detección en Tamaulipas, *M. sacchari* se distribuyó rápidamente a todos los estados de la República Mexicana donde se siembra sorgo (SENASICA 2014, Rodríguez-del-Bosque y Terán 2015).

Previo a la invasión en Tamaulipas, el PAS fue detectado en Beaumont, Texas, E.U.A. en junio de 2013. Durante ese año, el PAS provocó daños severos al sorgo en Texas, Louisiana, Mississippi y Oklahoma y se expandió a otros 13 estados de la union americana durante 2014 (Brewer *et al.* 2013, Villanueva *et al.* 2014, Bowling *et al.* 2016). Aunque se desconoce el origen de la infestación inicial del PAS en Texas, los factores asociados con la

dispersion masiva de esta plaga en E.U.A. y México en un tiempo relativamente corto incluyeron: (a) capacidad de hibernar en la soca o plantas voluntarias de sorgo y zacate Johnson; (b) capacidad de dispersion de las formas aladas mediante corrientes de viento; (c) alta capacidad de reproducción y ciclo corto; y (d) diseminación de la plaga por las actividades humanas (Bowling *et al.* 2016).



**Figura 1. Pérdida total de una parcela de sorgo, poco después de la invasion del PAS. Río Bravo, Tam. 2013.**

Como respuesta a la invasion del PAS en México, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) implementó el programa Manejo Fitosanitario del Sorgo a partir de abril de 2014, con

el propósito de reducir los niveles de infestación de la plaga y mitigar el riesgo de su dispersión hacia zonas libres del territorio nacional. En 2015, el SENASICA, a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), autorizó la operación de la Campaña contra el Pulgón Amarillo del Sorgo en todos los estados productores de sorgo. Las acciones de la campaña incluyen: monitoreo de la plaga (exploración y muestreo), tratamiento a la semilla, control biológico, control químico, control cultural y capacitación a técnicos y productores. La campaña tuvo una cobertura de 260 mil y 900 mil hectáreas en diversos estados durante 2016 y 2017, respectivamente (SENASICA 2017).

## ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Se presume que *M. sacchari* es originario de Africa y el Medio Oriente, aunque actualmente se distribuye en todos los continentes, excepto Antártida (Singh *et al.* 2004, SENASICA 2014). Esta especie fue originalmente descrita con base en especímenes colectados en caña de azúcar en la isla de Java, Indonesia (Zehntner 1897). Aunque Blackman y Eastop (2006) consideran a *Melanaphis sorghi* (Theobald) como una especie diferente, Remaudiere y Remaudiere (1997) la consideran como un sinónimo de *M. sacchari*.

El primer registro del PAS en el continente Americano se remonta a principios de los 1930's en Guyana y de ahí se distribuyó al Caribe, Centro y Sudamérica (Delfino 1985, Blackman y Eastop 2006). Previo a la invasión reciente del PAS, este insecto ya se había reportado en caña de azúcar

(*Saccharum officinarum* L.) en Florida (Mead 1978) y Louisiana, E.U.A. (White *et al.* 2001), razón por la que en el vecino país se le conoce como “sugarcane aphid” (pulgón de la caña de azúcar) (Bowling *et al.* 2016).

Entre 2015 y 2016 se reportó la invasión del PAS en Centroamérica, particularmente El Salvador, Nicaragua y Honduras y en todos los casos se implementaron programas de prevención y control de la plaga basados en las experiencias obtenidas en México (CENTA 2016, IPSA 2016, SAG 2016).

## PLANTAS HOSPEDERAS

A nivel mundial, se han reportado más de 20 géneros de plantas hospederas de *M. sacchari*, principalmente gramíneas (familia Poaceae), e incluyen zacates silvestres y cultivos importantes como maíz, sorgo, caña de azúcar, arroz (*Oryza sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y mijo (*Panicum miliaceum* L.) (Singh *et al.* 2004, Peña *et al.* 2015). Sin embargo, es importante acotar que las poblaciones de *M. sacchari* que invadieron E.U.A. y México en 2013 pertenecen a una raza o “superclon” que posee una alta preferencia por genotipos de sorgo (grano, forrajero, escobero, dulce, “cañita”) y sus parientes silvestres, como el zacate Johnson, *Sorghum halepense* (L.) (Bowling *et al.* 2016, Nibouche *et al.* 2018). En Tamaulipas se ha demostrado que esta raza de *M. sacchari* no ataca al maíz ni caña de azúcar, incluso cuando están sembrados adyacentes al sorgo (Fig. 2). Pruebas en E.U.A. demostraron también que esta raza prefiere al sorgo que a

otras gramíneas (Armstrong *et al.* 2015).



Figura 2. Sorgo intercalado con caña de azúcar (izquierda) y maíz (derecha) para determinar la preferencia del pulgón amarillo a estos cultivos. Río Bravo, Tam. 2014.

## IDENTIFICACIÓN

*Melanaphis sacchari* se puede distinguir de las otras tres especies de pulgones por las siguientes características morfológicas: (a) color amarillo con tonos grisáceos o pardos; (b) tarsos oscuros; y (c) sifúnculos oscuros (Fig. 3, Cuadro 1). Por su parte, *Rhopalosiphum maidis* es verde azulado, con patas y sifúnculos oscuros. *Schizaphis graminum* es verde limón con una línea oscura en el dorso, tarsos oscuros y sifúnculos claros. *Sipha flava* es amarillo brillante, setas pequeñas (“pelillos”) en el dorso, patas claras y sifúnculos imperceptibles (Bowling *et al.* 2016).

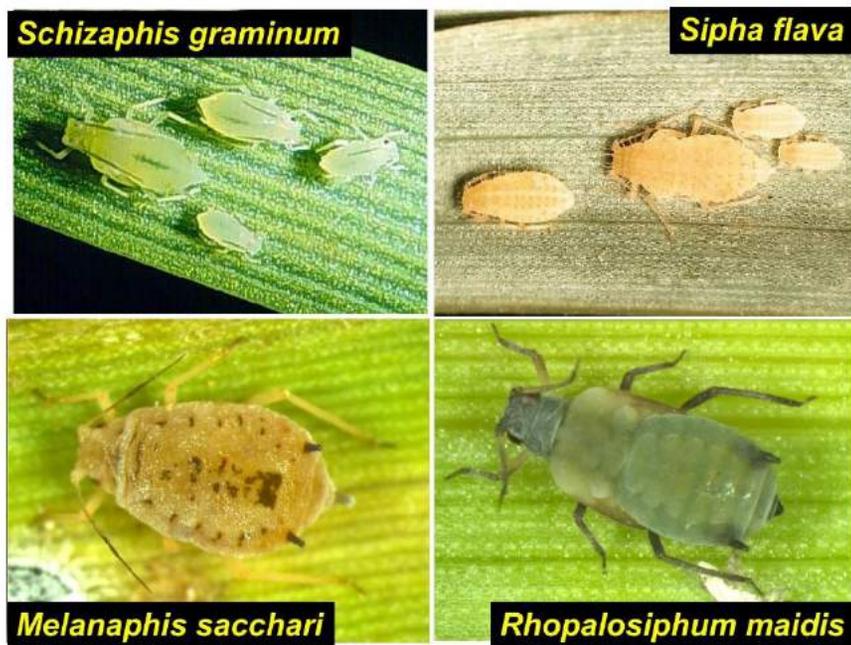


Figura 3. Cuatro especies de pulgones que atacan el sorgo en Tamaulipas: *Schizaphis graminum* (arriba-izquierda); *Siphia flava* (arriba-derecha); *Melanaphis sacchari* (abajo-izquierda); y *Rhopalosiphum maidis* (abajo-derecha). Imágenes de University of Nebraska (*S. graminum*); University of California (*S. flava*); y ICAR-NBAIR (*M. sacchari* y *R. maidis*).

Cuadro 1. Características morfológicas de cuatro especies de pulgones que atacan el sorgo en Tamaulipas.

Especie	Color	Tarsos	Sifúnculos
<i>Melanaphis sacchari</i>	Amarillo pardo	Oscuros	Oscuros
<i>Siphia flava</i>	Amarillo brillante	Claros	Imperceptibles
<i>Schizaphis graminum</i>	Verde limón	Claros	Claros
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Verde azulado	Oscuros	Oscuros

## BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

### Ciclo Biológico

El PAS pasa por cuatro estadios ninfales antes de convertirse en adulto. El tiempo de desarrollo desde que nacen hasta adulto es de 4-12 días, dependiendo de la temperatura. La longevidad de los adultos varía de 10 a 37 días. La mayor parte del año los pulgones son ápteros (Fig. 4), pero en condiciones de sobrepoblación, escasez de alimento o clima adverso, desarrollan alas para emigrar. Los pulgones son vivíparos y se reproducen asexualmente (partenogénesis) (Singh *et al.* 2004). Aunque Peña *et al.* (2016) reportaron formas sexuales del PAS en México, Nibouche *et al.* (2018) descartan la reproducción sexual del PAS en E.U.A. y México debido a su baja diversidad genética, resultado de la reproducción asexual de la plaga (clones).



**Figura 4. Ninfas y adultos del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 2014.**

Cada hembra es capaz de producir entre 34 a 96 individuos y debido a su ciclo de vida corto tienen 10 a 20 generaciones por año (Singh *et al.* 2004) y hasta 60 generaciones por año bajo condiciones de invernadero (Chang *et al.* 1982). Tienen hábitos gregarios. El rango de temperaturas en las que el PAS tiene mayor actividad varía entre 11 y 35 °C (Balikai y Lingappa 2012). Durante el invierno, el PAS se protege de las bajas temperaturas en la base del tallo o raíz del zacate Johnson o plantas voluntarias de sorgo (Singh *et al.* 2004, Bowling *et al.* 2016).

### Dinámica Poblacional

La infestación del PAS inicia con la llegada de alados principalmente por las orillas de las parcelas de sorgo. Aunque al inicio la colonización es lenta, los pulgones alcanzan un crecimiento de hasta 65 pulgones/hoja/día durante el ciclo PV y 10 pulgones/hoja/día en el ciclo OI, por lo que en pocos días las plantas albergan colonias abundantes (Figs. 5 y 6). Bowling *et al.* (2016) reportan un crecimiento poblacional del PAS de hasta 71 pulgones/hoja/día. Las infestaciones más frecuentes inician principalmente al final de la etapa vegetativa (V-8) y al inicio de la etapa reproductiva (embuche) y continúan durante la floración y llenado del grano. La sobrepoblación de pulgones y la senescencia de las plantas parecen estar asociadas con la emigración de los pulgones alados (Singh *et al.* 2004). En Tamaulipas, los pulgones pueden estar presentes en el sorgo desde 10 a 40 días, antes de emigrar.

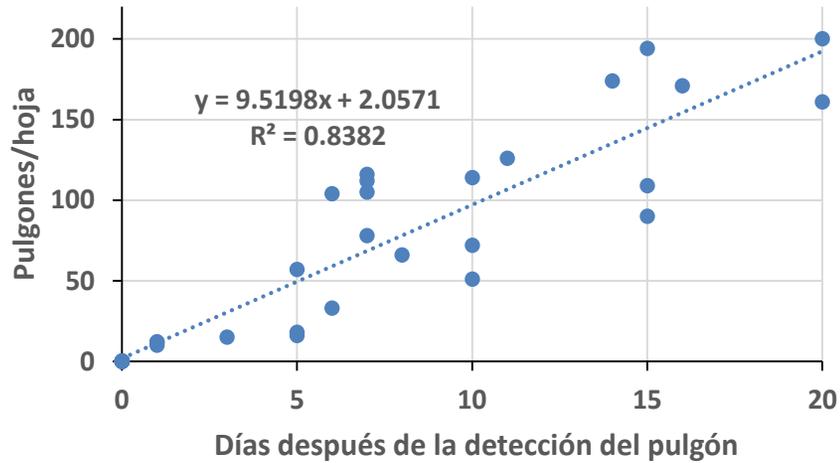


Figura 5. Tasa de crecimiento poblacional del pulgón amarillo del sorgo (DK-54). Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2015-2017.

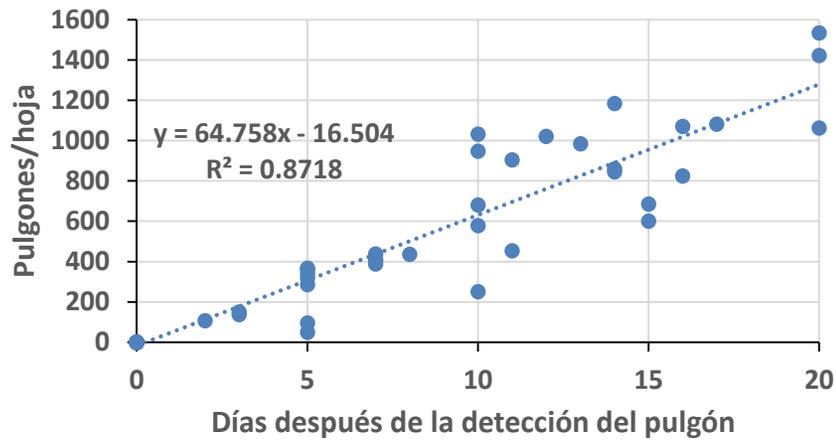


Figura 6. Tasa de crecimiento poblacional del pulgón amarillo del sorgo (DK-54). Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2014-2017.

## Enemigos Naturales

Desde la invasión del PAS en Tamaulipas, se ha observado una diversidad de enemigos naturales que se alimentan del pulgón en una u otra medida (Fig. 7). Se han identificado 19 enemigos naturales asociados al PAS, entre ellos depredadores y parasitoides (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 2018a). Entre los depredadores, se incluyen 11 especies de Coccinellidae (Fig. 8): *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Olla v-nigrum* (Mulsant), *Cycloneda sanguinea* L., *Coleomegilla maculata* (Degeer), *Harmonia axyridis* Pallas, *Coccinella septempunctata* (L.), *Diomus terminatus* (Say), *Diomus roseicollis* (Mulsant), *Scymnus (Pullus) loewii* Mulsant, *Brachiacantha decora* Casey e *Hyperaspis wickhami* Casey. De éstos, los más abundantes son *H. convergens*, *O. v-nigrum*, *C. sanguinea* y *C. maculata*, los cuales incluyen >90 % de todos los especímenes colectados. Las especies de Chrysopidae incluyen a *Ceraeochrysa valida* (Banks) y *Chrysoperla* sp. (grupo *carnea*) (Fig. 9). Otros depredadores de *M. sacchari* observados con menor frecuencia incluyen a *Collops vittatus* (Say) (Melyridae) y *Allograpta obliqua* (Say) (Syrphidae).

Se han identificado dos parasitoides primarios que atacan y emergen de *M. sacchari*: *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Braconidae) y *Aphelinus* sp. (Aphelinidae), con una abundancia relativa de 90 y 10 %, respectivamente (Fig. 10). Se han observado niveles máximos de parasitismo de 95 % con *L. testaceipes* y 35 % con *Aphelinus* sp. Se ha reportado una emergencia muy baja de *L. testaceipes* sobre *M. sacchari* en Kansas y zona central de Texas, E.U.A., como resultado de la infección por *Hamiltonella defensa*, un

endosimbionte secundario que protege a los áfidos del parasitismo de algunas especies de Braconidae (Colares *et al.* 2015a, Bowling *et al.* 2016). La infección de *M. sacchari* con este endosimbionte no ocurre en Tamaulipas, Guanajuato (López *et al.* 2016) y el sur de Texas (Colares *et al.* 2015a), ya que *L. testaceipes* emerge normalmente de las momias parasitadas por este bracónido. Aparentemente, el endosimbionte ejerce su acción en regiones más templadas.



Figura 7. Presencia simultánea de diversos depredadores (Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae) y momias de pulgones parasitados (Braconidae). Río Bravo, Tam. 2017.

En Tamaulipas, el 22 % del total de momias parasitadas de *M. sacchari* resultaron con hiperparasitismo (parasitismo secundario) de dos especies: *Pachyneuron*

*aphidis* (Bouché) (Pteromalidae) y *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr) (Encyrtidae), los cuales parasitaron a *L.*

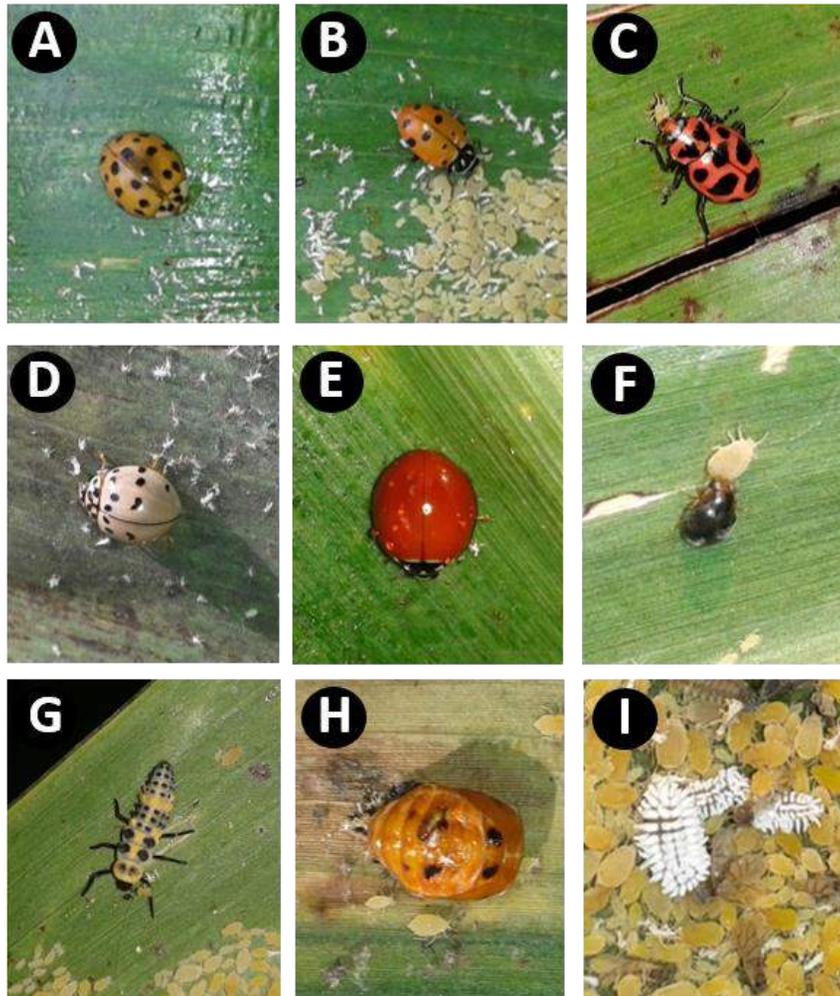


Figura 8. Catarinas: (A) *Harmonia axyridis*; (B) *Hyppodamia convergens*; (C) *Coleomegilla maculata*; (D) *Olla v-nigrum*; (E) *Cycloneda sanguinea*; (F) *Scymnus* sp.; (G) larva de *Hippodamia convergens*; (H) pupa de *Hippodamia convergens*; (I) larvas de *Scymnus* sp. Río Bravo, Tam. 2014-2015.

*testaceipes* y *Aphelinus* sp., respectivamente (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 2018a).



Figura 9. Adulto (izquierda) y larva (derecha) de crisopa, familia Chrysopidae. Río Bravo, Tam. 2014-2015.



Figura 10. Momias de *M. sacchari* parasitadas por *Lysiphlebus testaceipes* (izquierda) y *Aphelinus* sp. (derecha). Imágenes de Patrick Porter, Texas Cooperative Extension.

La diversidad de depredadores y parasitoides del PAS en Tamaulipas es similar a la reportada en Sinaloa (Moreno

*et al.* 2016), Durango (Vázquez *et al.* 2016) y Texas, E.U.A. (Bowling *et al.* 2016). En cambio, los parasitoides del PAS en Guanajuato son más diversos e incluyen los géneros *Aphidius*, *Praon*, *Lysiphlebus*, *Binodoxys* y *Diaretiella*, los cuales parasitaron el 58 % de los pulgones; el género más abundante fue *Aphidius* (López *et al.* 2016).

La presencia de depredadores, particularmente los coccinélidos, es común solo cuando las poblaciones de *M. sacchari* son abundantes y después de que las plantas han sufrido un daño severo, por lo que la acción de los depredadores generalmente no evita las pérdidas económicas. Las Figs. 11-12 muestran la depredación del PAS a través del tiempo; se observa que en promedio, 2.5 catarinas/hoja consumen 27 pulgones/hora, es decir cada catarina consume 11 pulgones/hora; la colonia inicialmente conformada por 2,200 pulgones llega a su mínimo nivel 72 horas después. Aunque lo anterior sugiere un nivel de depredación importante, la acción de las catarinas llegó después de que la plaga provocó daños importantes en la planta, similar a los reportes en otras regiones (Bowling *et al.* 2016, Moreno *et al.* 2016, Vázquez *et al.* 2016, Salas *et al.* 2017).

Cortez-Mondaca *et al.* (2016) identificaron ocho especies de crisopas asociadas al PAS en Sinaloa. Bajo condiciones de laboratorio, Delgado *et al.* (2016) evaluaron la capacidad de consumo del PAS por adultos de la catarina *H. convergens* y larvas de la crisopa *Chrysoperla carnea* (Stephens). En 24 horas, cada catarina y crisopa consumieron 100 y 15 pulgones, respectivamente. También

determinaron que las larvas de *H. convergens* consumen el doble de pulgones que los adultos.

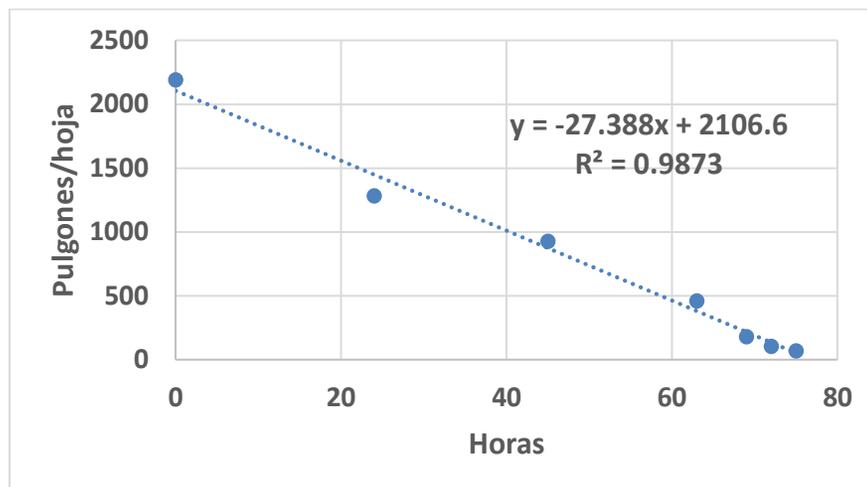


Figura 11. Depredación del pulgón amarillo del sorgo por un promedio de 2.5 catarinas/hoja. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.

En el norte de Tamaulipas no se ha detectado la infección del PAS por hongos entomopatógenos. En Colima se reportó una epizootia natural del hongo *Lecanicillium longisporum* (Petch) Zare & Gams que provocó el 90 % de mortalidad del PAS (Berlanga *et al.* 2016). En Lousiana, E.U.A. y Colombia el PAS es infectado por el hongo *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Viegas en caña de azúcar, particularmente durante la época de lluvias (White *et al.* 2001, Bustillo 2011).

Desde la invasión de *M. sacchari*, su abundancia y daños han disminuído gradualmente en Tamaulipas y otros estados, como resultado de varios factores, entre ellos la acción de los enemigos naturales, particularmente el



Figura 12. Depredación del pulgón amarillo del sorgo por un promedio de 2.5 catarinas/hoja a las 0, 24, 48 y 72 h. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.

bracónido *L. testaceipes* (Fig. 13) que actúa al inicio de la colonización de *M. sacchari* y evita que la plaga se propague rápidamente (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 2018a).



Figura 13. Parasitismo de la avispa *L. testaceipes* sobre el pulgón amarillo del sorgo. San Fernando, Tam. Ciclo OI 2016.

### Efecto de la Lluvia

Es importante determinar los factores bióticos y abióticos que afectan la dinámica poblacional de las plagas como apoyo a la toma de decisiones en el manejo integrado de las mismas. Las lluvias tienen generalmente un impacto negativo sobre las poblaciones de áfidos en diversos cultivos (Kaakeh y Dutcher 1993). Sin embargo, en el caso del PAS era importante determinar el impacto de las lluvias en virtud de que las poblaciones ocurren en el envés de las hojas.

Se llevó a cabo una serie de estudios para determinar el efecto de lluvia natural y simulada sobre las poblaciones

del PAS en el norte de Tamaulipas. El efecto de la lluvia natural se determinó en 11 eventos durante 2014-2017 en parcelas de sorgo, donde se contó el número de pulgones antes y después de las lluvias (Fig. 14). En el Cuadro 2 se observa que en promedio la precipitación provocó una reducción de pulgones de 14.2 % y una máxima de 38.7 % el 15 de octubre de 2015, cuando ocurrió la lluvia más intensa (51 mm/h). Los adultos fueron más afectados por la lluvia que las ninfas, aunque los adultos representan solo el 5 % de la población total de pulgones.

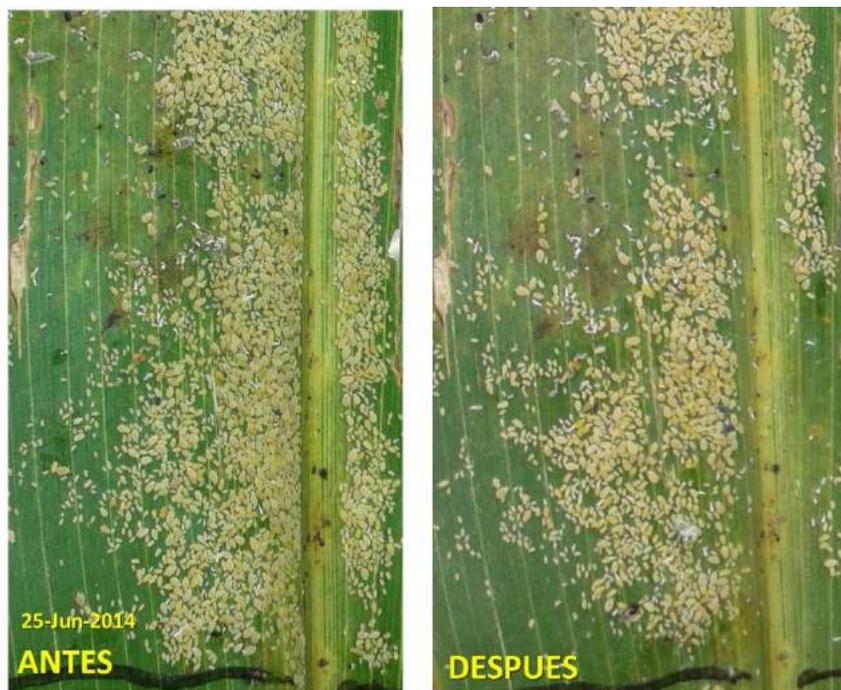


Figura 14. Conteo del pulgón amarillo del sorgo antes y después de una lluvia. Río Bravo, Tam. 25 junio, 2014.

En el Cuadro 2 se observa además que el impacto de la lluvia sobre los pulgones momificados por parasitoides es mínimo (0.6 %), lo que es una ventaja para estos agentes de control biológico. La resistencia de los pulgones momificados para que la lluvia no los tumbe se debe a que la larva del parasitoide "ancla" la parte ventral de la momia a la hoja mediante una combinación de seda y pegamento (Knutson *et al.* 1993, Gutierrez *et al.* 2007).

**Cuadro 2. Efecto de la lluvia sobre el PAS y pulgones momificados por parasitoides. Río Bravo, Tam. 2014-2017.**

Fecha	Intensidad de lluvia (mm/h)	% Reducción*	
		Pulgones**	Momias***
28 may 2014	35	13.1	0
25 jun 2014	15	33.6	0
21 may 2015	32	9.7	1.1
25 ago 2015	25	13.9	0
11 sep 2015	18	22.7	0
15 oct 2015	51	38.7	0
15 may 2016	40	13.0	0
26 sep 2016	34	3.2	0
7 oct 2016	32	8.1	0
16 nov 2016	20	6.3	0
10 ago 2017	18	7.6	0
<b>Promedio</b>	<b>29</b>	<b>14.2</b>	<b>0.6</b>

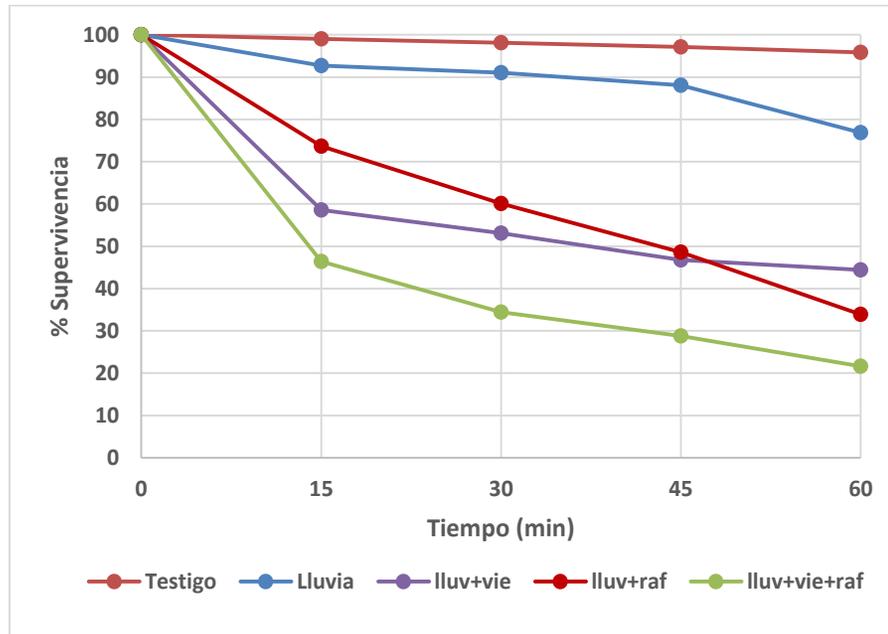
\*Diferencia entre antes y después de la lluvia.

\*\*Ninfas+adultos.

\*\*\*Pulgones momificados por la acción de parasitoides.

Por otro lado, en un experimento con diferentes combinaciones de simulación de lluvia (40 mm/15 min), viento constante (15 km/h) y ráfagas de viento (70 km/h durante 20 seg cada 2 min), se observó que la lluvia en ausencia de viento tuvo un impacto mínimo sobre las poblaciones de pulgones, ya que el 77 % logró sobrevivir después de 60 min (Fig. 15). Los tratamientos de lluvia+viento constante y lluvia+ráfagas de viento provocaron una reducción notable de pulgones. Sin embargo, la combinación de los tres factores: lluvia+viento constante+ráfagas de viento tuvo el mayor impacto sobre los pulgones con una supervivencia de sólo el 22 % a los 60 min. Lo anterior demuestra que los vientos que ocurren durante las lluvias tienen una mayor importancia que las lluvias *per se* en la reducción de pulgones. Las lluvias por sí solas no impactan a los pulgones significativamente al estar resguardados en el envés de las hojas. Sin embargo el efecto del viento al sacudir las hojas tiene un impacto notorio al desprender los pulgones y provocar su caída al suelo.

Balikai y Ligappa (2012) tampoco encontraron un efecto significativo de las lluvias sobre esta misma especie en sorgo en India, aunque estos autores no evaluaron el efecto de los vientos. Bailey *et al.* (1995) encontraron también un efecto mayor de los vientos que la lluvia al estudiar al áfido *Rhopalosiphum padi* (L.) en cebada en E.U.A.



**Figura 15. Supervivencia del pulgón amarillo del sorgo en diferentes combinaciones de simulación de lluvia, viento constante y ráfagas de viento. Río Bravo, Tam. 2016.**

Para determinar la supervivencia de los pulgones que caen al suelo por el efecto de lluvia/viento, se llevó a cabo un experimento al colocar pulgones bajo dos condiciones de humedad: (a) suelo al 25 % humedad (capacidad de campo) y (b) suelo inundado con una lámina de 3 cm. En la Fig. 16 se observa que la supervivencia de los pulgones fue mayor en el suelo con 25 % humedad al alcanzar paulatinamente el 35 % a los 210 min. En contraste, la supervivencia en el suelo inundado fue de sólo el 12 % a los 210 min. Los datos anteriores demuestran que una proporción de los pulgones tiene la habilidad de retornar a

las plantas después de caer al suelo por el efecto de lluvias/viento, incluso en el peor escenario con suelos inundados.

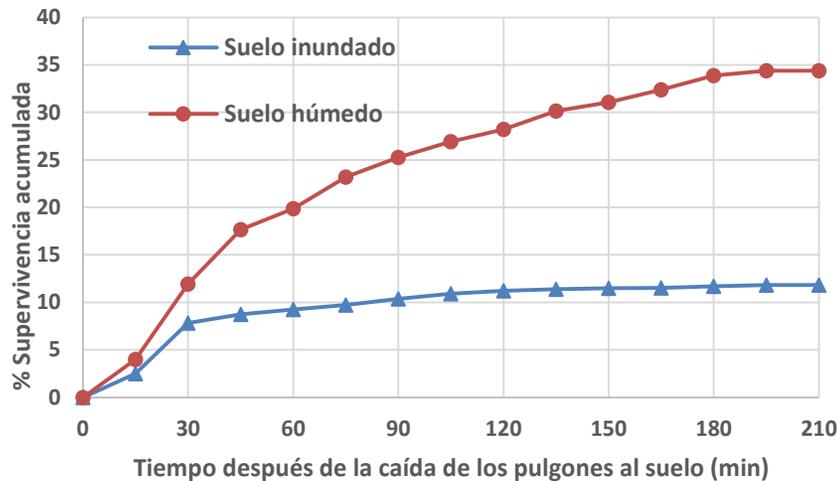


Figura 16. Supervivencia del pulgón amarillo del sorgo después de caer al suelo en dos tipos de humedad del suelo. Río Bravo, Tam. 2016.

## DAÑOS Y PÉRDIDAS

El PAS inicialmente coloniza el envés de las hojas basales y se desplaza gradualmente hacia las hojas superiores como resultado del deterioro de las hojas basales por su alimentación (Fig. 17); en ocasiones llega a infestar las panículas durante la floración y llenado del grano. Un síntoma común asociado con la alimentación del PAS es la producción de mielecilla, lo que posteriormente favorece el desarrollo del hongo denominado como "fumagina" (Fig. 18). A medida que aumenta la densidad de pulgones, mayor

es el número de hojas enmieladas en las plantas (Fig. 19).

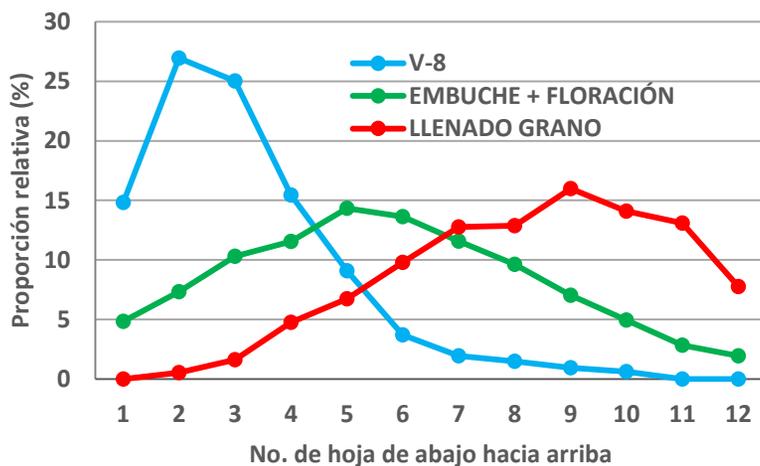
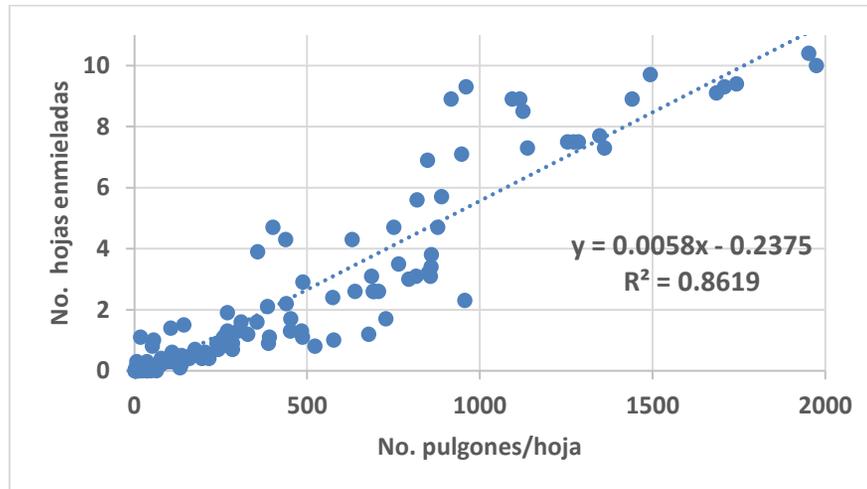


Figura 17. Distribución vertical del pulgón amarillo en diferentes etapas fenológicas del sorgo. Río Bravo, Tam. 2014-2016.



Figura 18. Presencia de mielecilla (izquierda) y fumagina (derecha) en hojas de sorgo como consecuencia de la alimentación y daño del pulgón amarillo. Río Bravo, Tam. 2014.



**Figura 19. Relación entre número de pulgones/hoja y número de hojas enmieladas. Río Bravo, Tam. 2014-2015.**

Los daños del PAS se derivan de la succión de la savia en las hojas, las que se tornan amarillentas y rojizas por las lesiones. Cuando el daño es severo, las plantas se predisponen a la infección del hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., causante de la pudrición carbonosa del tallo (Fig. 20), lo que incrementa la probabilidad de acame (Singh *et al.* 2004, Balikai y Lingappa 2012).

Las pérdidas en el rendimiento del grano de sorgo provocadas por el daño del PAS dependen de una serie de factores, entre ellos el ciclo de producción, variedad, época de siembra, etapa fenológica, manejo agronómico y de la densidad de la plaga y duración del ataque. Una muestra de lo anterior lo representa la Fig. 21 donde se observa un mosaico de intensidades de daño por el PAS en un

experimento con dos factores: (a) híbridos y (b) control químico en diferentes etapas fenológicas; dependiendo de la densidad del PAS en cada tratamiento, las pérdidas variaron entre 0 y 100 % (Fig. 22). La Fig. 23 presenta las pérdidas promedio del PAS en diferentes etapas fenológicas del sorgo; las pérdidas son mayores mientras más temprano se presenta el ataque del PAS.



**Figura 20.** Planta de sorgo infectada con pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina*) después de ser dañada por el PAS (izquierda) y corroboración del patógeno en laboratorio (derecha) por la Dra. María Genoveva Alvarez Ojeda (INIFAP). Río Bravo, Tam. 2015.

En un experimento con diferentes niveles de daño por el PAS, se determinó que por cada hoja dañada (enmielada y fumagina) se pierde en promedio un 8.5 % del rendimiento (Fig. 24). Lo anterior es similar al estudio de Sticker y Pauli (1961), quienes determinaron que el rendimiento del sorgo se reduce en un 9 % por cada hoja

defoliada artificialmente.



**Figura 21. Vista aérea de experimento con híbridos de sorgo y control químico en diferentes etapas fenológicas y su efecto en daños y pérdidas por el PAS. Río Bravo, Tam. Octubre, 2017.**

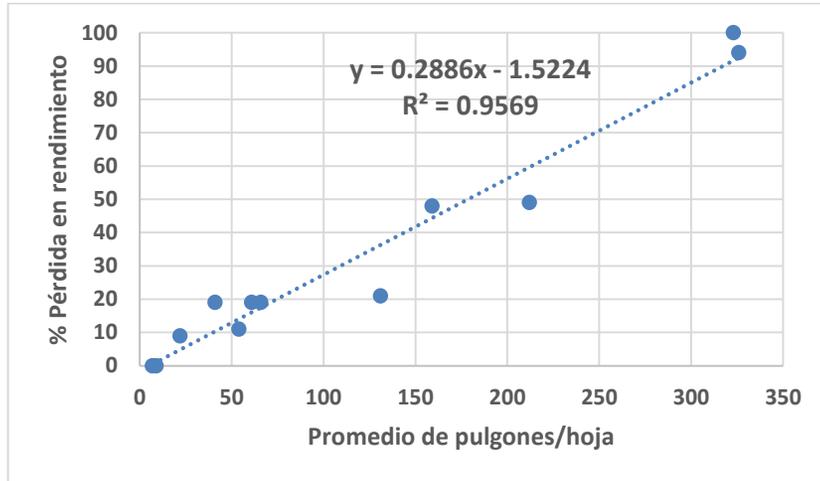


Figura 22. Relación entre número de pulgones/hoja y % de pérdida en diferentes tratamientos con híbridos y control químico en diferentes etapas fenológicas. Río Bravo, Tam. Ciclo PV-2017.

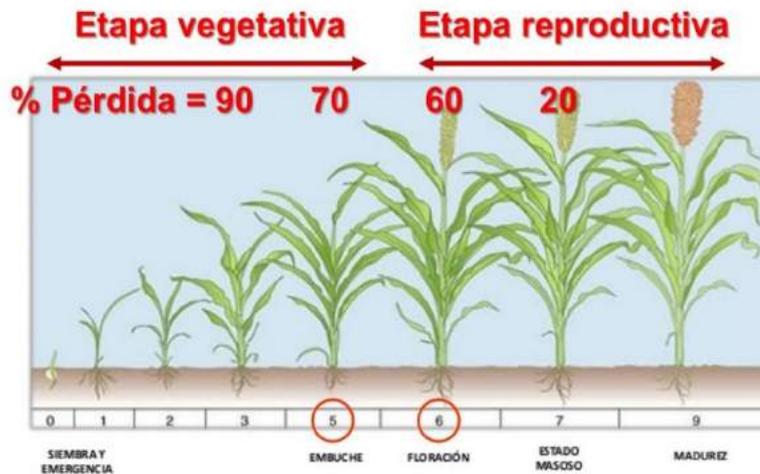
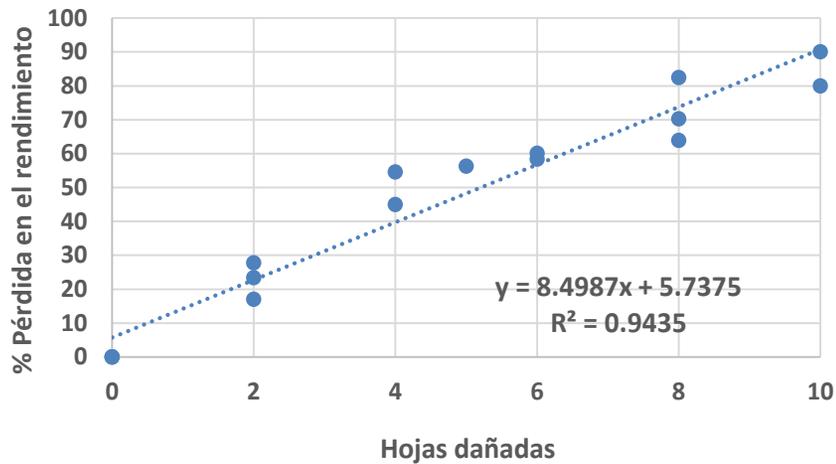


Figura 23. Pérdidas en el rendimiento de grano por el PAS en función de la etapa fenológica del sorgo. Las etapas de embuche (bota) e inicio de la floración son las de mayor probabilidad de inicio de la infestación del pulgón.



**Figura 24. Pérdidas en rendimiento del sorgo en función del número de hojas dañadas por el pulgón amarillo. Río Bravo y Matamoros, Tamps. 2014-2016.**

Los efectos en el rendimiento derivados de los daños del PAS se reflejan en una reducción del número y tamaño de panojas, reducción del número y peso de granos, retraso en la maduración y en casos extremos la muerte de plantas. Pérdidas adicionales se pueden presentar durante la cosecha debido a la mielecilla producida por el PAS que interfiere con la cosechadora (Bowling *et al.* 2016).

En Tamaulipas, se ha llevado a cabo una serie de experimentos para determinar las pérdidas en el rendimiento del sorgo provocadas por el PAS en el Campo Experimental Río Bravo y en lotes de productores cooperantes durante los ciclos de producción OI y PV con base en parcelas tratadas con insecticida y testigos sin tratar (Fig. 25). En el Cuadro 3 se presentan los promedios

de la incidencia del PAS y las pérdidas respectivas en cada uno de los ciclos OI y PV durante cinco años (2013-2017). Se observa que la incidencia del PAS y las pérdidas en el rendimiento han ido disminuyendo durante el ciclo OI, el principal ciclo de producción en la región. En cambio, la incidencia y pérdidas durante el ciclo PV se mantienen altas desde la invasión del PAS. La disminución en la incidencia y pérdidas durante el ciclo OI se discute en la sección Consideraciones Finales (pag. 62).



**Figura 25. Comparación entre control químico del pulgón amarillo del sorgo (derecha) y testigo sin aplicar (izquierda). Lote en 112E-25N, Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2014.**

Los daños del PAS también pueden repercutir en el grano de sorgo destinado a las industrias cervecera y harinera, al afectar algunos componentes estándar de calidad. El uso del grano proveniente de cultivos de sorgo dañados por el PAS reduce la eficiencia en el proceso de la elaboración de cerveza y harina (van der Berg *et al.* 2003).

**Cuadro 3. Densidad promedio del PAS y % pérdidas en el rendimiento del grano del sorgo en dos ciclos de producción (OI y PV) en cinco años. Norte de Tamaulipas. 2013-2017.**

Año	Otoño-Invierno (OI)		Primavera-Verano (PV)	
	Pulgones/hoja	% Pérdida	Pulgones/hoja	% Pérdida
2013	----	----	813	95
2014	338	77	1,435	100
2015	122	23	802	97
2016	137	20	635	96
2017	55	16	725	100



**Figura 26. Prueba de preferencia en vaquillas de raza Beefmaster con forraje de sorgo sano (izquierda) y dañado por el PAS (derecha). Río Bravo, Tam. 2015.**

Además de las pérdidas en calidad y rendimiento del grano, el PAS también provoca pérdidas en peso y calidad del sorgo como forraje (Balikai y Ligappa 2012). En pruebas de preferencia en el norte de Tamaulipas, se observó que los ovinos (Pelibuey), caprinos (Boer) y bovinos (Beefmaster) redujeron hasta en un 80 % el consumo de follaje de sorgo dañado por el PAS en comparación con follaje sano (Fig. 26) (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 2018b).

## **MANEJO INTEGRADO**

### **Muestreo**

El muestreo del pulgón amarillo del sorgo es indispensable para estimar su densidad y realizar acciones para evitar que la plaga rebase el umbral económico (ver sección siguiente) y provoque pérdidas en el rendimiento del cultivo. Se recomienda inspeccionar periódicamente el cultivo para detectar la presencia de la plaga, particularmente al final de la etapa vegetativa (V8-V10), bota e inicio de la floración, cuando por lo general se detecta la llegada de la plaga e inician a colonizar las plantas. Durante estas etapas críticas, se recomienda muestrear el cultivo cada cinco días. En cada predio se deberán muestrear 25 plantas al azar; en cada planta revisar el envés de la 3ª y 6ª hojas de abajo hacia arriba, por lo que el muestreo será en 50 hojas.

El conteo de cada uno de los pulgones es impráctico y tardado, particularmente cuando las colonias son abundantes. Bowling *et al.* (2015) de Texas A&M Agrilife propusieron un método para la estimación del número de

pulgones basado en una escala visual de seis categorías (Fig. 27). Sin embargo, el método de Bowling *et al.* (2015) es menos preciso (80 %) que el propuesto recientemente por el INIFAP (98 %), basado en la medición del área de la colonia (cm<sup>2</sup>) con la ayuda de una regla de 30 cm (Fig. 28). El método consiste en estimar la superficie (largo x ancho) de la colonia del pulgón en cada hoja y multiplicarlo por 133, equivalente al promedio de pulgones por cada cm<sup>2</sup>. El uso del método de la regla para estimar la densidad del pulgón amarillo reduce el tiempo de muestreo de la plaga hasta en 90 % e incrementa un 18 % la precisión con respecto al método de Bowling *et al.* (2015), lo que minimiza los errores en las decisiones de aplicar o no aplicar insecticida contra la plaga (Rodríguez-del-Bosque y Terán 2018).

Una vez que se estimó el número de pulgones en las dos hojas de 25 plantas, se obtiene el promedio (50 hojas) del número de pulgones/hoja. Si el promedio rebasa el umbral económico de 50 pulgones/hoja (ver sección siguiente), es necesario aplicar insecticida para evitar pérdidas en el rendimiento. Si el promedio no rebasa el umbral económico, se deberá muestrear el cultivo cinco días después y así sucesivamente.

### **Umbral Económico**

Un prerrequisito para el manejo integrado de plagas es la determinación del umbral económico, es decir el nivel de daño o densidad en la que es necesario iniciar las acciones de control para evitar pérdidas económicas (Stern 1973). El umbral económico del PAS fue determinado en estudios desarrollados en el norte de Tamaulipas durante los ciclos

PV 2015 y OI 2016 (Rodríguez-del-Bosque 2016).

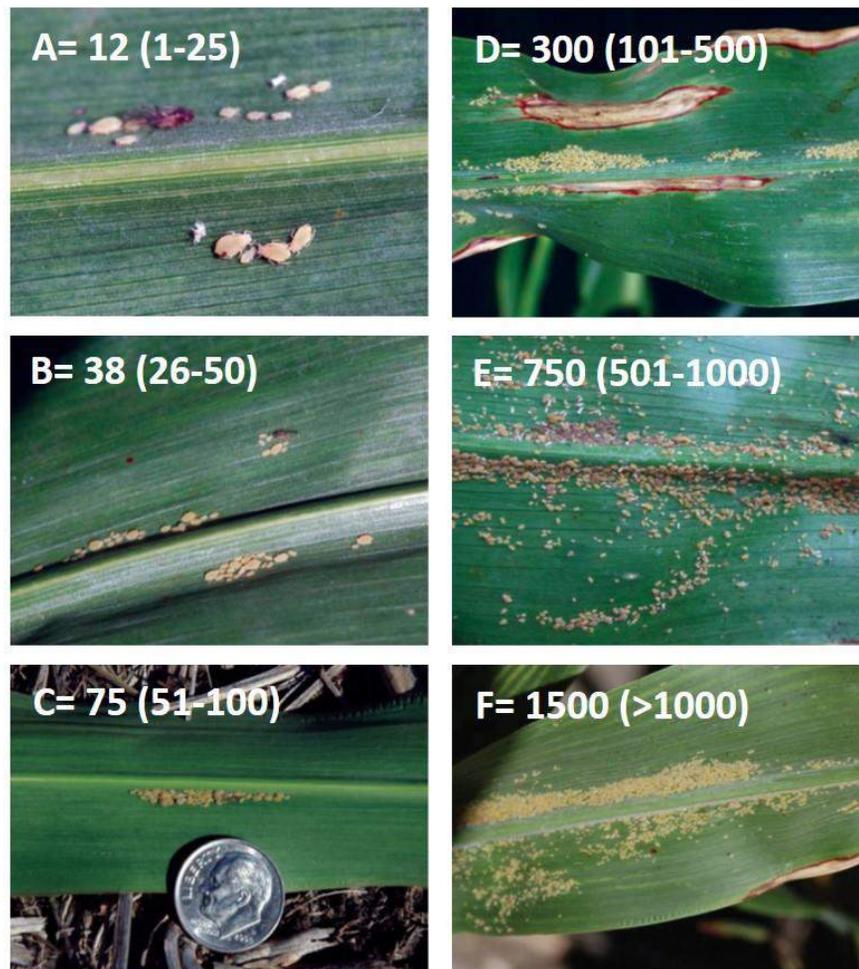


Figura 27. Método de conteo de pulgones mediante la escala visual propuesto por Bowling *et al.* (2015). El número después de cada letra (categoría) es el estimado de pulgones y el número entre paréntesis es el rango de pulgones en cada categoría.



**Figura 28.** Conteo de pulgones mediante el método de la estimación de la superficie (cm<sup>2</sup>) con la ayuda de una regla de 30 cm.

En la Fig. 29 se presenta la relación entre las variables densidad de pulgones (x) y rendimiento del sorgo (y) durante el ciclo PV 2015. Se observa un ajuste adecuado del modelo de regression lineal ( $y = -4.315x + 3988$ ) ( $R^2 = 87\%$ ). La primera parte del modelo ( $-4.315x$ ) representa la pendiente de la línea e indica que por cada pulgón/hoja se perdieron 4.315 kg/ha en el rendimiento del sorgo. Por su parte, el modelo de regresión lineal obtenido durante el ciclo OI 2016 se presenta en la Fig. 30. Se observa también un ajuste adecuado del modelo ( $y = -6.007x + 6561$ ) ( $R^2 = 95\%$ ). En este ciclo, la pendiente de la línea indica que por cada pulgón/hoja se perdieron 6.007 kg/ha en el rendimiento del sorgo.

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

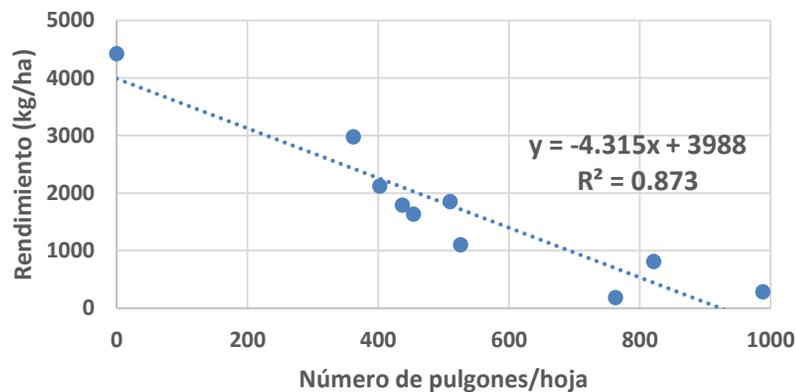


Figura 29. Modelo de regresión lineal entre las variables densidad de pulgones (x) y rendimiento del sorgo (y). Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2015.

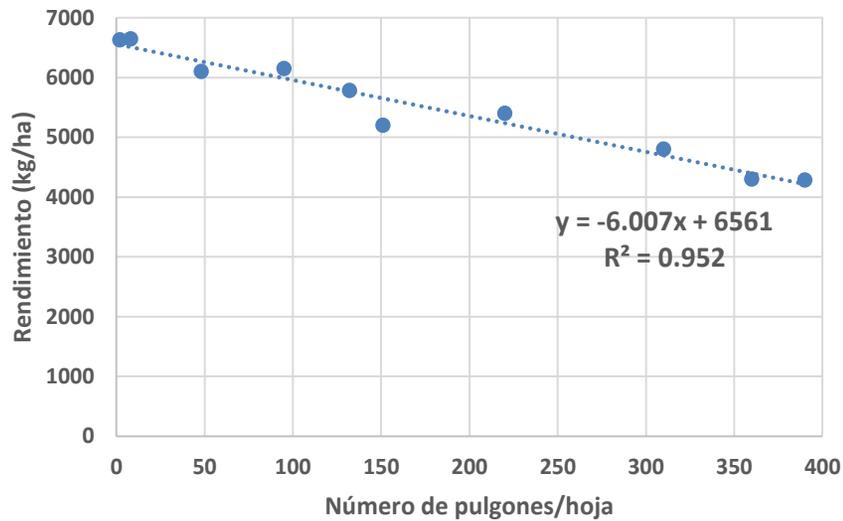


Figura 30. Modelo de regresión lineal entre las variables densidad de pulgones (x) y rendimiento del sorgo (y). Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2016.

### Control Químico

Poco después de la invasión del PAS, el INIFAP desarrolló una serie de experimentos en el norte y sur de Tamaulipas para determinar los insecticidas más efectivos para el combate de la plaga. En total se evaluaron 25 insecticidas de diversos grupos químicos y en el Cuadro 4 se presentan los cinco productos que hasta el momento han mostrado una mayor efectividad (>95 %), así como sus dosis respectivas (Rodríguez-del-Bosque y Terán 2014, 2016).

**Cuadro 4. Insecticidas más efectivos para el control químico del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas.**

Insecticida (nombre común)	Grupo químico	Dosis (g de ingrediente activo/ha)
Imidacloprid*	Neonicotinoides	105
Sulfoxaflor	Sulfoximinas	12
Spirotetramat	Cetoenoles	45
Thiametoxam*	Neonicotinoides	125
Flupyradifurone	Butenolidos	40

\*Prohibidos en algunos países por sus efectos nocivos en las abejas.

Para el control químico del pulgón amarillo del sorgo, es importante considerar lo siguiente:

1. Identificar correctamente al PAS y no confundirlo con otras especies de pulgones (Fig. 3, pag. 7)
2. Realizar muestreos periódicos (cada cinco días) en su parcela para determinar el nivel de población del PAS.
3. El control químico es la última opción para el combate del pulgón amarillo una vez que se ha alcanzado el umbral económico (50 pulgones/hoja). No realizar aplicaciones preventivas, cuando aun no haya pulgones.
4. Aplicar con mochila sólo en los manchones donde se encuentre al pulgón amarillo o utilizar equipos tipo "cañon" para cubrir la periferia del predio.
5. Aplicar con equipo terrestre o avión en toda la parcela si la infestación es uniforme.
6. Si el agua es alcalina, utilizar agentes acidificantes (bufferizantes) para bajar el pH a 5.5-7.0.
7. Es indispensable el uso de dispersantes y volúmenes de agua de al menos 200 L/ha en aplicaciones terrestres y 50 L/ha en aplicaciones aéreas.

8. No es recomendable las aplicaciones de insecticidas a velocidades del viento mayores a 15 km/h.
9. En virtud de que el pulgón se concentra en las hojas de abajo, se recomienda el uso de extensiones para lograr una mayor cobertura en esa zona.
10. En caso de realizar una segunda aplicación, es importante utilizar un insecticida de diferente grupo químico, para reducir el riesgo de que la plaga desarrolle resistencia a los insecticidas.

**Cuadro 5. Oportunidad en la aplicación de insecticida contra el PAS en dos híbridos de sorgo. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.**

Híbrido	Tratamiento	Pulgones/hoja (siete muestreos)	Kg/ha (% Pérdida)
Mezquite	Aplic. oportuna*	11	3,910
	Aplic. tardía**	60	3,177 (-19)
	Sin aplicar	233	2,087 (-47)
DK-54	Aplic. Oportuna*	53	3,255
	Aplic. Tardía**	317	315 (-90)
	Sin aplicar	587	39 (-99)

\* Al alcanzar el umbral económico (50 pulgones/hoja).

\*\* 10 días después de alcanzar el umbral económico (50 pulgones/hoja).

Una vez que se alcanza el umbral económico, es importante aplicar insecticida de inmediato para evitar pérdidas económicas. En el Cuadro 5 se observa que la aplicación de insecticida 10 días después de rebasar el umbral económico trae como consecuencia pérdidas importantes en el rendimiento de dos híbridos, en comparación con la aplicación oportuna. En el híbrido más

susceptible (DK-54), por cada día de retraso en la aplicación se perdió un 9 % del rendimiento. En cambio, en el híbrido más tolerante (Mezquite), cada día de retraso en la aplicación representó 2 % de pérdida en el rendimiento. Bowling *et al.* (2016) reportan una pérdida de 15 % en el rendimiento por cada día de retraso en la aplicación de insecticida cuando el PAS tiene una densidad de 800 pulgones/hoja.

### Métodos y Épocas de Aplicación

En el norte de Tamaulipas, se evaluaron cuatro métodos y épocas de aplicación del insecticida imidacloprid durante seis ciclos de producción desde PV 2014 al OI 2017: (a) aspersión en la base de la planta en la etapa de embuche (bota) con dosis de 105 g I.A./ha; (b) igual que el anterior pero asperjado por arriba de la planta, simulando una aplicación aérea; (c) inyectado al suelo en el surco al momento de la siembra con dosis de 210 g I.A./ha; y (d) inyectado al suelo a 5 cm del surco en la etapa de embuche con dosis de 210 g I.A./ha. Los resultados de estas pruebas se muestran en el Cuadro 6, donde se observa que los métodos de aplicación que consistentemente lograron una mayor efectividad contra el pulgón amarillo del sorgo fueron las aspersiones foliares (base y arriba de las plantas) con >93 % de control. La aplicación preventiva al momento de la siembra tuvo una menor efectividad que las dos anteriores, debido a que el insecticida va perdiendo su efecto residual desde la siembra hasta que inician las infestaciones del pulgón durante la etapa de bota, además de que el costo se duplica por la dosis mayor. La aplicación

al suelo durante la etapa de bota también tuvo una menor efectividad que las aspersiones foliares, además de mayor costo.

**Cuadro 6. Comparación de métodos y épocas de aplicación del insecticida imidacloprid para el control del pulgón amarillo del sorgo en varios ciclos de producción. Río Bravo, Tam. 2014-2017.**

Método/época de aplicación	% Control*						Promedio **
	PV 2014	OI 2015	PV 2015	OI 2016	PV 2016	OI 2017	
Base/Bota	99	98	98	99	94	91	96.5 a
Arriba/Bota	99	96	99	99	90	75	93.0 a
Suelo/Siembra	93	87	41	96	94	82	82.2 b
Suelo/Bota	85	99	25	95	75	80	76.5 b

\*Estimado con base en la fórmula de Abbott (1925): % control = (No. pulgones en testigo - No. pulgones en tratamiento) / (No. pulgones en testigo)\*100.

\*\* Letras iguales unen medias estadísticamente no diferentes (DMS 5 %).

Durante el ciclo OI 2017, la aspersión arriba de las plantas resultó con una menor efectividad que la aplicación a la base de la planta. Es probable que esta diferencia en ambos métodos de aplicación tenga relación con la velocidad y eficiencia de traslocación del insecticida hacia las hojas basales donde se concentran los pulgones (Simon-Delso *et al.* 2015).

En aplicaciones terrestres, se recomienda el uso de las boquillas DG TWINJET ya que producen un doble chorro de 110° de abanico plano, un chorro a 60° hacia adelante y otro hacia atrás, lo que resulta en una cobertura completa del follaje, se producen gotas más grandes y se reduce la

deriva. El uso de estas boquillas garantiza hasta un 99 % de control del PAS, en contraste con el 80-90 % de control al utilizar las boquillas convencionales de cono hueco (Terán y Rodríguez-del-Bosque 2016a). En aplicaciones aéreas, se recomienda utilizar al menos un volúmen de agua de 50 L/ha y un ángulo de 60° en las boquillas, lo que garantiza hasta un 94 % de control del PAS. En contraste, cuando se utilizan 30 L/ha de agua y un ángulo de 90° en las boquillas se logra un 68 % de control del PAS (Terán y Rodríguez-del-Bosque 2016b).

### Productos Alternativos

En el norte de Tamaulipas, se ha evaluado diversos productos alternativos a los insecticidas para el combate del PAS, entre ellos detergente líquido para platos, extractos vegetales, hongos entomopatógenos y biofertilizantes. En la Fig. 31 se observa que los extractos de neem, chile habanero y ajo no tuvieron efecto alguno sobre el pulgón y se comportaron igual que el testigo sin tratar. Aunque la aplicación de detergente tuvo un control inmediato hasta del 72 % (Fig. 32), la plaga rápidamente resurgió y llegó a niveles similares al testigo (Fig. 31). En el Cuadro 7 se muestran la densidad del PAS y el rendimiento de grano respectivo para cada tratamiento. Evidentemente ninguno de estos productos alternativos tiene un potencial importante para ser considerados a nivel comercial para combatir esta plaga. Tampoco han sido efectivos contra el PAS los biofertilizantes (*Glomus intradice* y *Azospirillum brasilensis*) y hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Nomurea rileyi*, *Metarhizium anisopliae*, *Verticillium lecanii* y *Paecilomyces fumosoroseus*).

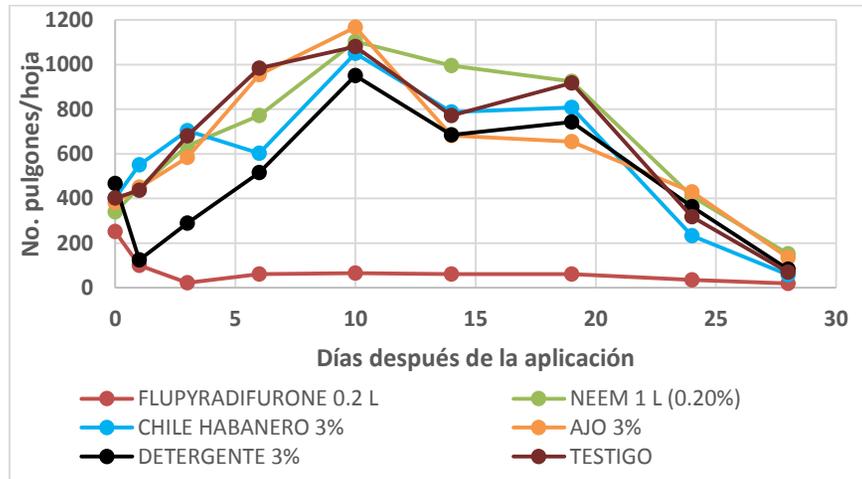


Figura 31. Densidad de pulgones/hoja en diversos productos alternativos en comparación con el control químico con flupyradifurone, en nueve fechas de muestreo. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.



Figura 32. Efecto de la aplicación de detergente líquido para platos (3 %) sobre al pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. Ciclo PV 2016.

En Sinaloa, los extractos vegetales y el neem tampoco han sido eficaces para controlar al PAS en pruebas de campo (Moreno *et al.* 2016). En el sur de Texas, E.U.A. el hongo entomopatógeno *Metarhizium brunneum* Petch provocó >80 % de mortalidad al PAS bajo condiciones de laboratorio e invernadero, pero no existe información de su efectividad en campo (R. Villanueva, com. personal). En un estudio bajo condiciones de laboratorio, los extractos de cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) registraron alta toxicidad contra el pulgón amarillo del sorgo; sin embargo se desconoce si estos productos pudieran ser efectivos bajo condiciones de campo (Rodríguez-Rodríguez *et al.* 2016).

**Cuadro 7. Promedio de pulgones/hoja (nueve fechas de muestreo) y rendimiento de grano de sorgo en diversos productos alternativos en comparación con el control químico con flupyradifurone. Ciclo PV 2016. Río Bravo, Tam.**

Tratamiento (dosis)	Promedio pulgones/hoja	Rendimiento (kg/ha)
Flupyradifurone, 0.2 L/ha	46 a	3,287 a
Neem 0.2 %, 1 L/ha	642 c	722 b
Detergente 3 %	469 b	702 b
Chile habanero 3 %	577 bc	428 bc
Ajo 3 %	604 c	173 c
Testigo sin tratar	629 c	284 c

Letras iguales dentro de columnas unen medias estadísticamente no diferentes (DMS 5 %).

## Tolerancia Varietal

En el norte de Tamaulipas se evaluó la susceptibilidad de 27 híbridos comerciales de sorgo al ataque del PAS en cinco ensayos durante el período 2014-2017 (Cuadro 8). En todos los ensayos, cada híbrido se evaluó en parcelas con y sin aplicación de insecticida. El porcentaje de pérdidas atribuidas al PAS se estimó con base en la diferencia entre el rendimiento de las parcelas tratadas y testigo sin tratar de cada híbrido (Cuadro 9). Aunque todos los híbridos mostraron cierto grado de infestación y pérdidas provocadas por la plaga, existe una diferencia notable en la susceptibilidad/resistencia de los híbridos al PAS.

Mezquite es el híbrido que consistentemente mostró la mayor tolerancia al ataque del pulgón amarillo del sorgo (Fig. 33). Los híbridos G-Star 7208 (misma genealogía que Mezquite), Supremo 1672, Asgrow Pulsar, QL50, WS 2206 y Pioneer 83P56, de reciente introducción a la región, también mostraron una no preferencia/antibiosis aceptable a la plaga en pruebas desarrolladas durante 2017 (Cuadro 8). En contraste, los híbridos que consistentemente mostraron mayor susceptibilidad a la plaga fueron DK-54 (Fig. 33), DKS-32, DKS-60, Anzu-4300, Plomo, MSK-352 y GStar-7609, con pérdidas hasta del 95 %. El resto de los híbridos evaluados mostraron pérdidas entre 50-90 %. Es importante hacer notar que los híbridos Mezquite, G-Star 7208 y QL50 también mostraron tolerancia al PAS en Guanajuato (Quijano *et al.* 2017). Los híbridos tolerantes al PAS poseen también un buen potencial de rendimiento de grano.



**Figura 33. Parcelas sin aplicación de insecticida mostrando a Mezquite, el híbrido más tolerante al pulgón amarillo del sorgo y DK-54, el híbrido más susceptible. Río Bravo, Tam. Ciclo P-V 2014.**

Durante el ciclo OI-2016 se sembró una parcela semicomercial en Río Bravo con los híbridos DK-54 y Mezquite sembrados en forma intercalada. En promedio (cinco fechas de muestreo) se observó una densidad de 81 pulgones/hoja en DK-54, comparado con un promedio de 3 pulgones/hoja en Mezquite, lo que indica no preferencia o antibiosis. La aplicación de imidacloprid en DK-54 evitó una pérdida de 1 t/ha. En cambio, el rendimiento de Mezquite al aplicar imidacloprid fue estadísticamente igual que el testigo sin aplicar, por lo que este híbrido podría cultivarse sin necesidad de aplicar insecticida contra el pulgón en ciertas condiciones.

**Cuadro 8. Infestación del PAS en híbridos de sorgo en parcelas sin tratar en cinco ensayos. Río Bravo, Tam. 2014-2017.**

Híbrido	No. pulgones/hoja					Promedio
	PV 2014	OI 2015	PV 2015	OI 2017	PV 2017	
Mezquite	362 c	35 f	335 bc	1 d	6 d	148
Huasteco	402 bc	269 de	431 b			367
P-82P24	437 b	267 de	273 c			326
P-83G19	454 b	691 bc	384 b			331
Norteño	511 b	851 a	486 a	112 a	304 ab	453
Encino	526 ab	453 d	467 a			482
Anzu 4300	821 a	707 ab	389 b			639
DKS-60	989 a	794 a	482 a			755
G-Star-7609	763 a	771 ab				767
DK-54	699 a	859 a	466 a	54 bc	356 a	487
DKS-4110		694 bc	489 a			592
D-47		639 bc	465 ab			552
DKS-32		765 ab	504 a			635
DK-67		391 d	284 c			338
MSK-352		440 d	322 bc			381
MSK-459		816 a	352 b			584
Ambar		205 e	341 b			273
Plomo		857 a	388 b			623
AZ-400		274 de	350 b			312
DKS-40		328 de	225 c			277
G-Star-7208			213 c	1 d	12 d	75
Supremo 1672				6 cd	110 c	58
Asgrow Pulsar				2 d	94 c	48
QL50				11 cd	126 c	69
WS 2206				43 bc	172 bc	108
Anzu AG 4333				77 ab	407 a	242
P-83P56				7 cd	138 c	73

Letras iguales dentro de columnas unen medias estadísticamente no diferentes (DMS 5 %).

**Cuadro 9. Pérdidas en rendimiento en híbridos de sorgo por el PAS en cinco ensayos. Río Bravo, Tam. 2014-2017.**

Híbrido	% Pérdida en el rendimiento de grano del sorgo*					Promedio
	PV 2014	OI 2015	PV 2015	OI 2017	PV 2017	
Mezquite	29	35	37	3	4	22
Huasteco	56	91	87			78
P-82P24	57	67	65			63
P-83G19	63	100	82			82
Norteño	65	84	95	9	87	68
Encino	72	100	96			89
Anzu 4300	86	100	96			94
DKS-60	94	100	99			98
G-Star-7609	96	94				95
DK-54	100	100	97	21	95	83
DKS-4110		100	88			94
D-47		89	98			94
DKS-32		100	95			98
DK-67		89	81			85
MSK-352		77	77			77
MSK-459		100	90			95
Ambar		67	93			82
Plomo		100	99			99
AZ-400		64	85			75
DKS-40		57	51			54
G-Star-7208			38	5	6	16
Supremo 1672				14	16	15
Asgrow Pulsar				8	11	10
QL50				4	16	10
WS 2206				4	29	17
Anzu AG 4333				7	100	54
P-83P56				6	14	10

\*Estimado con base en la diferencia entre el rendimiento de las parcelas tratadas con insecticida y testigo sin tratar de cada híbrido.

Un estudio en E.U.A. sobre tolerancia del sorgo al PAS reporta la combinación de al menos dos de los tres mecanismos conocidos de resistencia: antibiosis, antixenosis (no preferencia) y tolerancia (Armstrong *et al.* 2015). Al respecto, en la Fig. 34, se observa que en promedio, la densidad del PAS creció 5 pulgones/día en la variedad tolerante Mezquite y 77 pulgones/día en la variedad susceptible DK-54, lo que indica que Mezquite pudiera tener uno o dos de los mecanismos de resistencia: antibiosis y antixenosis. Es posible que Mezquite y otros híbridos de reciente introducción, contengan germoplasma que ha sido evaluado por su tolerancia al pulgón verde (*S. graminum*) y que también le haya conferido tolerancia al pulgón amarillo del sorgo, tal y como se ha demostrado en otros genotipos provenientes de Texas, E.U.A. (Armstrong *et al.* 2015).

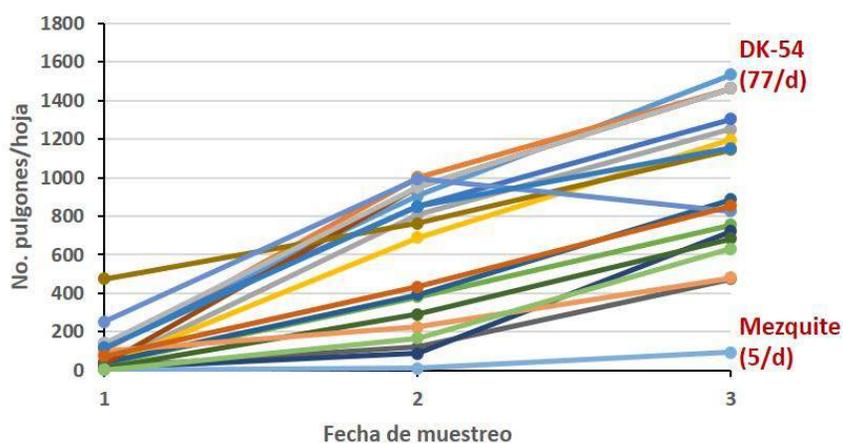


Figura 34. Pulgones/hoja en tres muestreos cada 10 días en 19 híbridos de sorgo. En promedio, el PAS creció 5 pulgones/día en la var. tolerante Mezquite y 77 pulgones/día en la var. susceptible DK-54. Río Bravo, Tam. Ciclo OI 2015.

Singh *et al.* (2004) revisaron los estudios sobre los mecanismos de resistencia al PAS y enlistaron los genotipos más sobresalientes a nivel mundial. En Sudáfrica, el híbrido de sorgo más tolerante al PAS fue PAN8446 con un 24 % de pérdida en el rendimiento, comparado con el híbrido más susceptible SNK3883W con un 73 % de pérdida (van den Berg 2002). En la India, se han identificado 10 líneas de sorgo tolerantes al PAS: EC-434430, EC-434431, EC-434432, ICSB 215, ICSB 323, ICSB 724, ICSR 165, ICSV 12001, ICSV 12004 y IS 40615; estas líneas podrían ser utilizadas en programas de mejoramiento genético de sorgo con resistencia al PAS (Sarath Babu *et al.* 2000, Sharma *et al.* 2014). En Oklahoma, E.U.A., se detectó tolerancia al PAS en las siguientes líneas e híbridos de sorgo: SC110, SC170, Tx2783, Tx2783, Tx3408, Tx3409, B11070, B11070, AB11055-WF1-CS1/RTx436 y AB11055-WF1-CS1/RTx437 (Armstrong *et al.* 2015, Mbulwe *et al.* 2015). En Lousiana, E.U.A., se reportan 24 híbridos comerciales de sorgo con cierto nivel de tolerancia al PAS (Brown 2016). En Sinaloa, los genotipos más tolerantes al daño del PAS fueron Gavatero 203, Perla 101, MAS 421, Pioneer 8641, Nuseed 550, Nuseed 490 y Majestic 340; los genotipos Gayland Ward 9320, Croplan 8240 y Majestic 550 fueron poco preferidos por el PAS (Moreno *et al.* 2016) En Morelos, los híbridos comerciales de sorgo que presentaron la menor incidencia del PAS fueron Nickel y Argos (Hernández-Arenas *et al.* 2016). En Guanajuato, se identificaron 30 híbridos comerciales con tolerancia al PAS (Quijano *et al.* 2017).

La tolerancia mostrada por algunos de los genotipos de sorgo tiene una particular relevancia, ya que coadyuvará

al manejo integrado del PAS en Tamaulipas. Para evitar pérdidas en el rendimiento, los híbridos más susceptibles podrán requerir de dos o más aplicaciones de insecticidas. Dependiendo de los niveles de infestación de la plaga, los genotipos que han mostrado tolerancia podrán requerir una o ninguna aplicación, con lo que se reduce el uso de insecticidas, con un impacto económico y ecológico importante al reducir los costos de producción, el riesgo de resistencia de la plaga a los insecticidas y el efecto nocivo sobre organismos no blanco.

### Prácticas Culturales

Se ha estudiado el efecto de prácticas culturales sobre la incidencia del pulgón amarillo del sorgo, entre ellas la fecha de siembra, fertilización e irrigación. Durante el ciclo PV 2014 se sembraron 10 híbridos de sorgo en tres fechas de siembra: 22 de julio, 7 y 21 de agosto. La densidad de pulgones varió significativamente entre las fechas de siembra; en promedio (10 híbridos), el número de pulgones/hoja en las fechas 1, 2 y 3 fueron de 596, 1241 y 1440, respectivamente, es decir la población de pulgones y la pérdida en el rendimiento fue mayor conforme se sembró más tarde.

En el ciclo OI 2015 se sembraron 20 híbridos de sorgo en tres fechas de siembra: 30 enero, 13 febrero y 26 de marzo. Las densidades de pulgones fue baja durante este ciclo y promediaron (20 híbridos) 28, 65 y 2 pulgones/hoja durante las fechas 1, 2 y 3, respectivamente. Bajo estas circunstancias, solamente la segunda fecha (13 de febrero) hubiera ameritado el control químico al rebasar el umbral

económico de 50 pulgones/hoja.

Durante el ciclo PV 2015 se sembraron 20 híbridos de sorgo en tres fechas de siembra: 15 de julio, 3 y 18 de agosto. La densidad de pulgones/hoja en las fechas 1, 2 y 3 fueron en promedio (20 híbridos) 303, 552 y 291, respectivamente, es decir en todos los casos se rebasó el umbral económico de 50 pulgones/hoja.

En el ciclo OI 2017 se evaluó la interacción entre híbridos (Mezquite y DK-54), fertilización (con y sin) e irrigación (riego y temporal). Se observó que la tolerancia del híbrido Mezquite no fue influenciada por la fertilización ni la irrigación; en todos los tratamientos con este híbrido, la densidad fue menor a 5 pulgones/hoja. En cambio, en el híbrido DK-54, la densidad de pulgones dependió de la fertilización e irrigación; las plantas bajo condición de temporal fueron infestadas primero que las de riego, pero la población decreció más rápido al alcanzar la senescencia más pronto. Se observó además una mayor preferencia del pulgón por las plantas fertilizadas en la variedad DK-54 (Fig. 35, Cuadro 10).

Los mismos tratamientos se establecieron durante el ciclo PV 2017 con resultados similares. De nuevo, la tolerancia del híbrido Mezquite no fue influenciada por la fertilización ni la irrigación; en todos los tratamientos con este híbrido, la densidad fue menor a 13 pulgones/hoja, sin pérdidas económicas en el rendimiento. En cambio, la densidad de pulgones en los tratamientos con el híbrido DK-54 fluctuó entre 105 y 545 en promedio. Igual que el ciclo

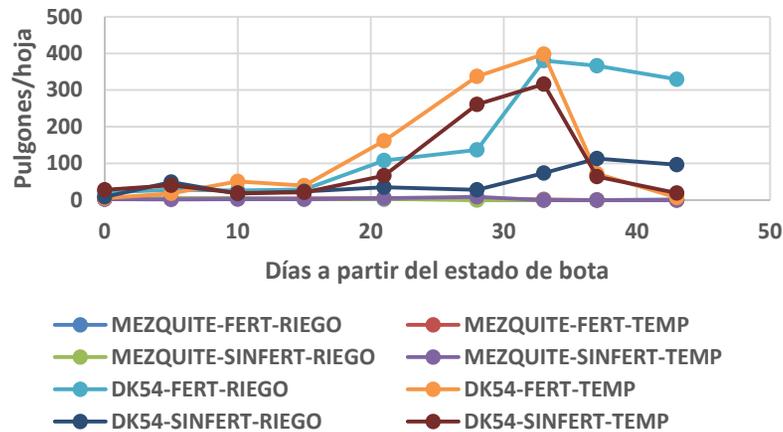


Figura 35. Número de pulgones/hoja en nueve muestreos para evaluar la interacción entre variedades (DK-54 y Mezquite), fertilización (fertilizado y sin fertilizar) e irrigación (riego y temporal). Nótese que las líneas de los cuatro tratamientos con el híbrido Mezquite están empalmadas por la baja densidad del pulgón. Río Bravo, Tam. Ciclo OI-2017.

Cuadro 10. Número de pulgones/hoja (promedio de nueve muestreos) en tratamientos en combinación con híbridos de sorgo, fertilización e irrigación. Río Bravo, Tamps. Ciclo OI-2017.

Tratamiento (híbrido-fertilización-riego)	No. pulgones/hoja
Mezquite-fertilizante-riego	2 d
Mezquite-fertilizante-temporal	3 d
Mezquite-sin fertilizante-riego	3 d
Mezquite-sin fertilizante-temporal	3 d
DK 54-fertilizante-riego	104 b
DK 54-fertilizante-temporal	144 a
DK 54-sin fertilizante-riego	33 c
DK 54-sin fertilizante-temporal	121 ab

Letras iguales unen medias estadísticamente no diferentes (DMS 0.05).

Cuadro 11. Número de pulgones/hoja (promedio de nueve muestreos) y % de pérdida en el rendimiento de grano en tratamientos en combinación con híbridos de sorgo, fertilización e irrigación. Río Bravo, Tamps. Ciclo PV-2017.

Tratamiento (híbrido-fertilización-riego)	No. pulgones/hoja	% Pérdida en rendimiento
Mezquite-fertilizante-riego	11 d	1
Mezquite-fertilizante-temporal	6 d	2
Mezquite-sin fertilizante-riego	13 d	2
Mezquite-sin fertilizante-temporal	4 d	3
DK 54-fertilizante-riego	545 a	83
DK 54-fertilizante-temporal	105 c	82
DK 54-sin fertilizante-riego	380 b	86
DK 54-sin fertilizante-temporal	329 b	75

Letras iguales unen medias estadísticamente no diferentes (DMS 0.05).

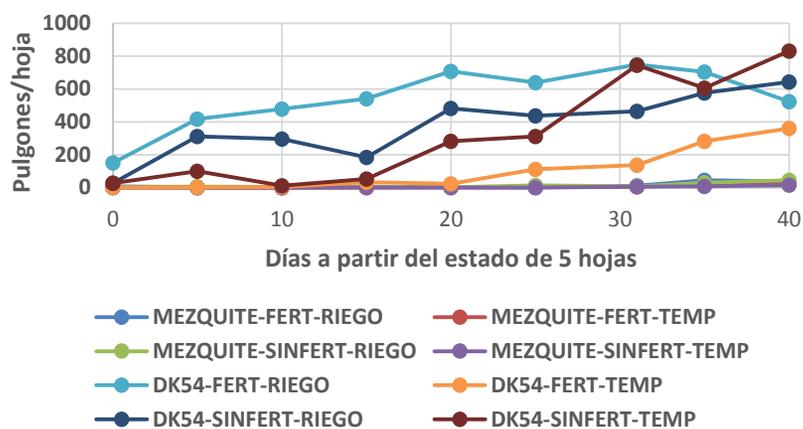


Figura 36. Número de pulgones/hoja en nueve muestreos para evaluar la interacción entre variedades (DK-54 y Mezquite), fertilización (fertilizado y sin fertilizar) e irrigación (riego y temporal). Nótese que las líneas de los cuatro tratamientos con el híbrido Mezquite están empalmadas por la baja densidad del pulgón. Río Bravo, Tam. Ciclo PV-2017.

anterior, se observó también una mayor preferencia del pulgón por las plantas fertilizadas en la variedad DK-54, particularmente en la condición de riego. Las pérdidas en el rendimiento en los tratamientos con DK-54 fluctuaron entre 75 y 86 % (Fig. 36, Cuadro 11).

### Recomendaciones Prácticas

1. Eliminar los residuos de cosecha tan pronto como sea posible.
2. Mantener la parcela y las áreas circundantes limpias de plantas hospederas del PAS, tales como zacates y sorgos voluntarios.
3. Seguir las recomendaciones del paquete tecnológico del sorgo, particularmente preparación del terreno, fecha de siembra, fertilización, riegos, etc.
4. Sembrar híbridos tolerantes al PAS (pag. 45).
5. La clave para evitar pérdidas por el PAS es su detección oportuna; revisar periódicamente el cultivo para detectar al PAS.
6. Identificar correctamente al PAS (pag. 6).
7. Una vez detectado, muestrear cada cinco días (pag. 32) para determinar el momento que alcance el umbral económico (50 pulgones/hoja) (pag. 33)
8. Al alcanzar el umbral económico, aplicar solamente los insecticidas recomendados y sus dosis respectivas, así como los volúmenes de agua requeridos para las aplicaciones terrestres y aéreas (pag. 38).
9. Si requiere realizar una segunda aplicación, utilice un insecticida de diferente grupo químico del que ya

aplicó (Cuadro 4, pag. 38).

10. Si la infestación no es generalizada, es decir el PAS solamente se localiza en manchones o bordos, apique con mochila estos sitios.
11. Proteger la fauna benéfica (pag. 11) al evitar la aplicación innecesaria de insecticidas, es decir NO aplique en forma preventiva, SOLAMENTE cuando se haya alcanzado el umbral económico.

## IMPACTO ECONÓMICO

Desde 2014 al 2017 el Campo Experimental Río Bravo ha recibido apoyos económicos para realizar investigaciones sobre el PAS en Tamaulipas. Los apoyos suman un total de \$6.2 millones de pesos, que incluyen sueldos (personal científico y de campo) y gastos de operación y de capacitación. Del total de gastos, el Gobierno Federal a través del INIFAP ha aportado el 84 % y el Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal (PIFSV) el 16 %. Uno de los resultados más importantes es la identificación de los insecticidas más efectivos para el combate del PAS (Cuadro 4, pag. 38) (Rodríguez-del-Bosque y Terán 2014). Se estima que en 2014 las recomendaciones del INIFAP sobre el control químico del PAS tuvieron efecto en el 60 % de las 700 mil hectáreas sembradas con sorgo en el norte de Tamaulipas, es decir en 420 mil hectáreas. En esta superficie tratada representa en promedio 3 t/ha de sorgo que se hubieran perdido si no se hubiera controlado la plaga, lo que equivale a 1.26 millones de toneladas. De acuerdo al precio del sorgo en 2014 (\$2,000/t), significa que el impacto de las recomendaciones

del INIFAP para combatir esta plaga se estimó en \$2,520 millones de pesos durante ese año (Rodríguez-del-Bosque y Terán 2015). Los mismos cálculos para los años 2015, 2016 y 2017 arrojan un beneficio de \$880, \$582 y \$266 millones de pesos, respectivamente (Cuadro 12). En total (2014-2017) los beneficios suman \$4,240 millones de pesos. Al dividir los beneficios (\$4,240 millones de pesos) entre los gastos de investigación (\$6.2 millones de pesos) arroja una relación Beneficio/Costo (B/C) de 684:1, es decir que por cada peso invertido en investigación sobre el PAS, los productores de sorgo han obtenido una ganancia de \$684 pesos. El impacto económico de las investigaciones sobre el PAS es mayor que las investigaciones del INIFAP sobre aflatoxinas en maíz en esta región a principios de los 1990's que tuvieron una relación B/C de 583:1 (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 1995).

**Cuadro 12. Impacto económico de las investigaciones del INIFAP sobre el PAS en el norte de Tamaulipas. 2014-2017.**

Año (ciclo OI)	% Pérdidas en rendimiento	% Superficie aplicada	Impacto (millones de pesos)
2014	77	60	\$2,520
2015	23	46	\$880
2016	20	35	\$582
2017	16	20	\$266
<b>Total</b>			<b>\$4,240</b>

En el sur de Texas, E.U.A., se estima que el PAS ha provocado una pérdida a los agricultores de \$41 millones de dólares durante 2014 y 2015, atribuibles al incremento en los costos de control de la plaga; dichas pérdidas equivalen

al 19 % del valor total de la producción de sorgo en esa región (Zapata *et al.* 2018).

### **APOYOS A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Desde la invasión del PAS en 2013, se han realizado 55 eventos de apoyo a la transferencia de tecnología, entre ellos cursos, talleres, simposia, conferencias magistrales y demostraciones. En dichos eventos, se han capacitado 5,692 productores y técnicos de diversas entidades de la República Mexicana, principalmente Tamaulipas, con un promedio de más de 100 asistentes por evento (Cuadro 13, Figs. 36-40).



**Figura 37. Curso sobre manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Matamoros, Tam. 30 de abril, 2015.**

**Cuadro 13. Eventos de apoyo a la transferencia de tecnología sobre el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas y otras entidades del país. 2014-2017.**

Fecha	Tipo de evento y localidad	Asistentes
30 ene. 2014	Curso en Matamoros, Tam.	45
10 feb. 2014	Curso en Río Bravo, Tam.	140
6 jun. 2014	Día del agricultor en Río Bravo, Tam.	540
19 ago. 2014	Curso en González, Tam.	13
27 ago. 2014	Curso en Altamira, Tam.	31
29 ago. 2014	Curso en Pánuco, Ver.	51
1 sep. 2014	Curso en Tepic, Nay.	64
11 sep. 2014	Curso en González, Tam.	22
17 oct. 2014	Curso en Tepic, Nay.	72
30 oct. 2014	Demostración en Río Bravo, Tam.	32
31 oct. 2014	Demostración en Río Bravo, Tam.	87
31 oct. 2014	Curso en Pánuco, Ver.	31
6 nov. 2014	Demostración en Río Bravo, Tam.	44
13 nov. 2014	Conferencia magistral en Reynosa, Tam.	80
14 nov. 2014	Demostración en Río Bravo, Tam.	68
20 feb 2015	Conferencia magistral en Mante, Tam.	43
29 abr. 2015	Curso en Valle Hermoso, Tam.	48
16 mar 2015	Curso en Guadalajara, Jal.	145
26 mar 2015	Curso en Culiacán, Sin.	105
30 abr. 2015	Curso en Matamoros, Tam.	34
11 jun. 2015	Día del agricultor en Río Bravo, Tam.	449
17 jun. 2015	Conferencia magistral en Escobedo, N.L.	49
25 jun. 2015	Curso en Cd. Victoria, Tam.	96
11 ago. 2015	Curso en Valle Hermoso, Tam.	22
18 ago. 2015	Curso en Obregón, Son.	70
9 sep. 2015	Curso en Río Bravo, Tam.	13
16 oct. 2015	Demostración en Río Bravo, Tam.	15

**Cuadro 13. Continuación...**

Fecha	Tipo de evento y localidad	Asistentes
22 oct. 2015	Demostración en Río Bravo, Tam.	41
30 oct. 2015	Demostración en Río Bravo, Tam.	17
6 nov. 2015	Simposio en León, Gto	145
25 feb. 2016	Curso en Monterrey, N.L.	34
19 abr. 2016	Curso en Río Bravo, Tam.	84
26 abr. 2016	Curso en Valle Hermoso, Tam	44
27 abr. 2016	Curso en San Fernando, Tam.	56
27 may 2016	Demostración en San Fernando, Tam.	29
9 jun. 2016	Día del agricultor en Abasolo, Tam.	410
16 jun. 2016	Día del agricultor en Río Bravo, Tam.	563
11 oct. 2016	Demostración en Río Bravo, Tam.	20
13 oct. 2016	Demostración en Río Bravo, Tam.	31
18 oct. 2016	Demostración en Río Bravo, Tam.	24
18 oct. 2016	Curso en Cuauhtémoc, Tam.	98
10 nov 2016	Simposio en Guadalajara, Jal.	93
25 nov. 2016	Curso en San Fernando, Tam.	42
25 nov. 2016	Curso en Aldama, Tam.	40
15 dic. 2016	Simposio en Morelia, Mich.	156
1 jun. 2017	Día del agricultor en Abasolo, Tam.	523
8 jun. 2017	Día del agricultor en Río Bravo, Tam.	525
10 jul. 2017	Curso en Valle Hermoso, Tam.	98
1 sep. 2017	Demostración en Río Bravo, Tam.	19
5 sep. 2017	Demostración en Río Bravo, Tam.	17
8 sep. 2017	Curso en Río Bravo, Tam.	51
15 sep. 2017	Curso en Díaz Ordaz, Tam.	32
11 oct. 2017	Curso en San Fernando, Tam.	34
25 oct. 2017	Demostración en Río Bravo, Tam.	10
1 dic. 2017	Curso en Río Bravo, Tam.	47
	<b>TOTAL (55 eventos)</b>	<b>5,692</b>



**Figura 38. Demostración sobre susceptibilidad/resistencia de híbridos de sorgo al pulgón amarillo. Río Bravo, Tam. 22 de octubre de 2015.**



**Figura 39. Curso-taller sobre manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 19 de abril, 2016.**



**Figura 40. Día del agricultor en el Campo Experimental Río Bravo, donde se presentaron los avances sobre el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo. Río Bravo, Tam. 8 de junio de 2017.**

### **CONSIDERACIONES FINALES**

La invasión del PAS en Tamaulipas y a toda la República Mexicana representa un parteaguas en el cultivo del sorgo en el país. En poco tiempo el PAS se convirtió en la plaga principal. Una serie de estudios básicos y aplicados sobre su biología, prevención y control han sido desarrollados por el INIFAP y otras instituciones en todas las regiones donde se siembra sorgo.

A cuatro años de su invasión, la incidencia y daños del PAS han disminuido gradualmente, particularmente durante el ciclo OI (Cuadro 3, Pag. 31), el más importante en la región. Esta disminución obedece a diversos factores, entre

ellos el uso de genotipos más tolerantes al PAS y a la acción de los enemigos naturales, particularmente los parasitoides que disminuyen las poblaciones del PAS al inicio de la colonización de la plaga en el cultivo (Rodríguez-del-Bosque *et al.* 2018).



Figura 41. Fases que ocurren durante la invasión de una nueva plaga (adaptado de Colares *et al.* 2015b), para ejemplificar el caso del PAS en Tamaulipas.

La disminución de las poblaciones del PAS en Tamaulipas y otras entidades del país coincide con un patrón recurrente que presentan las plagas invasivas en tres fases cronológicas: (1) fase epidémica: poblaciones abundantes de la plaga provocan un impacto devastador en una amplia zona geográfica; (2) fase de disminución: las poblaciones de la plaga disminuyen gradualmente, aunque pudiera existir daños económicos en algunas zonas específicas; y (3) fase endémica: los enemigos naturales nativos ejercen un control biológico efectivo de la plaga y

los daños económicos son esporádicos, particularmente cuando la fauna benéfica se afecta por clima o prácticas culturales como el uso inadecuado de insecticidas (Colares *et al.* 2015b). Para el caso del PAS en Tamaulipas, la fase epidémica ocurrió durante 2013-2014, la fase de disminución durante 2015 y la fase endémica a partir de 2016 (Fig. 41).

## AGRADECIMIENTOS

Al Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal (PIFSV) del norte de Tamaulipas, por el apoyo económico para desarrollar los estudios descritos en este folleto.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Armstrong, J. S., W. L. Rooney, G. C. Peterson, R. T. Villanueva, M. J. Brewer, and D. Sekula-Ortiz. 2015. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): Host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. *J. Econ. Entomol.* 108: 576-582.
- Bailey, S. M., M. E. Irwin, G. E. Kampmeier, C. E. Eastman, and A. D. Hewings. 1995. Physical and biological perturbations: their effect on the movement of apterous *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) and localized spread of barley yellow dwarf virus. *Environ. Entomol.* 24: 24-33.
- Balikai, R. A., and S. Lingappa. 2012. Bio-ecology and Management of Sorghum Aphid. LAP Lambert Academic Publishing. India. 184 p.
- Berlanga, A. M., M. A. Ayala, A. Gallou, M. G. Serna, R. Montesinos y H. C. Arredondo. 2017. Identificación de

*Lecanicillium longisporum* asociado a *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), en sorgo. Rev. Mex. Micol. 44: 51-54.

- Blackman, R. L. and Eastop, V. F. 2006. Aphids on the World's herbaceous plants and shrubs. Vol. 1. Host list and keys. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Bowling, R. D., M. J. Brewer, A. Knutson, M. Way, P. Porter, E. Bynum, C. Allen and R. Villanueva. 2015. Scouting sugarcane aphids. Texas A&M Agrilife NTO 043. 2 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. Integr. Pest Manag. 7: 1-13.
- Brown, S. 2016. Sorghum hybrids that offer some protection from sugarcane aphid with expected availability in 2016. Louisiana State University Ag Center. Pub. No. 3523. 1 p.
- Brewer, M., M. Way, S. Armstrong, S. Biles, D. Sekula, and J. Swart. 2013. Outbreak of sorghum/sugarcane aphid on sorghum: first detections, distribution, and notes on management. In: Castner E, editor. 25<sup>th</sup> Texas Plant Protection Conference Program; 2013 Dec 10–11; Bryan, TX. Conroe: Texas Plant Protection Association.
- Bustillo, A. E. 2011. Parasitoides, predadores y entomopatógenos que afectan las plagas de la caña de azúcar en Colombia. Documento de trabajo No. 719. CENICAÑA, Cali, Colombia. 11 p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) 2016. CENTA investiga tecnologías de control para el pulgón amarillo del sorgo. División de Comunicaciones, CENTA. San Andrés, La Libertad, El Salvador. <http://www.centa.gob.sv/2015/centa-investiga-tecnologias-de-control-para-el-pulgón-amarillo-en-sorgo/>. Consulta: 22 mayo, 2018.
- Chang, C. P., M. N. Fang, and H. Y. Tseng. 1982. Studies on the life history and varietal resistance in grain sorghum aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in central Taiwan. Chin. J. Entomol. 2: 70-81.
- Colares, F. J. P. Michaud, C. L. Bain, and J. B. Torres. 2015a.

- Recruitment of aphidophagous arthropods to sorghum plants infested with *Melanaphis sacchari* and *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). *Biol. Control* 90: 16-24.
- Colares, F., Michaud, J. P., Bain, C. L. and J. B. Torres. 2015b. Indigenous aphid predators show high levels of preadaptation to a novel prey, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 108: 2546-2555.
- Cortez-Mondaca, E., M. López-Buitimea, J. I. López-Arroyo, F. J. Orduño-Cota y G. Herrera-Rodríguez. 2016. Especies de *Chrysopidae* asociadas al pulgón del sorgo en el Norte de Sinaloa, México. *Southwest Entomol.* 41: 541-545.
- Delfino, M. A. 1985. Hallazgo del áfido de la caña de azúcar, *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) en la Argentina y Uruguay. *Rev. Inv. CIRPON* 2: 57-64.
- Delgado, C. S., M. D. Salas, O. A. Martínez, J. A. Díaz, R. Guzmán y E. Salazar. 2006. Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomol. Mex.* 3: 369-374
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2016. Sorgo. Panorama agropecuario. FIRA, Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México. 40 p.
- Gutiérrez-Ibáñez, C., C. A. Villagra, and H. M. Niemeyer. 2007. Pre-pupation behaviour of the aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Haliday) and its consequences for pre-imaginal learning. *Naturwissenschaften* 94: 595-600.
- Hernández-Arenas, M., A. Trujillo-Campos, L. Hernández-Vázquez, E. J. Barrios-Gómez, S. G. Ramírez-Rojas. 2016. Incidencia y densidad de población de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) en híbridos de sorgo en Morelos, México. *Inv. Agrop.* 13: 132-140.
- IPSA (Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria). 2016. Primer reporte oficial de pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*). Organización Nacional de

- Protección Fitosanitaria (ONPF). Managua, Nicaragua. <https://www.ippc.int/es/countries/nicaragua/pestreports/2016/10/primer-reporte-oficial-de-pulgón-amarillo-del-sorgo-melanaphis-sacchari/> Consulta: 22 mayo, 2018.
- Kaakeh, W. and J. Dutcher. 1993. Effect of rainfall on population abundance of aphids (Homoptera: Aphididae) on pecan. *J. Entomol. Sci.* 28: 283-286.
- Knutson, A., E. P. Boring III, G. J. Michels, and F. Gilstrap. 1993. Biological control of insect pests in wheat. Texas Agricultural Extension Service Extension Publ. B-5044. College Station, TX. 11 p.
- López, D. R., M. D. Salas, O. A. Martínez y E. Salazar. 2016. Géneros de Aphidiidae (Hymenoptera) parasitando al pulgón amarillo de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* Zehntner, 1897 (Hemiptera: Aphididae) en Irapuato, Guanajuato, México. *Entomol. Mex.* 3: 365–368.
- Mbulwe, L., G. C. Peterson, J. S. Armstrong, and W. L. Rooney. 2015. Registration of sorghum germplasm Tx3408 and Tx3409 with tolerance to sugarcane aphid [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)]. *J. Plant Regis.* 10: 51–56.
- Mead, F. W. 1978. Sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) - Florida - new continental United States record. *Coop. Planr Pest Rep.* 3: 475.
- Montes, N., M. A. García, H. Castillo, V. Pecina y J. L. Anaya. 2010. Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) blanco: alternativa para la alimentación humana. Folleto Técnico No. 45. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. Tamaulipas, México. 31 p.
- Montes, N., E. Vargas, J. R. Salinas, M. Espinosa y R. Loredó. 2013. Tecnología de producción de sorgo dulce para la elaboración de bioetanol en Tamaulipas. Folleto para Productores Núm. MX-0-310305-45-03-13-10-21. Campo Experimental Río Bravo. CIRNE-INIFAP. Tamaulipas, México. 26 p.
- Moreno, J. M., E. Cortez, T. Moreno, J. A. López y J. Pérez. 2016. Producción de sorgo de temporal en Sinaloa frente a la plaga de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner). Folleto Técnico No. 62. Campo Experimental Valle de Culiacán. CIRNO-INIFAP. Sinaloa, México. 33 p.

- Nibouche, S, L. Costet, J. R. Holt, A. Jacobson, A. Pekarck, J. Sadeyen, J. S. Armstrong, G. C. Peterson, N. McLaren, and R. F. Medina. 2018 Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. PLoS ONE 13(4): e0196124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>
- Peña, R., A. L. Muñoz, M. G. Ramos y R. Terrón. 2015. Listado de plantas hospedantes del complejo *Melanaphis sacchari/sorgho* (Hemiptera: Aphididae), Registros internacionales y potenciales en México. Entomol. Mex. 2: 582-587.
- Peña, R., A. L. Muñoz, R. Bujanos, J. Luévano, F. Tamayo y E. Cortez. 2016. Formas sexuales del complejo pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari/sorgho* en México. Southwest. Entomol. 41: 127-131.
- Quijano, J. A., V. Pecina, R. Bujanos, A. Marín y R. Yáñez. 2017. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Folleto para productores No. 1. Comité Técnico de Pulgón Amarillo del Sorgo en Guanajuato. Guanajuato, México. 36 p.
- Remaudiere, G. and M. Remaudiere. 1997. Catalogue of the world's Aphididae: Homoptera Aphidoidea. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, France. 473 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 2016. Umbral económico del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., C. Reyes, S. Acosta, J. R. Girón, I. Garza y R. García. 1995. Control de aflatoxinas en maíz en Tamaulipas. Folleto Técnico No. 17. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Río Bravo, Tam. México. 18 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y J. Loera. 2006. Entomología, pp. 163-191. En: L. A. Rodríguez del Bosque (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Libro Técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 325 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2014. Control

- químico del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. Southwest. Entomol. 40: 433-434.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2016. Uso del insecticida flupyradifurone para el combate del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2018. Método de conteo rápido y preciso del pulgón amarillo del sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., B. Rodríguez, M. A. Sarmiento, and H. C. Arredondo. 2018a. Natural enemies of *Melanaphis sachari* on grain sorghum in Northeastern Mexico. Southwest. Entomol. 43: 277-280.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., R. D. Garza-Cedillo, and F. E. Ortiz-Chairez. 2018b. Damage by *Melanaphis sacchari* reduces sorghum forage quality and feed consumption by cattle, sheep, and goats. Southwest. Entomol. 43 (en prensa).
- Rodríguez-Rodríguez, J. F., E. Cerna-Chávez, Y. M. Ochoa-Fuentes y O. Hernández-Bautista. 2016. Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en sorgo en Guanajuato. Rev. Cien. Nat. Agrop. 3: 18-24.
- Salas, M. A., V. Hernández, C. Ríos, N. Lule, J. A. Mauricio, and M. H. Chávez. 2017. *Melanaphis sacchari*, a new pest of *Sorghum halepense* at Chiapas, México, and its predators. Southwest. Entomol. 42: 401-404.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2016. Pulgón amarillo bajo control fitosanitario. Tegucigalpa, Honduras. <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2017/octubre-2017/pulgón-amarillo-bajo-control-fitosanitario/> Consulta: 22 mayo, 2018.
- Sarath Babu, B., H. C. Sharma, A. Surender, R. D. V. J. Prasadara, S. K. Chakrabarty, S. D. Singh, and G. A.

- Girish. 2000. Sorghum germplasm from Thailand showing resistance to sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* Zehntner. Indian J. Pl. Genet. Res. 13: 186-187.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). SAGARPA, Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica 43.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2017. Pulgón amarillo del sorgo. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/pulgon-amarillo-del-sorgo-110905>. Consulta: 17 marzo, 2018.
- Sharma, H. C., V. R. Bhagwat, D. G. Daware, D. B. Pawar, R. S. Munghate, S. P. Sharma, A. A. Kumar, B. V. S. Reddy, K. B. Prabhakar, S. S. Ambekar, and S. R. Gadakh. 2014. Identification of sorghum genotypes with resistance to the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* under natural and artificial infestation. Plant Breeding 133: 36-44.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. SAGARPA. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do) Consulta vía internet el 20 de diciembre de 2017.
- Simon-Delso, N., V. Amaral-Rogers, L. P. Belzunces, J. M. Bonmatin, M. Chagnon, C. Downs, L. Furlan, D. W. Gibbons, C. Giorio, V. Girolami, D. Goulson, D. P. Kreuzweiser, C. Krupke, M. Liess, E. Long, M. McField, P. Mineau, E.A.D. Mitchell, C. A. Morrissey, D. A. Noome, L. Pisa, J. Settele, J. D. Stark, A. Tapparo, H. van Dyck, J. van Praagh, J. P. van der Sluijs, P. R. Whitehorn, and M. Wiemers. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 5-34.
- Singh, B. U., P. G. Padmaja, and N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. Crop Prot. 23: 739-755.
- Stern, V. M. 1973. Economic thresholds. Annu. Rev. Entomol. 18: 259-280.

- Sticker, F. C. and A. W. Pauli. 1961. Leaf removal in grain sorghum. 1. Effects of defoliation treatments on yield and components of yield. *Agron. J.* 53: 99-102.
- Terán, A. P. y L. A. Rodríguez-del-Bosque. 2016a. Uso de boquillas DG TWINJET en aplicaciones con equipo de aspersión montado en tractor. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Terán, A. P. y L. A. Rodríguez-del-Bosque. 2016b. Volúmen de agua y ángulo de las boquillas en aplicaciones aéreas contra pulgón amarillo en sorgo. Ficha Tecnológica Generada. Campo Experimental Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. 2 p.
- Van den Berg, J. 2002. Status of resistance of sorghum hybrids to the aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae). *S. Afr. J. Plant Soil.* 19: 151-155.
- Van den Berg, J., A. J. Pretorius, and M. van Loggerenberg. 2003. Effect of leaf feeding by *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), on sorghum grain quality. *S. Afr. J. Plant Soil.* 20: 41-43.
- Vázquez, J. M., J. C. Carrillo y B. A. Cisneros. 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. *Entomol. Mex.* 3: 395-400.
- Villanueva, R. T., M. Brewer, M. O. Way, S. Biles, D. Sekula, E. Bynum, J. Swart, C. Crumley, A. Knutson, P. Porter, R. Parker, G. Odvody, C. Allen, D. Ragsdale, W. Rooney, G. Peterson, D. Kerns, T. Royer, and S. Armstrong. 2014. Sugarcane aphid: a new pest of sorghum. Texas A&M Agrilife Extension. Ento-035. Weslaco, Texas, U.S.A. 3 p.
- White, W. H., T. E. Reagan, and D. G. Hall. 2001. *Melanaphis sacchari* (Homoptera: Aphididae), a sugarcane pest new to Louisiana. *Fla. Entomol.* 84: 435-436.
- Williams, H., N. Montes y V. Pecina. 2006. Sorgo, pp. 32-54. *En:* L. A. Rodríguez del Bosque (ed.). Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Libro Técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río

Bravo, Tam., México. 325 p.  
Zapata, S. D., R. Dudensing, D. Sekula, G. Esparza, and R. Villanueva. 2018. Economic impact of the sugarcane aphid outbreak in South Texas. *J. Agr. Appl. Econ.* 50: 104–128  
Zehntner, L. 1897. Die plantenluizen van het suikenet. *Arch. Suikerind. Ned. Ind.* 5: 551.



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

## Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental

## **Comité Editorial del CIR-Noreste**

### **Presidente**

Dr. Jorge Elizondo Barrón

### **Secretario**

Ing. Hipólito Castillo Tovar

### **Vocales**

Dra. Diana Yemilet Avila Flores

M.C. Moisés Ramírez Meraz

Dr. Mauricio Velázquez Ramírez

### **Revisión Técnica**

Dr. Edgardo Cortéz Mondaca

Investigador C.E. Valle del Fuerte, CIR-Noroeste

### **Código INIFAP**

Esta publicación se terminó de imprimir en el mes de Septiembre del 2018 en los talleres de la empresa PRINT HOUSE, Río Bravo, Tamaulipas.

Su tiraje consta de 1,000 ejemplares

**Campo Experimental Río Bravo**

**Dr. Héctor M. Cortinas Escobar**

Jefe de Campo

**C.P. Arturo de Leon Flores**

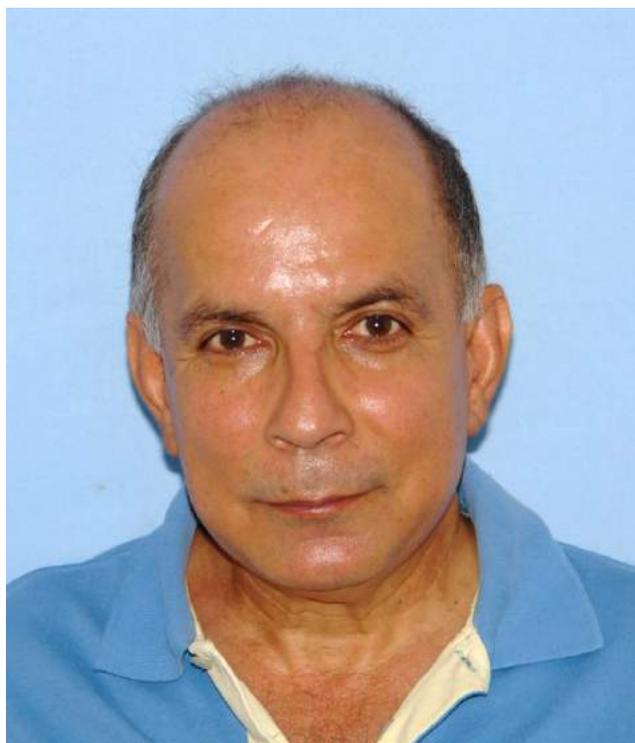
Jefe Administrativo

**INVESTIGADOR**

SILVA SERNA MARIO MARIN  
ÁLVAREZ OJEDA MARÍA GENOVEVA  
ALVARADO CARRILLO MANUEL  
ORTIZ CHAÍREZ FLOR ELENA  
ESPINOSA RAMÍREZ MARTÍN  
BUSTAMANTE DÁVILA ALEJANDRO JOSÉ  
CASTILLO TOVAR HIPÓLITO  
DE LA GARZA CABALLERO MANUEL  
HERNÁNDEZ MARTÍNEZ ROSENDO  
REYES MÉNDEZ CÉSAR AUGUSTO  
CORTINAS ESCOBAR HÉCTOR MANUEL  
GONZÁLEZ QUINTERO JAVIER  
MAGALLANES ESTALA AGUSTÍN  
GARZA CEDILLO RUBÉN DARIO  
DÍAZ FRANCO ARTURO  
MAYA HERNÁNDEZ VÍCTOR  
RODRÍGUEZ DEL BOSQUE LUIS ÁNGEL  
ALEJANDRO ALLENDE FLORENCIA  
MONTES GARCÍA NOÉ  
CISNEROS LÓPEZ MA. EUGENIA

**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN**

AGROMETEOROLOGÍA Y MODELAJE  
BIOTECNOLOGÍA  
FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL  
FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL  
FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL  
HORTALIZAS  
MAÍZ  
MAÍZ  
MAÍZ  
MAÍZ  
OLEAGINOSAS ANUALES  
OLEAGINOSAS ANUALES  
OLEAGINOSAS ANUALES  
PASTIZALES Y CULTIVOS FORRAJEROS  
SANIDAD FORESTAL Y AGRÍCOLA  
SANIDAD FORESTAL Y AGRÍCOLA  
SANIDAD FORESTAL Y AGRÍCOLA  
SOCIOECONOMÍA  
SORGO  
SORGO



*En memoria del Dr. Antonio Palemón Terán Vargas  
(1957-2018), coautor de este folleto*

**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

