

EVALUACIÓN FINANCIERA DEL CONTROL DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO (*Melanaphis sacchari*) CON QUILLAJA (*Quillaja sp.*)

FINANCIAL EVALUATION OF THE CONTROL OF THE YELLOW SORGHUM APHID (*Melanaphis sacchari*) WITH SOAPBARK (*Quillaja sp.*)

Jorge Miguel Paulino Vázquez-Alvarado^{1*} y Sergio Ramírez-Rojas¹

¹Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec, Km 0.5 Carretera Zacatepec-Galeana. CP 62780, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, México.
Correo-e: vazquez.jorge@inifap.gob.mx

*Autor para Correspondencia

RESUMEN

En 2015 apareció un insecto que infestó al cultivo del sorgo en el estado de Morelos. A esta plaga se le identificó como *Melanaphis sacchari* (Zehntner) y se le conoce popularmente como “pulgón amarillo del sorgo”. Inmediatamente se le combatió con insecticida, pero aun así provocó que la producción disminuyera en 50%. Considerando que la plaga era persistente, se diversificaron los métodos para controlarlo. Algunos estudios indican que una forma efectiva y amigable de controlar al pulgón es con extractos vegetales. Uno de éstos es el extracto de quillaja (*Quillaja sp.*), el cual no ha sido probado contra este insecto. El objetivo del presente estudio es evaluar agrónomica y financieramente el control del pulgón amarillo del sorgo con quillaja. Se estableció en Amayuca,

Jantetelco, Morelos, un experimento cuya unidad experimental se conformó por cinco surcos de 5 m de largo y 0.70 m entre surcos. La parcela útil fueron los tres surcos centrales, menos 0.5 m en cada extremo. Se tomaron datos agronómicos y financieros. El estudio concluyó que: los rendimientos de grano de los tratamientos a base extractos de *Quillaja sp.* e Imidacloprid, resultaron estadísticamente iguales; y el tratamiento con Imidacloprid es más rentable que el de *Quillaja sp.*

Palabras clave: *Imidacloprid, presupuesto parcial, análisis marginal.*

ABSTRACT

In 2015, an insect appeared infesting the cultivation of sorghum in Morelos State. This insect was identified as *Melanaphis*

sacchari (Zehntner) named "yellow sorghum aphid". Immediately it was treated with insecticide, but even so it caused that production diminished 50%. Considering that plague was irreversible, methods to control it were diversified. Some studies indicate that an effective and friendly way to control the plague is with plant extracts. One of these is soapbark extract (*Quillaja* sp.), which has not been tested in the field. The objective of the present study is to agronomically and financially evaluate the control of yellow sorghum aphid with soapbark. An experiment was established in Amayuca, municipality of Jantetelco, Morelos, whose experimental unit was formed by five rows of 5 m long and 0.70 m between rows. Useful plot was three central furrows, minus 0.5 m at each end. Agronomic and financial data were collected. The study concluded that: grain yields of treatments based on *Quillaja* sp. extract and Imidacloprid, were statistically equal; and the treatment with Imidacloprid is more profitable than the treatment with *Quillaja* sp.

Key words: *Imidacloprid, partial budget, marginal analysis.*

INTRODUCCIÓN

En el estado de Morelos, el cultivo de sorgo es el más importante en el ciclo primavera-verano; hasta el 2015 se sembraban en promedio 41,260 hectáreas (SIAP, 2018). Ese año se detectó en dicho cultivo un insecto de color amarillo con antenas y sifúnculos de color negro, que rápidamente se reproducía hasta formar colonias que cubrían toda la cara inferior de la hoja; algunas de las ninfas se convertían en adultos con alas que posteriormente se dispersaban a otras plantas y otras zonas de cultivo. El insecto se alimentó de la savia lo que provocó un retraso en el crecimiento de la planta y disminuyó su producción. Como daño indirecto ocasionó que se presentara la fumagina, que afecta la capacidad fotosintética de la planta. Este insecto se identificó como *Melanaphis sacchari* (Zehntner) y se le conoce popularmente como "pulgón amarillo del sorgo".

Como esta plaga se desconocía en la entidad, no se tenía una estrategia de combate, así que se optó por usar una medida de efecto inmediato, que es la aplicación de insecticidas químicos. El control se inició con un tratamiento de Imidacloprid, pero como la infestación de pulgones era alta, se tuvieron que hacer hasta cuatro aplicaciones. A pesar de las medidas de control, el daño ya estaba hecho por lo que la producción disminuyó hasta en 50% (SIAP, 2018).

Ese año, el daño del pulgón no paró con la disminución de la producción, sino que probablemente afectó a los animales que se alimentaron del rastrojo del sorgo, ya que con tanto insecticida que se aplicó, el rastrojo quedó contaminado.

Al año siguiente, 2016, se ampliaron las medidas para combatir el pulgón, tales como: sembrar semilla tratada con insecticida y liberar insectos depredadores, pero se siguió recomendando la aplicación de insecticidas químicos a la planta, no obstante sus efectos secundarios nocivos.

Para controlar efectivamente los insectos, pero evitando los efectos dañinos de los insecticidas químicos, se ha propuesto el uso de bioinsecticidas y extractos vegetales. El bioinsecticida a base de *Verticillium lecanii* ha demostrado ser letal contra el pulgón (SENASICA, 2014). Los extractos de cempasúchil (*Tagetes erecta*) e higuierilla (*Ricinus communis*) a nivel experimental han mostrado control sobre ninfas de pulgón amarillo (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016). La quillaja (*Quillaja* sp.) es otro extracto que se ha probado contra pulgón con buenos resultados (Ramírez *et al.*, 2017).

Para el agricultor responsable, no basta que el combate contra el pulgón sea efectivo, sino también amigable con el ambiente y barato. Es por esto que el objetivo del presente estudio es evaluar agrónomica y financieramente el control del pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) con quillaja (*Quillaja* sp.)

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote experimental se ubicó en el Campo Jagüeycillo, ejido de Amayuca, municipio de Jantetelco, Estado de Morelos, México. El suelo se preparó realizando un barbecho y surcado a 70 cm. La siembra se realizó el 2 de julio de 2017. Se sembró el híbrido San Jerónimo.

Para el estudio se utilizó el diseño experimental bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental se conformó por cinco surcos de 5 m de largo y 0.70 m entre surcos, lo que da un área total de 17.5 m² por unidad experimental. La parcela útil fue de los tres surcos centrales, dejando 0.5 m en cada extremo del surco.

Cuando la planta estaba en embuche (Etapa fenológica 9) se procedió a aplicar los tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1.

Se evaluó la quillaja porque contiene saponina que es un compuesto orgánico biodegradable no volátil que funciona como fungicida, nematocida, insecticida y como promotor del crecimiento (Correa y Martínez, 2013). Como no se tenía determinada la dosis, se optó por evaluar el rango de 2 a 6 mL /L. El tratamiento con Imidacloprid se considera el testigo comercial ya que es el más usado en la región. Para evaluar la efectividad biológica se incluyó un testigo absoluto, es decir, un tratamiento sin control del insecto.

Las aplicaciones se realizaron con una mochila de aspersión marca SWISS MEX[®] y una boquilla de abanico previamente calibrada. Se realizaron 3 aplicaciones vía foliar con intervalos de 7 días entre cada una. Para asegurar que los productos estuvieran en contacto con la planta, se utilizó Adhefol[®] como adherente, en una dosis de 0.5 mL por litro de agua asperjada. Salvo la aplicación de los tratamientos, el manejo del cultivo fue igual en todas las parcelas.

Se realizó una evaluación de la efectividad biológica de cada tratamiento, pero los detalles del procedimiento y resultados serán presentados en otro estudio; aquí sólo se muestran los rendimientos por ser un dato para el análisis financiero.

La evaluación de los rendimientos se llevó a cabo cosechando el grano de la parcela útil; el grano se pesó y se ajustó al 12% de humedad.

Para la evaluación financiera, se siguió el procedimiento descrito por el CIMMYT (1988).

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar para el control del pulgón amarillo en el cultivo de sorgo.

Tratamientos	Dosis	Productos
1	2.0 mL /L	Extracto de quillaja
2	4.0 mL /L	Extracto de quillaja
3	6.0 mL /L	Extracto de quillaja
4	0.5 mL /L	Imidacloprid
5	--	Sin control (Testigo absoluto)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación agronómica

Durante la evaluación previa a la aplicación de los tratamientos, se observó la presencia de ninfas de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo, con valores que oscilaban en un promedio de 137.75 a 157.50 ninfas y adultos de pulgón amarillo, respectivamente por 4 cm² de área foliar, en todas las unidades experimentales. Al realizar el análisis estadístico no se observaron diferencias estadísticas significativas, por lo

que se considera que todas las parcelas iniciaron en igualdad de condiciones.

La efectividad biológica de los tratamientos determinada en el primer muestreo, muestra que el tratamiento con extractos de quillaja en dosis de 6 mL /L de agua, 4 mL /L de agua y 2 mL /L de agua tuvieron una efectividad de 93%, 89% y 89% respectivamente; y la efectividad de Imidacloprid fue de 62.5%.

Durante el segundo y tercer muestreo, los tratamientos con extractos de quillaja en dosis de 6 mL /L de agua, 4 mL /L de agua y 2 mL /L de agua, tuvieron una efectividad del 100% y la efectividad de Imidacloprid también fue de 100%. La efectividad en el testigo absoluto fue 0%. En las tres evaluaciones se realizaron registros de fitotoxicidad en las plantas de sorgo, especialmente en las hojas jóvenes y el verticilo de las mismas, pero no se observó efecto fitotóxico causado por la aplicación de los tratamientos.

Los rendimientos medios obtenidos se analizaron estadísticamente; al encontrarse diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS® versión 9.0. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Evaluación económica.

Presupuesto parcial

Al observar que los tres tratamientos de quillaja tuvieron estadísticamente la misma efectividad y rendimiento, se decidió considerarlos como un solo tratamiento para lo cual se promedió su rendimiento. Para determinar la dosis, se eligió la más baja (2 mL /L). Hecha esta adecuación, se procedió a elaborar el presupuesto parcial, que se desglosa en el Cuadro 3.

Cabe destacar que por cuestiones prácticas los rendimientos se redondearon a los 10 kg/ha más próximos. Después se

realizó un ajuste de 10% a la baja de los rendimientos con el fin de homogeneizar los rendimientos experimentales a los de una parcela comercial. Este rendimiento se multiplicó por el precio de campo del sorgo, que en 2017 fue de \$3.20 /kg.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias.

Tratamiento	Rendimiento (kg /ha)	Significancia
Extracto de quillaja (2.0 mL /L)	8,903	a
Extracto de quillaja (4.0 mL /L)	8,895	a
Extracto de quillaja (6.0 mL /L)	8,818	a
Imidacloprid (0.5 mL /L)	8,811	a
Sin control	6,381	b

Fuente: Elaboración propia.

Se incluyó el rendimiento del forraje porque en la región de estudio (dominio de recomendación), el aprovechamiento de los residuos de sorgo es una práctica común. Cada paca se vendió a \$30.00. Al sumar el beneficio del grano y del forraje se obtuvo el beneficio bruto de campo.

Los costos que se presentan en el Cuadro 3 sólo son los costos que varían con cada tratamiento, es decir, no se incluyen los costos que son comunes, tales como preparación del terreno, semilla, fertilizantes, etc. El precio de la quillaja fue \$0.52 /mL, el de Imidacloprid \$1.40 /mL y el del adherente \$0.2 /mL. Para disolver los productos se utilizaron 400 litros de agua por hectárea.

Para calcular los beneficios netos se le restaron los costos que varían a los beneficios brutos de campo.

Cuadro 3. Presupuesto parcial del control del pulgón amarillo en el cultivo de sorgo.

	Tratamientos		
	1	2	3
	Extracto de Quillaja (2.0 mL /L)	Imidacloprid (0.5 mL /L)	Sin control
Rendimiento de grano medio (kg /ha)	8,870	8,810	6,380
Rendimiento de grano ajustado (kg /ha)	7,983	7,929	5,742
Rendimiento de forraje (pacas /ha)	400	400	350
Beneficio del grano (\$ /ha)	25,546	25,373	18,374
Beneficio de forraje (\$ /ha)	12,000	12,000	10,500
Beneficios brutos de campo (\$ /ha)	37,546	37,373	28,874
Costo de la quillaja (\$ /ha)	1,236	0	0
Costo de Imidacloprid (\$ /ha)	0	841	0
Costo de mano de obra para aplicación (\$ /ha)	600	600	0
Costo del adherente (\$ /ha)	120	120	0
Costo de alquiler de la bomba (\$ /ha)	32	32	0
Total de costos que varían (\$ /ha)	1,988	1,594	0
Beneficios netos (\$ /ha)	35,557	35,779	28,874

Fuente: Elaboración propia.

Análisis marginal

Si para elegir un tratamiento sólo se tomara en cuenta los beneficios brutos, la aplicación de extracto de quillaja sería el mejor, pero al considerar los costos que varían, la decisión se complica. Para hacer un análisis que involucre beneficios y costos, se realizó el análisis marginal, el cual se define como la operación para calcular las tasas de retorno marginal para los tratamientos alternativos. En el Cuadro 4 se muestran dichas tasas de retorno.

Obsérvese que los tratamientos que se analizan son el control del pulgón amarillo con Imidacloprid y con quillaja, siendo el primero el más rentable ya que por cada peso que se invierta en Imidacloprid, se recuperará el peso más \$4.33.

Para determinar el nivel de bondad de las tasas, primero se fijó la tasa de retorno mínima aceptable, entendida ésta como la necesaria para pagar los intereses del capital invertido en el tratamiento más una compensación por el riesgo que implica el cambio. Se decidió que la tasa de retorno mínima fuera 100% ya que según CIMMYT

(1988), es en principio razonable, la cual posteriormente puede afinarse si se especifica el contexto.

Al comparar las tasas se aprecia que las tasas de retorno marginal de ambos tratamientos superan a la tasa de retorno mínima, aunque el Imidacloprid es 103% más rentable que la quillaja. De acuerdo a lo anterior, se desprende que, desde el punto de vista financiero, la aplicación de Imidacloprid es mejor tratamiento que la quillaja.

La quillaja en campo mostró eficacia y rapidez, ya que mataba al pulgón rápidamente y no se requería de más de una aplicación; además de que no dañó el suelo, el aire y no dejó residuos en las plantas, sin embargo, su costo por hectárea es más caro que el Imidacloprid (\$1,236 de la quillaja contra \$841 del insecticida químico). Para que desde el punto de vista financiero la aplicación del extracto sea competitivo, el precio del producto debe bajar al menos 1.5 veces o bajar la dosis en esa misma magnitud. Si esto no fuera posible, se tendría que calcular los beneficios ambientales y agregarlos a los beneficios financieros.

Cuadro 4. Análisis marginal del estudio sobre el control del pulgón amarillo en sorgo.

Tratamiento	Costos que varían (\$/ha)	Costos marginales (\$/ha)	Beneficios netos (\$/ha)	Beneficios netos marginales (\$/ha)	Tasa de retorno marginal
Sin control	0	1,594	28,874	6,905	433%
Imidacloprid (0.5 mL /L)	1,594		35,779		
Sin control	0	1,988	28,874	6,683	336%
Extracto de Quillaja (2 mL /L)	1,988		35,557		

Fuente: Elaboración propia.

Antes de concluir se debe resaltar que éste es un estudio preliminar, ya que los resultados corresponden a un solo sitio y un solo año. CIMMYT (1988) sugiere que para dar recomendaciones al agricultor, se deben realizar experimentos en varios sitios y por varios años. No hay una cantidad precisa, pero el criterio sería que representen la variabilidad de los sitios y de los años.

CONCLUSIONES

Los rendimientos de grano de los tratamientos a base extractos de *Quillaja* sp. e Imidacloprid, resultaron estadísticamente iguales.

El tratamiento con Imidacloprid es más rentable que el tratamiento con *Quillaja* sp.

LITERATURA CITADA

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México DF, México. 79 pp.

Correa, C. y A. Martínez. 2013. Antecedentes silvícolas y tecnológicos de *Quillaja saponaria*

Mol. Productos Forestales No Madereros del Bosque Nativo en Chile. http://www.pfnm.cl/paqtecnologicos/quillay/informacion_quillay.pdf Consultado el 28 de mayo de 2018.

Ramírez, S., A. Trujillo y M. Hernández. 2017. Generación de estrategias para el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Jantelco, Morelos. Informe Técnico. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 38 pp.

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. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 3(7): 18-24.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis scchari* (Zehntner). Ficha técnica No. 43. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=27915> Consultado el 20 de mayo de 2018.

SIAP. 2018. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México.