

Efecto del manejo químico en abundancia de depredadores en agroecosistemas algodonereros de la Región Lagunera

Effect of chemical management on predator abundance in cotton agroecosystems of the Lagunera Region

Christian Silva-Martínez¹ , José Luis García-Hernández² , Urbano Nava-Camberos² ,
Gerardo Zapata-Sifuentes¹ , Alejandra Cabrera-Rodríguez¹ , Mercedes Georgina Ramírez-Aragón^{3*} 

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Departamento de Agroecología, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde, CP. 27054. Torreón, Coahuila, México

²Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Ej. Venecia, CP. 35000. Gómez Palacio, Durango, México.

³Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico No. 1555 Sur, Periférico Lerdo km 14.5, Plácido Domingo. 35150 Ciudad Lerdo, Durango, México.

*Autor de correspondencia: ginaaragon13@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 26 de febrero 2026

Aceptado: 25 de julio 2026

RESUMEN. La aplicación intensiva de insecticidas en sistemas agrícolas altera la abundancia y composición de los insectos benéficos, afectando su papel en la regulación natural de plagas. El objetivo del estudio fue evaluar la abundancia y composición de insectos depredadores bajo distintos niveles de manejo químico en el cultivo de algodón en la Región Lagunera, México. Se compararon localidades con y sin aplicaciones de insecticidas mediante muestreos estandarizados de red entomológica (100 golpes por predio), considerando la intensidad del manejo químico definida por el número de aplicaciones. La abundancia total de insectos depredadores fue mayor en localidades sin manejo químico en comparación con aquellas bajo aplicación de insecticidas. *Orius tristicolor*, *Chrysoperla* sp. y *Hippodamia convergens* fueron las especies dominantes, representando la mayor proporción de la comunidad. El manejo químico intensivo se asoció con una reducción en la abundancia total de depredadores y modificaciones en su composición relativa. Los resultados indican que la presión química reduce la abundancia de enemigos naturales y afecta la estructura de la comunidad, lo que puede limitar el potencial de regulación biológica en el agroecosistema del algodón.

Palabras clave: Control biológico, biodiversidad funcional, enemigos naturales, malatión UBV, presión química.

ABSTRACT. Intensive insecticide use in agricultural systems alters the abundance and composition of beneficial insects, affecting their role in the natural regulation of pests. The objective of this study was to evaluate the abundance and composition of predatory insects under different levels of chemical management in cotton agroecosystems in the Comarca Lagunera region, Mexico. Localities with and without insecticide applications were compared using standardized net sweep sampling (100 net sweeps per field), considering management intensity based on the number of insecticide applications. The total abundance of predatory insects was higher in localities without chemical management compared to those under insecticide application. *Orius tristicolor*, *Chrysoperla* sp., and *Hippodamia convergens* were the dominant species, representing the largest proportion of the community. Intensive chemical management was associated with a reduction in predator abundance and changes in community composition. These results indicate that chemical pressure reduces the abundance of natural enemies and alters community structure, potentially limiting the effectiveness of biological regulation in cotton agroecosystems.

Keywords: Biological control, functional biodiversity, natural enemies, malation ULV, chemical pressure.

Como citar: Silva-Martínez C, García-Hernández JL, Nava-Camberos U, Zapata-Sifuentes G, Cabrera-Rodríguez A, Ramírez-Aragón MG (2026) Efecto del manejo químico en abundancia de depredadores en agroecosistemas algodonereros de la Región Lagunera. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. VI: e5147. DOI: 10.19136/era.a13nVI.5147.

INTRODUCCIÓN

En México aún se utilizan plaguicidas altamente peligrosos, prohibidos en otros países con sistemas más rigurosos de control (Bejarano-González 2018). Los plaguicidas organofosforados presentan toxicidad aguda y se consideran también un problema grave para la salud pública y el medio ambiente (Hassaan y El-Nemr 2020). Desde su introducción a finales de la década de 1950 hasta mediados de la década de 1990, la mayoría de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) dependieron en gran medida de su uso (Jones *et al.* 2009). Actualmente el Programa Binacional de Erradicación de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) y del picudo del algodonero (*Anthonomus grandis*), se basa en aspersiones aéreas de malatión UBV como principal herramienta de control para *A. grandis*, considerada la plaga de mayor importancia económica del cultivo del algodón en México (Silva-Martínez *et al.* 2022).

Los plaguicidas pueden proporcionar un control efectivo de los insectos plaga y contribuir al incremento del rendimiento agrícola; sin embargo, su uso suele interferir con las interacciones ecológicas entre las plantas y la fauna insectil benéfica (Sánchez-Bayo y Wyckhuys 2019). El uso indiscriminado de estos insumos puede provocar contaminación ambiental, resurgimiento de plagas, incremento de daño por plagas secundarias y favorecer el desarrollo de resistencia (Santos *et al.* 2015, Baker *et al.* 2020). Además, los plaguicidas generan efectos secundarios sobre los enemigos naturales, los cuales pueden ser letales; ocurriendo inmediatamente después de la aplicación, o subletales; derivados de la exposición residual durante la búsqueda de alimento (Arcila-Moreno 2020, Sarandón y Flores 2014, Stark y Banks 2003).

Los efectos letales de los plaguicidas se asocian con la mortalidad que ocurre durante las primeras 24 h posteriores a la exposición de poblaciones de enemigos naturales. La magnitud de estos efectos depende de diversos factores biológicos, como el peso corporal, tamaño, sexo, estado de desarrollo, condición nutricional, diapausa, ritmo circadiano y comportamiento (Johnson y Tabashnik 1999). Por su parte, los efectos subletales pueden manifestarse como reducciones en la esperanza de vida, tasas de desarrollo, crecimiento poblacional, fertilidad y fecundidad, así como cambios en la proporción de sexos, deformidades y alteraciones en el comportamiento, alimentación, búsqueda y oviposición (Amarasekare *et al.* 2016, Mills *et al.* 2016, Roubos *et al.* 2014).

La resurgencia de plagas ocurre con frecuencia cuando los enemigos naturales son más susceptibles a los insecticidas que las plagas objetivo; como consecuencia, disminuye el número de parasitoides y depredadores, permitiendo que las poblaciones de plagas se recuperen sin regulación natural y alcancen nuevamente altas densidades (Maltos-Buendía *et al.* 2025). Los depredadores y parasitoides pueden entrar en contacto con los insecticidas por exposición directa, a través del hospedero o presa, así como por la ingestión de néctar y polen contaminados (Van-Driesche *et al.* 2007).

Se estima que los enemigos naturales de las plagas son responsables de entre el 50 y el 90% del control biológico de plagas en los agroecosistemas (Pimentel 2005). Los parasitoides y depredadores pueden proporcionar una regulación a largo plazo de las poblaciones de plagas, siempre que se adopten prácticas de manejo adecuadas que favorezcan su abundancia y eficiencia (Leigh *et al.* 1966). Los insecticidas organofosforados son ampliamente reconocidos como uno de

los principales impulsores de la pérdida de biodiversidad de insectos a nivel global (Hallmann *et al.* 2017, Sánchez-Bayo y Wyckhuys 2019). La estabilidad de los agroecosistemas no depende únicamente del número de especies presentes, sino de las interacciones funcionales entre ellas; los agroecosistemas más diversos tienden a ser más estables y resilientes, por lo que la biodiversidad debe mantenerse o promoverse para preservar la capacidad de autorregulación ecológica (Nicholls *et al.* 2015).

A pesar de la amplia evidencia sobre los efectos de los insecticidas en enemigos naturales, existe información limitada sobre cómo distintos niveles de presión química influyen en la estructura y abundancia de comunidades de insectos depredadores en agroecosistemas algodoneros del norte de México. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la abundancia y composición de insectos depredadores asociados al agroecosistema del algodón bajo distintos niveles de presión química en la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro localidades en la Región Lagunera con distinto régimen de manejo químico de insecticidas. La ubicación geográfica de los sitios de estudio se presenta en la Tabla 1. El malatión UBV (95%) se aplicó por vía aérea a una dosis de 1 L ha⁻¹, mientras que el insecticida comercial imidacloprid + betaciflutrina se aplicó por vía terrestre a una dosis de 0.5 L ha⁻¹. Los predios evaluados correspondieron a unidades de producción bajo manejo convencional, sembradas con variedades transgénicas de algodón *Bacillus thuringiensis* (Bt) y manejadas conforme a las prácticas agronómicas regionales. Estas condiciones permitieron establecer un gradiente de presión química entre localidades, definido por el número de aplicaciones de insecticidas.

Tabla 1. Ubicación geográfica, número de muestreos y manejo químico en las localidades evaluadas de la Región Lagunera.

Estado	Localidad	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Muestreos (n)	Aplicaciones	
					Malatión UBV	Imidacloprid+Betacyflutrin
Coahuila	San Rafael 1	25.8566	-103.1573	10	0	0
	San Rafael 2	25.8701	-103.1552	10	0	0
Durango	Transporte	25.6285	-103.5410	11	1	0
	Esmeralda	25.7390	-103.4105	11	1	2

Método de muestreo de insectos

Los muestreos de insectos en cada predio consistieron en efectuar 20 golpes de red entomológica en cada uno de cinco sitios seleccionados al azar, para un total de 100 golpes de red por predio en cada fecha de muestreo. Cada sitio de muestreo correspondió a un punto dentro del predio, distribuidos de manera aleatoria para representar la variabilidad espacial. Los insectos recolectados fueron colocados en bolsas etiquetadas, posteriormente clasificados e identificados utilizando guías taxonómicas ilustradas (CRDC y CottonInfo 2025, Nájera-Rincón y Souza 2010). En las localidades bajo manejo químico, los muestreos se realizaron un día antes de la aplicación

de malatión (día 0) y a los 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 19 y 23 días después de la aplicación (dda). En los predios sin aplicación de insecticidas, se siguió el mismo esquema temporal, omitiendo el muestreo previo. Los muestreos se realizaron durante los meses de agosto y septiembre, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Abundancia media ($\pm$ EE) y abundancia relativa (%) de insectos depredadores en localidades con distinto manejo químico del algodonero en la Región Lagunera.

Depredador	Transporte	%	Esmeralda	%	San Rafael 1	%	San Rafael 2	%	P	CV(%)	EE
<i>H. convergens</i>	3.00 ^a	23.9	0.54 ^b	7.0	1.80 ^a	6.8	2.20 ^{ab}	6.9	$P = 0.024$	82.38	0.34
<i>O. v-nigrum</i>	0.09 ^a	0.7	0.09 ^a	1.2	0.30 ^a	1.1	0.20 ^a	0.6	$P = 0.544$	228.64	0.00
<i>Chrysoperla sp.</i>	2.45 ^b	19.5	1.18 ^b	15.3	7.80 ^a	29.4	10.40 ^a	32.8	$P < 0.0001$	40.30	0.76
<i>O. tricolor</i>	6.09 ^b	48.5	3.72 ^b	48.1	13.20 ^a	49.8	16.00 ^a	50.5	$P < 0.0001$	30.22	1.14
<i>Nabis sp.</i>	0.27 ^a	2.2	0.36 ^a	4.7	0.50 ^a	1.9	0.50 ^a	1.6	$P = 0.849$	173.13	0.11
<i>Zelus sp.</i>	0.00 ^a	0.0	0.18 ^a	2.3	0.20 ^a	0.8	0.20 ^a	0.6	$P = 0.581$	285.67	0.00
<i>G. punctipes</i>	0.00 ^b	0.0	0.45 ^{ab}	5.8	0.70 ^a	2.6	0.80 ^a	2.5	$P = 0.093$	151.53	0.12
<i>C. vitattus</i>	0.00 ^b	0.0	0.27 ^{ab}	3.5	0.60 ^a	2.3	0.40 ^{ab}	1.3	$P = 0.141$	181.07	0.00
arácnidos	0.63 ^a	5.0	0.90 ^a	11.6	1.00 ^a	3.8	1.40 ^a	4.4	$P = 0.719$	129.67	0.24
Total de Depredadores	12.55 ^b	100	7.73 ^c	100	26.50 ^a	100	31.70 ^a	100	$P < 0.0001$	18.77	NA

Los valores corresponden a la media del número de insectos por 100 golpes de red. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre localidades (DMS, $P \leq 0.05$), a partir de datos transformados [$\ln(x + 1)$]. Los valores de P y el coeficiente de variación (CV, %) se obtuvieron del análisis de varianza. El error estándar de la media (EE) se calculó a partir de los datos originales no transformados. Los porcentajes representan la abundancia relativa de cada especie en cada localidad. El total de depredadores se presenta únicamente con fines descriptivos, por lo que no se estimó error estándar.

Variables

Las variables evaluadas fueron la abundancia de insectos depredadores, expresada como el número de individuos por 100 golpes de red entomológica en cada fecha de muestreo. Adicionalmente, se registró la composición de especies, considerando el número de individuos por especie o grupo taxonómico en cada localidad.

Análisis estadístico

Las abundancias de insectos depredadores se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), considerando como tratamientos las localidades con distinto número de aplicaciones aéreas de malatión UBV y como repeticiones las fechas de muestreo. Previo al análisis, los datos de abundancia se transformaron mediante logaritmo natural ($x + 1$), con el fin de estabilizar las varianzas (Ott 1988). Las comparaciones de medias entre localidades se realizaron mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% ($P \leq 0.05$), utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS versión 2002 (SAS Institute 2002).

RESULTADOS

Composición de la comunidad de depredadores

En las cuatro localidades evaluadas se registraron nueve especies o grupos de insectos depredadores: *Orius tristicolor*, *Hippodamia convergens*, *Chrysoperla* sp., *Nabis* sp., *Geocoris punctipes*, *Collops vittatus*, *Zelus* sp., *Olla v-nigrum* y arácnidos. En conjunto, *O. tristicolor*, *Chrysoperla* sp. y *H. convergens* representaron aproximadamente el 84% de la abundancia total de depredadores, lo que indica su papel dominante dentro de la comunidad entomófaga asociada al agroecosistema del algodón.

Abundancia total de depredadores

La abundancia total de insectos depredadores varió significativamente entre localidades ($P \leq 0.0001$), en relación con el régimen de manejo químico aplicado (Tabla 2). Las localidades sin aplicaciones insecticidas (San Rafael 1 y San Rafael 2) presentaron los mayores valores de abundancia promedio, con 26.5 y 31.7 insectos por 100 golpes de red, respectivamente. En contraste, las localidades bajo manejo químico (Transporte y Esmeralda) registraron abundancias significativamente menores, con promedios de 12.55 y 7.73 insectos por 100 golpes de red, respectivamente.

Comparación entre localidades con manejo químico

Entre las localidades con manejo químico, el predio Transporte, donde se realizó una sola aplicación aérea de malatión UBV durante el periodo de muestreo, presentó una mayor abundancia total de depredadores que el predio Esmeralda, en el cual se efectuó una aplicación de malatión UBV y dos aplicaciones terrestres de imidacloprid + betaciflutrina. En ambas localidades, *O. tristicolor*, *H. convergens* y *Chrysoperla* sp. fueron las especies más abundantes, aunque con diferencias en su proporción relativa.

La abundancia de *Chrysoperla* sp. mostró diferencias altamente significativas entre localidades ($P < 0.0001$), asociadas al régimen de manejo químico (Tabla 2). Las mayores densidades se registraron en las localidades sin aplicaciones insecticidas (San Rafael 1 y San Rafael 2), mientras que las localidades bajo manejo químico presentaron valores significativamente menores. En términos relativos, *Chrysoperla* sp. representó una mayor proporción de la comunidad en las localidades sin manejo químico, confirmando su sensibilidad a la presión insecticida.

Por otro lado, la abundancia de *O. tristicolor* presentó diferencias altamente significativas entre localidades ($P < 0.0001$), con mayores valores en las localidades sin aplicaciones insecticidas (Tabla 2). A pesar de la reducción en abundancia bajo manejo químico, esta especie mantuvo una elevada contribución relativa en todas las localidades, representando aproximadamente la mitad de la comunidad de depredadores. *O. tristicolor* fue la especie dominante en los cuatro sitios evaluados.

En cuanto a *H. convergens* difirió significativamente entre localidades ($P = 0.024$), en relación con el régimen de manejo químico (Tabla 2). A diferencia de otras especies, esta presentó una respuesta menos marcada a la presión insecticida, manteniendo valores intermedios en algunas localidades bajo manejo químico. En términos relativos, su contribución a la comunidad de depredadores mostró variación entre sitios con diferentes condiciones de manejo químico.

Otros grupos de depredadores de menor abundancia

Las especies de menor abundancia relativa, incluyendo *Nabis* sp., *Zelus* sp., *G. punctipes*, *C. vittatus*, *O. v-nigrum* y el grupo de arácnidos, presentaron valores bajos y alta variabilidad entre localidades, sin diferencias estadísticas significativas (Tabla 2). En conjunto, estos grupos representaron una proporción reducida de la comunidad total de depredadores y no evidenciaron una tendencia clara asociada al régimen de manejo químico.

En conjunto, los resultados evidencian que el régimen de manejo químico influye de manera significativa en la abundancia y composición de la comunidad de insectos depredadores en el agroecosistema del algodonero. Las localidades sin aplicaciones insecticidas presentaron mayores niveles de abundancia total y favorecieron la presencia de especies dominantes como *Orius tristicolor* y *Chrysoperla* sp., mientras que las localidades bajo manejo químico mostraron una reducción generalizada en la abundancia de depredadores y una mayor variabilidad en la estructura de la comunidad.

DISCUSIÓN

Composición de la comunidad de depredadores

Los resultados obtenidos indican que *Orius tristicolor*, *Chrysoperla* sp. y *Hipodamia convergens* constituyen los principales componentes de la comunidad de insectos depredadores asociados al cultivo del algodonero en la Región Lagunera. La dominancia de estas especies, al concentrar la mayor proporción de la abundancia total en todas las localidades evaluadas, sugiere que desempeñan un papel central en la regulación biológica dentro de este agroecosistema. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Ávila-Rodríguez *et al.* (2019) y Silva-Martínez *et al.* (2022), quienes identificaron a estas especies como depredadores clave en sistemas algodoneros de la región. Esta concordancia refuerza la consistencia del patrón observado y sugiere que la estructura básica de la comunidad de enemigos naturales se mantiene relativamente estable a escala regional.

Abundancia total de depredadores

No obstante, las variaciones en la abundancia relativa entre localidades indican que el manejo agronómico, particularmente el uso de insecticidas, puede modificar la dinámica y contribución de estas especies dentro de la comunidad.

Comparación entre localidades con manejo químico

Al comparar las localidades con distinto régimen de manejo químico, se observó que aquellas sin aplicaciones insecticidas presentaron una mayor densidad de insectos depredadores y una mayor proporción relativa de especies dominantes, en contraste con las localidades bajo manejo químico, donde la abundancia total fue significativamente menor y la estructura de la comunidad mostró una redistribución en la contribución de las especies. Este patrón indica que la presión química influye de manera directa en la estructura de las comunidades de enemigos naturales, afectando tanto la densidad poblacional como su composición relativa. Estos resultados son consistentes con diversos estudios que documentan reducciones en la abundancia de depredadores y alteraciones

en la regulación biológica bajo esquemas de manejo químico intensivo (Naranjo y Akey 2005, Roubos *et al.* 2014, Sánchez-Bayo y Wyckhuys 2019). En particular, se ha señalado que el uso de insecticidas de amplio espectro puede generar una disminución generalizada en la abundancia y diversidad funcional de enemigos naturales, con efectos indirectos sobre la dinámica de plagas, incluyendo procesos como la resurgencia y la pérdida de estabilidad ecológica en los agroecosistemas (Maltos-Buendía *et al.* 2025).

En sistemas algodoneros de la Comarca Lagunera, Nava-Camberos *et al.* (2018, 2021) reportan patrones similares, donde el uso recurrente de insecticidas, aun en esquemas con variedades Bt, mantiene una presión significativa sobre las comunidades de enemigos naturales, favoreciendo estructuras simplificadas. En este contexto, la mayor abundancia observada en las localidades sin manejo químico en el presente estudio refuerza la importancia de conservar comunidades funcionalmente diversas de depredadores. De manera complementaria, Ellsworth *et al.* (2019) destacan que la efectividad del control biológico no depende únicamente de la presencia de especies clave, sino de alcanzar densidades funcionales suficientes para ejercer una regulación efectiva sobre las poblaciones de plagas. Por lo tanto, la reducción de depredadores observada en las localidades bajo manejo químico podría comprometer la capacidad del sistema para mantener niveles adecuados de control biológico, incrementando la dependencia de insumos externos para el manejo fitosanitario.

Otros grupos de depredadores de menor abundancia

Estos resultados se alinean con el planteamiento de Nicholls *et al.* (2015), quienes proponen que la regulación biológica en los agroecosistemas no depende únicamente de la abundancia de enemigos naturales, sino de la funcionalidad ecológica que emerge de sistemas diversificados y estructuralmente complejos. Desde esta perspectiva, la biodiversidad funcional actúa como un componente central para amortiguar perturbaciones y sostener procesos de control natural a lo largo del tiempo. Por su parte, Sarandón y Flores (2014) señalan que la sustentabilidad de los sistemas agrícolas está estrechamente vinculada a prácticas de manejo que minimicen las alteraciones externas y favorezcan la estabilidad ecológica del sistema productivo.

Desde una perspectiva de manejo, los patrones observados sugieren que la intensificación del manejo químico puede comprometer la funcionalidad ecológica de los agroecosistemas algodoneros al reducir la capacidad de regulación natural de plagas. Esto implica que estrategias basadas en el uso indiscriminado de insecticidas podrían generar sistemas más dependientes de insumos externos y menos resilientes ante perturbaciones. En este contexto, la implementación de prácticas de manejo más selectivas y compatibles con la conservación de enemigos naturales representa un componente clave para fortalecer el control biológico y avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles.

CONCLUSIONES

Las especies *Orius tristicolor*, *Chrysoperla* sp. y *Hippodamia convergens* dominaron la comunidad de depredadores en el agroecosistema del algodonero en la Región Lagunera. El manejo químico redujo su abundancia y modificó la estructura de la comunidad, lo que puede limitar el potencial

de regulación biológica. La reducción en el uso de insecticidas y la adopción de estrategias más selectivas son fundamentales para conservar enemigos naturales y mejorar la sostenibilidad del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna y a la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Amarasekare KG, Shearer PW, Mills NJ (2016) Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. *Biological Control* 102: 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.015>
- Arcila-Moreno A (2020) Efecto de los agroquímicos en el control natural. En: Benavides-Machado P, Góngora CE (ed) *El control natural de insectos en el ecosistema cafetero colombiano*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Colombia. pp. 158-185. https://doi.org/10.38141/10791/0001_7
- Ávila-Rodríguez V, Nava-Camberos U, García-Hernández JL, Martínez-Carrillo JL, Blanco CA (2019) Insect diversity in conventional and Bt cottons in the Comarca Lagunera, Mexico. *Southwestern Entomologists* 44: 383-392. <https://doi.org/10.3958/059.044.0203>
- Baker BP, Green TA, Loker AJ (2020) Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control* 140: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104095>
- Bejarano-González F (2018) Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México. Primera Edición. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A. C. Estado de México, México. 351p.
- CRDC, CottonInfo (2025) Cotton pest management guide 2025–26. Cotton Research and Development Corporation. <https://crdc.com.au/sites/default/files/pdf/CPMG%202025.pdf>. Fecha de consulta: 3 de noviembre del 2025
- Ellsworth PC, Naranjo SE, Fournier AJ, Brown JK (2019) Biological control of *Bemisia tabaci* in cotton: A global perspective. *Pest Management Science* 75(3): 699-711. <https://doi.org/10.1002/ps.5186>
- Hassaan M, El-Nemr A (2020) Pesticides pollution: classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *Journal of Aquatic Research* 46: 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, de Kroon H (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS One* 12: 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Johnson MW, Tabashnik BE (1993) Laboratory selection for pesticide resistance in natural enemies. En: Narang SK, Bartlett AC, Faust RM (ed) *Applications of genetics to arthropods of biological control*

- significance. Routledge/Taylor & Francis Group. USA. pp. 91-105.
<https://doi.org/10.1201/9781351069762>
- Jones VP, Unruh TR, Horton DR, Mills NJ, Brunner JF, Beers EH, Shearer PW (2009) Tree fruit IPM programs in the western United States: the challenge of enhancing biological control through intensive management. *Pest Management Science* 65: 1305-1310. <https://doi.org/10.1002/ps.1839>
- Leigh T, Black J, Jackson C, Burton V (1966) Insecticides and beneficial insects in cotton fields. *California Agriculture* 20: 4-6.
- Maltos-Buendía J, Nava-Camberos U, González-Hernández H, Silva-Martínez C, Hernández-Leal E, Lomeli-Flores JR (2025) Impacto de aplicaciones de malatión sobre insectos benéficos y efectos en *Bemisia tabaci* en algodonero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 12(3): e4576.
<https://doi.org/10.19136/era.a12n3.4576>
- Mills NJ, Beers EH, Shearer PW, Unruh TR, Amarasekare KG (2016) Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: A synthesis of laboratory bioassay data. *Biological Control* 102: 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.05.006>
- Nájera-Rincon MB, Souza B (2010) Insectos benéficos, guía para su identificación. Primera Edición. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 72p.
- Naranjo SE, Akey DH (2005) Conservation of natural enemies in cotton: Comparative selectivity of insecticides to natural enemies of *Bemisia tabaci*. *Biological Control* 33(1): 52-72.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.02.002>
- Nava-Camberos U, Ávila-Rodríguez V, Maltos-Buendía J, García-Hernández JL, Martínez-Carrillo, JL (2018) Densidades y daños de insectos plaga en algodonero convencional y Bt en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologists* 43(4): 985-993. <https://doi.org/10.3958/059.043.0415>
- Nava-Camberos U, Maltos-Buendía J, Ávila-Rodríguez V, Hernández-Leal E, Franco-Gaytán I, Rivera-Zamarripa AD, Valenzuela-García AA, Estrada-Rodríguez JL, Sánchez-Galván H (2021) Densidades de Mosca Blanca, *Bemisia tabaci*, e Insectos Depredadores Asociados en Algodonero. *Southwestern Entomologists* 46(2): 463-478. <https://doi.org/10.3958/059.046.0216>
- Nicholls CI, Henao A, Altieri MA (2015) Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología* 10: 7-31.
- Ott RL (1988) An introduction to statistical methods and data analysis. 3rd ed. PWS-Kent Publishing Company. Boston, Massachusetts. 1152p.
- Pimentel D (2005) Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Bioscience* 42: 750-760. <https://doi.org/10.2307/1311994>
- Roubos CR, Rodriguez-Saona C, Isaacs R (2014) Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biological Control* 75: 28-38.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.01.006>
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KA (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Santos CGD, Wanderley TV, Vargas de OJ, Aguiar CTA, Correia AA, de Souza ATJ, Magliano da CF, Oliveira BM (2015) Histological and histochemical changes by clove essential oil upon the gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Morphology* 33: 1393-1400.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000400034>
- Sarandón SJ, Flores CC (2014) La insustentabilidad del modelo agrícola actual. En: Sarandón SJ, Flores CC (eds) *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. pp. 13-41.
<https://doi.org/10.35537/10915/37280>
- SAS Institute Inc., 2002. SAS/STAT User's Guide, Version 9.0. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

- Silva-Martínez C, Nava-Camberos U, Cano-Ríos P, García-Hernández JL, Reyes-Carrillo JL, Sánchez-Ramos FJ, Salcedo-Serrano DA (2022) Efecto de las aplicaciones aéreas de malatión UBV en la fauna insectil benéfica asociada al cultivo del algodonero en la Comarca Lagunera, México. *Nova Scientia* 14: 1-12. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i29.3108>
- Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology* 48: 505-519. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112621>
- Van-Driesche RG, Hoddle MS, Center TD (2007) Control de plagas y malezas por enemigos naturales. USDA Forest Service. Washington, DC, USA. 751p.