



## Insectos benéficos en maíz: respuesta al uso de insecticidas biorracionales para el control de *Spodoptera frugiperda* †

### [Beneficial insects in maize crops: response to the use of biotratational insecticides for the control of *Spodoptera frugiperda*]

Diana Laura Mendez-Flota<sup>1</sup>, Alejandra González-Moreno<sup>1\*</sup>,  
Esaú Ruiz-Sánchez<sup>1</sup> and Carolina Flota-Bañuelos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

[dd13800038@conkal.tecnm.mx](mailto:dd13800038@conkal.tecnm.mx), [alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx](mailto:alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx)\*,  
[esau.ruiz@itconkal.edu.mx](mailto:esau.ruiz@itconkal.edu.mx) [cflota@colpos.mx](mailto:cflota@colpos.mx)

<sup>2</sup> SECIHTI-Colegio de postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haltunchen-Ezdná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. C. P. 24450.

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background:** the use of pesticides has had a negative impact on the environment and human health. This is why sustainable alternatives, such as biorational insecticides, are being promoted. However, several studies have reported sublethal effects on beneficial insects, highlighting the need for further research. **Objective:** to evaluate the effects of biorational insecticides on damage caused by *S. frugiperda* and beneficial insect communities in corn crops. **Methods:** an experimental plot of hybrid corn (variety Sorent) was established in an agricultural area of the Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal from June to August 2021. Two biorational treatments (Spinetoram and Novaluron) and one control were applied. Insects were collected using sweep nets, forceps, and aspirators, identified to the family level, and classified into functional groups. To analyze the composition of beneficial insects, Whittaker plots were constructed, and a Kruskal–Wallis test was performed to assess differences in composition and abundance among treatments. In addition, damage and parasitism rates in *Spodoptera frugiperda* were evaluated, and the presence of pesticides in beneficial insects was also assessed. **Results:** a total of 639 beneficial insects were collected from the maize crop, including 491 predators, 85 decomposers, 43 parasitoids and 20 pollinators. There were no significant differences in the number of beneficial insects in each treatment group. *S. frugiperda* caused visible damage to the plants, but again, there were no significant differences between the treatments. The percentage of parasitoidism obtained with the Braconidae and Tachinidae families was 13.15%. Pesticides, including insecticides such as HCH and DDT, and the herbicide glyphosate, were present in the crop. **Implications:** the results indicate that biorational insecticides can be integrated into pest management programs without significantly affecting beneficial insects. **Conclusion:** it is crucial to evaluate the long-term effects of using these products on biodiversity and the health of agroecosystems.

**Key words:** Beneficial insects; insecticides; herbicides; predators; parasitoids.

#### RESUMEN

**Antecedentes:** el uso de pesticidas en los sistemas agrícolas ha generado impactos negativos en el ambiente y la salud humana, por tanto, se promueven alternativas sostenibles como el uso de insecticidas biorracionales. No obstante, diversos estudios reportan efectos subletales sobre insectos benéficos, lo que exige generar investigaciones. **Objetivo.** evaluar el efecto de insecticidas biorracionales sobre el daño ocasionado por *S. frugiperda* y las comunidades de insectos benéficos en cultivos de maíz. **Métodos:** Se estableció una parcela experimental de maíz híbrido variedad Sorent en un área agrícola del Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, durante los meses de junio a agosto de 2021. Se aplicaron dos tratamientos biorracionales (Spinetoram y Novaluron) y un control. Los insectos se recolectaron con redes entomológicas, pinzas y aspiradores, se identificaron a nivel de familia y se clasificaron por grupos funcionales. Para analizar la composición de los insectos benéficos se construyeron curvas de Whittaker y se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis para evaluar diferencias en composición y abundancia entre tratamientos. También se evaluó el daño y porcentaje de

† Submitted September 10, 2025 – Accepted January 26, 2026. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6587>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = D.L. Mendez-Flota: <http://orcid.org/0009-0008-1032-8073>; A. González-Moreno: <http://orcid.org/0000-0002-8395-9457>; E. Ruiz-Sánchez: <http://orcid.org/0000-0003-0245-3305>; C. Flota-Bañuelos: <http://orcid.org/0000-0001-5533-6722>

parasitismo en *Spodoptera frugiperda*, por último, se evaluó la presencia de pesticidas en insectos benéficos. **Resultados:** en el cultivo de maíz se recolectaron 639 insectos benéficos, destacan depredadores (491), descomponedores (85), parasitoides (43) y polinizadores (20). No se presentaron diferencias significativas en los insectos benéficos por cada tratamiento. *S. frugiperda* causó daño visible en las plantas, pero sin diferencias significativas entre tratamientos. En cuanto al porcentaje de parasitoidismo se obtuvo un 13.15% con las familias Braconidae y Tachinidae. Se observó la presencia de pesticidas en el cultivo, insecticidas como (HCH y DDT) y el herbicida (Glifosato). **Implicaciones:** los resultados señalan que los insecticidas biorracionales pueden emplearse en el manejo integrado de plagas sin afectar a los insectos benéficos. **Conclusión:** el estudio evidencia que los insecticidas biorracionales no afectaron significativamente la abundancia de insectos benéficos, aunque se detectaron pesticidas persistentes en el cultivo. Esto resalta la importancia de evaluar los efectos a largo plazo de estos productos sobre la biodiversidad y la salud del agroecosistema.

**Palabras clave:** Insectos benéficos; insecticidas; herbicidas; depredadores; parasitoides.

## INTRODUCCIÓN

El uso de plaguicidas agrícolas como los insecticidas, fungicidas y herbicidas ha aumentado en los últimos años (Tudi *et al.*, 2021), debido a la necesidad de proteger los cultivos y aumentar la producción. Sin embargo, el uso desmedido ha generado impactos negativos al ambiente, incluyendo la contaminación del suelo, agua y aire, así como daños a la salud humana, en el incremento de las enfermedades crónicas (Siviter *et al.*, 2018; Donaher y Van den Hurk, 2023; Mamy *et al.*, 2023). En respuesta a esta problemática, varios países, principalmente en Reino Unido y Europa, han establecido regulaciones más estrictas y han restringido el uso de ciertos plaguicidas de alto riesgo (Ortiz *et al.*, 2014; Mauricio-Gutiérrez *et al.*, 2023). En México, es común el uso de diversos productos químicos que resultan altamente tóxicos, lo que incrementa el riesgo ambiental y sanitario (Moo-Muñoz *et al.*, 2020). Además, el uso intensivo y prolongado de plaguicidas sintéticos ha favorecido la resistencia en diversas plagas agrícolas, reduciendo la eficacia de los tratamientos convencionales (Isman, 2019).

Actualmente la concienciación sobre el cuidado del ambiente hace que se utilicen estrategias más sostenibles en la agricultura, como el uso de enemigos naturales, depredadores, parasitoides, hongos entomopatógenos (Bueno *et al.*, 2024; Fan *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024) y otras alternativas eficaces como los insecticidas biorracionales, los cuales, son sustancias producidas por microorganismos, plantas o minerales, o incluso reguladores de crecimiento de insectos de origen sintético, específicos para la plaga que se desea controlar (Días *et al.*, 2024). En este contexto, en septiembre de 2025, el gobierno mexicano emitió un decreto histórico que prohíbe el uso de 35 plaguicidas clasificados como altamente peligrosos para la salud y el medio ambiente, representando un avance importante hacia una agricultura más segura y sostenible (DOF, 2025). En este escenario de transición hacia alternativas más sostenibles, algunos insecticidas biorracionales han ganado relevancia por su alta eficacia en el control de plagas, particularmente en cultivos como el maíz.

Existen estudios que demuestran la eficacia de insecticidas botánicos como Bioneela® a base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss., 1830) y PyGanic® elaborado a partir de piretro, (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trevir.) Vis., 1842) para el control de pulgones, con un impacto casi nulo en insectos benéficos como los polinizadores (Ochieng *et al.*, 2022). Al igual que el uso de insecticidas a base de *Bacillus thuringiensis*, el uso de insecticidas a base de *Bacillus thuringiensis* causa toxicidad nula para los parasitoides y controla eficazmente las plagas (Wang *et al.*, 2020). Sin embargo, en las últimas décadas, varios estudios han reportado efectos subletales sobre artrópodos benéficos (Tremblay *et al.*, 2008; Tschoeke *et al.*, 2019; Haddi *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2023); se han registrado efectos secundarios del uso de Success® a base de spinosad (*Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990) sobre el parasitoide *Trichogramma brassicae* (Bezdenko, 1968) (Parsaeyan *et al.*, 2020); asimismo, el insecticida-acaricida botánico BIODIE® a base de neem causa toxicidad y mortalidad en las familias de polinizadores y depredadores (Luna-Cruz *et al.*, 2018).

Entre los insecticidas biorracionales utilizados actualmente destacan Rimon® 100 EC (Novaluron), desarrollado por Makhteshim-Agan Industries Ltd. (FAO/OMS, 2003), un regulador del crecimiento de insectos que inhibe la síntesis de quitina en las etapas larvales y presenta menor toxicidad para organismos no objetivo en comparación con insecticidas convencionales (McGraw y Aker., 2025); y Palgus® (Spinetoram), insecticida microbiano derivado de compuestos naturales (*Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990), que actúa sobre los receptores nicotínicos de acetilcolina, causando parálisis y muerte del insecto (Galm & Sparks 2016). Ambos productos se utilizan ampliamente para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) en México debido a su eficacia y accesibilidad. El Novaluron se ha reportado como eficaz en el control de gusano cogollero *S. frugiperda* (Tejeda-Reyes *et al.*, 2016; Mansoor *et al.*, 2022), aunque estudios recientes han evidenciado efectos negativos en insectos no objetivo, como el daño que ocasiona en el intestino medio de los insectos y que compromete varias fases de su fisiología (Santorium

*et al.*, 2019). El Spinetoram, también destaca por su alta eficacia contra plagas como lepidópteros (Li *et al.*, 2015) y trips (Allam *et al.*, 2023), pero se ha demostrado que, aunque su toxicidad para polinizadores y parasitoides suele ser menor, no está exento de causar efectos negativos en insectos benéficos, como avispas parasitoides (Drobnjaković *et al.*, 2025) y elevada mortalidad, incluso a dosis reducidas, en polinizadores como *Melipona beecheii* Bennett, 1831 y *Nannotrigona perilampoides* Cockerell, 1912 (Gongora-Gamboa *et al.*, 2025). Considerando su creciente uso, y los resultados contrastantes sobre insectos no objetivo, resulta esencial evaluar el impacto de estos productos en cultivos de alto valor agrícola y cultural, como el cultivo del maíz.

El maíz (*Zea mays* L., 1753) es uno de los cereales de gran importancia económica, social, cultural y ambiental, y México es uno de los principales productores (Ramazan *et al.*, 2023). Esta especie es originaria de México, donde fue domesticada antes de dispersarse hacia diversas regiones del mundo, lo que resalta su valor cultural y agrícola (McLean-Rodríguez *et al.*, 2021). En la Península de Yucatán, el maíz es central para la agricultura y la cultura de las comunidades rurales (Ku-Pech *et al.*, 2020). Sin embargo, es afectado por varias plagas, tales como el gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855), la gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), el gusano cortador (*Agrotis ipsilon* Hufnagel, 1766) y el gusano cogollero (*S. frugiperda*), siendo este último una plaga polífaga, migratoria y destructiva, ya que en su etapa larvaria se alimenta de hojas y brotes tiernos, convirtiéndose en un masticador de tejido vegetal (Qi *et al.*, 2024; Rodríguez-Cervantes *et al.*, 2025), está presente casi todo el año y son las causantes de pérdidas económicas significativas (Bolzán *et al.*, 2019). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de insecticidas biorracionales sobre el daño ocasionado por *S. frugiperda* y las comunidades de insectos benéficos en cultivos de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental

El estudio se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, localizado en las coordenadas 21.080154° LN y - 89.499596° LO. El sitio presenta un clima cálido húmedo (García, 1978), con una temperatura promedio anual de 30 °C, una precipitación media de 734 mm y una altitud de 8 msnm. El cultivo se estableció el día 2 de junio del 2021, en una parcela experimental con maíz híbrido variedad Sorent en el Área de Investigación y Producción de Hortalizas. La parcela fue subdividida en tres filas longitudinales y cuatro bloques transversales, obteniendo un total de 12 subparcelas. La siembra se realizó de manera manual en surcos de 20 cm de profundidad, con una separación de 30 cm entre plantas. Durante el periodo experimental, las temperaturas máximas promedio en Conkal oscilaron entre 32 °C y 36 °C, las temperaturas mínimas variaron entre 24 °C y 25 °C (Weatherspark, 2021). La humedad relativa promedio fue de 63% en mayo y aumentó al 77% en agosto (Meteoblue, 2021). La precipitación acumulada durante estos meses fue de aproximadamente 420 mm, concentrándose principalmente en junio y julio (Climate-Data.org, 2021).

Aplicación de los tratamientos en campo

Posterior a la emergencia del cultivo, se aplicaron dos tratamientos de insecticidas biorracionales: Spinetoram y Novaluron, según las recomendaciones de uso de la ficha técnica, recomendado por Reddy y Miller (2014) (Tabla 1); para el control se utilizó agua. Se hicieron dos aplicaciones con 20 días de diferencia entre ellas, siendo la primera a los 30 días de la emergencia del cultivo (2 de julio de 2021) y la segunda a los 50 días de la emergencia del cultivo (21 de julio de 2021). Los productos se aplicaron en un horario matutino de 8:00 am a 10:00 am con un aspersor de mochila motorizada (STIHL SR-430).

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el cultivo de maíz a los 30 y 50 días después de la emergencia. Ciclo Primavera-verano 2021, Conkal Yucatán, México.

| Ingrediente activo                    | Nombre comercial | Fecha de aplicación (30 y 50 días después de la emergencia) | Dosis mL ha <sup>-1</sup> | Grupo toxicológico | Modo de acción                                                     |
|---------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Spinetoram (mezcla de Spinosyn J y L) | Palgus           | 2 y 21 de julio 2021                                        | 150                       | Spinosines         | Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina |
| Novaluron (Regulador de crecimiento)  | Rimon            | 2 y 21 de julio 2021                                        | 150                       | Benzoilureas       | Inhibidor de la formación de la quina (Sistema nervioso)           |
| Agua                                  |                  | 2 y 21 de julio 2021                                        |                           |                    |                                                                    |

## Colecta e identificación de las comunidades de insectos asociadas al cultivo de maíz

En cada parcela, se realizaron ocho colectas directas mediante el uso de redes, aspiradores y pinzas entomológicas, de junio a agosto de 2021. Los ejemplares colectados fueron trasladados al laboratorio de plagas agrícolas del TecNM campus Conkal, para su identificación a nivel de familia, la identificación se realizó por medio de claves dicotómicas propuestas por Fernández y Sharkey (2006), Eaton y Kaufman (2007) y Nájera y Souza (2010). Los insectos colectados fueron clasificados por grupos funcionales de acuerdo con su rol ecológico dentro del agroecosistema, en cuatro categorías principales: depredadores, parasitoides, polinizadores y descomponedores. Esta clasificación se realizó con base a las funciones biológicas conocidas de cada familia taxonómica.

### Análisis estadístico

#### Evaluación de las familias de insectos benéficos por tratamiento

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la abundancia de insectos entre los distintos tratamientos. El análisis, realizado con el software PAST v5 (Paleontological Statistics; Hammer *et al.*, 2001) permitió determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos y considerar un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

#### Estructura de las familias de insectos benéficos por tratamientos

La composición de las comunidades se analizó mediante la construcción de curvas de Whittaker, las curvas, fueron elaboradas en el programa Excel (Microsoft Corporation, 2019) para cada tratamiento, se utilizaron los datos de abundancia obtenidos durante el estudio. Estas curvas permitieron visualizar la variación en la riqueza taxonómica y la distribución de las especies, lo que facilitó la comparación de la diversidad entre tratamientos. Además, las diferencias en la abundancia se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017). Dado que los datos no presentaron una distribución normal, se aplicó una transformación por raíz cuadrada del logaritmo natural para cumplir con los supuestos del análisis. La homogeneidad de varianzas se verificó mediante la prueba de Levene. Cuando se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (*post hoc*).

#### Grado y porcentaje de daño de *S. frugiperda*

La evaluación del efecto de los biorracionales sobre *S. frugiperda* se realizó mediante la medición del

daño foliar causado por las larvas en 30 plantas por tratamiento, tanto antes como tres días después de la aplicación de los tratamientos. Para determinar el grado de daño, se seleccionaron al azar ocho plantas por tratamiento y se clasificó el daño según la escala de Davis y Williams (1992), donde 0 indica ausencia de daño visible y 9 indica daño foliar severo, con verticilos y hojas casi o totalmente destruidos. Las diferencias entre tratamientos en el porcentaje de daño se evaluaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) paramétrico, siguiendo la metodología descrita anteriormente.

#### Evaluación del porcentaje de parasitoidismo para *S. frugiperda*

Las evaluaciones se realizaron al examinar todas las plantas por tratamiento para contar y registrar el número de masas de huevos y la presencia de larvas de *S. frugiperda* (Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008), las cuales se recolectaron y colocaron en cámaras rústicas de emergencia para completar su ciclo de vida y esperar la emergencia de los parasitoides.

El porcentaje de parasitoidismo de *S. frugiperda* se calculó utilizando la fórmula propuesta por Van Driesche (1983), considerando el número de larvas parasitadas respecto al total de larvas muestreadas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de parasitismo} = \frac{\text{Larvas parasitadas} \times 100}{\text{Total de ninfas}}$$

#### Presencia de pesticidas en insectos benéficos

La evaluación de las concentraciones de pesticidas en los insectos, se utilizó una combinación de estándares (SUPELCO 47426-U CLP Organochlorine Pesticide Mix) mediante el método estandarizado de UNEP/AEA (1982), el cual consiste en la detección de pesticidas organoclorados en muestras biológicas, es una guía técnica que establece procedimientos analíticos para la identificación y cuantificación de contaminantes orgánicos persistentes, especialmente mediante cromatografía de gases, también se analizó la presencia de Roundup® a base de glifosato (*N*-(fosfonometil)glicina, mediante el Kit de Elisa.

La presencia de pesticidas como insecticidas y herbicidas en insectos benéficos por tratamiento se analizó mediante un análisis de varianza de una vía bajo un diseño completamente al azar, se verificaron las premisas del ANOVA: normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Cuando se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey (*post hoc*). Los análisis se realizaron utilizando el software STATISTICA v. 9.1 (StatSoft, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comunidades de insectos benéficos en cultivos de maíz

En la parcela se recolectaron un total de 1,281 individuos, de los cuales, 642 son insectos fitófagos y 639 insectos benéficos. La comunidad de insectos benéficos estuvo conformada por 491 depredadores, 85 descomponedores, 43 parasitoides y 20 polinizadores. La mayoría de los insectos benéficos estuvieron representados principalmente por el orden Hymenoptera, con 368 individuos. En general, este orden es uno de los más abundantes y diversos en los ecosistemas terrestres, desempeñan roles clave en la dinámica ecológica (Huber, 2017). Los depredadores son un grupo notablemente abundante debido a la alta disponibilidad de presas fitófagas, su adaptabilidad al entorno y su resistencia a las condiciones variables del agroecosistema (Meehan *et al.*, 2012; Zou *et al.*, 2021).

Los depredadores estuvieron dominados por la familia Formicidae, la cual abarca diferentes nichos como, dispersores de semillas, depredadores de otros insectos plaga como lepidópteros, dípteros y coleópteros (Schifani *et al.*, 2023; Ni *et al.*, 2024) e incluso, varias especies tienen hábitos fitófagos, por lo que son consideradas plagas agrícolas (Pantoja-Pulido *et al.*, 2020). Sin embargo, debido a la importancia relativa del grupo, por su abundancia en las parcelas, fueron considerados en los análisis como insectos benéficos, dado su papel como “ingenieros de los ecosistemas” (De Almeida *et al.*, 2020). Otras familias con valores altos de abundancia fueron Reduviidae y Vespidae; la primera, conocida comúnmente como "chinchas asesinas", se caracterizan por su capacidad de capturar y alimentarse de otros insectos, realizan un papel importante en el control natural de poblaciones de plagas (Xue *et al.*, 2025); las especies de vespídeos participan en el control biológico de plagas agrícolas importantes como *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* Boddie 1850 y diversas especies de áfidos (Aduvukha *et al.*, 2024; Jiménez-Martínez *et al.*, 2024; Qu *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2025).

El segundo grupo de insectos benéficos con mayor abundancia fueron los descomponedores, con 85 individuos de sólo una familia, Lycidae, del orden coleoptera (Tabla 2). Este orden, destaca por su abundancia y por las funciones biológicas que desempeñan como controladores de plagas, descomponedores y bioindicadores (Jafari *et al.*, 2023; Egorov *et al.*, 2024). Particularmente, la familia Lycidae actúa como indicador significativo en diversos ecosistemas (Mázon, *et al.*, 2018), contribuyendo a la salud de los agroecosistemas al participar activamente en la degradación de material vegetal muerto (Masek *et al.*, 2018).

Los parasitoides estuvieron representados por varias familias del Orden Hymenoptera (Tabla 2), se evidencia el papel de este orden como un componente esencial en la regulación de poblaciones de insectos plaga a través de estrategias de control biológico natural; pero la familia dominante fue Tachinidae, del orden Diptera, esta familia se ha registrado como una de las familias principales de parasitoides de *S. frugiperda*, junto con las familias Braconidae y Scelionidae (Peterson *et al.*, 2021; Han *et al.*, 2023), también encontradas en este trabajo.

Otro grupo presente fue el de los polinizadores con sólo dos familias (Tabla 2), esto probablemente se deba a que el maíz se poliniza principalmente por viento, pero, la presencia de abejas de la familia Apidae Latreille, 1802, influye positivamente en el funcionamiento del agroecosistema donde se cultiva maíz, al mantener la biodiversidad del entorno (Ashworth *et al.*, 2012).

Los resultados obtenidos demuestran la diversidad de familias de insectos benéficos presentes en los cultivos de maíz, incluyendo: Vespidae Latreille, 1802; Apidae Latreille, 1802; Syrphidae Latreille, 1802; Eulophidae Westwood, 1833; Crabronidae Latreille, 1802; Formicidae Latreille, 1809; Cynipidae Harris, 1841; y Coccinellidae Latreille, 1807 (Hernández-Aranda *et al.*, 2022). La variedad de familias encontradas en este trabajo puede deberse a que en el sitio había otros cultivos como calabaza (*Cucurbita pepo* L., 1753), sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai, 1924) leguminosas y algunas arvenses que pudieron favorecer la presencia de insectos benéficos (Kleiman y Koptur, 2023).

Tabla 2. Comunidades de insectos benéficos en el cultivo de maíz.

| Comunidad       | Familia        | Abundancia |
|-----------------|----------------|------------|
| Depredadores    | Formicidae     | 278        |
|                 | Reduviidae     | 86         |
|                 | Vespidae       | 61         |
|                 | Anisolabididae | 26         |
|                 | Chrysopidae    | 25         |
|                 | Carabidae      | 9          |
|                 | Crabronidae    | 2          |
|                 | Coccinellidae  | 2          |
|                 | Anthocoridae   | 1          |
|                 | Hemerobiidae   | 1          |
| Parasitoides    | Tachinidae     | 33         |
|                 | Braconidae     | 4          |
|                 | Chalcididae    | 4          |
|                 | Platygastrida  | 1          |
|                 | Scelionidae    | 1          |
| Descomponedores | Lycidae        | 85         |
| Polinizadores   | Apidae         | 17         |
|                 | Syrphidae      | 3          |

### Estructura de las familias de insectos benéficos por tratamientos

No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de insectos benéficos entre los tratamientos evaluados (Tabla 3). Esto sugiere que, bajo las condiciones experimentales de este estudio, los tratamientos no tuvieron un impacto notable en la estructura de las comunidades de insectos benéficos. Esto puede deberse a que ambos insecticidas son considerados de baja toxicidad y compatibles con el control biológico; el Novaluron, que es un regulador de crecimiento que inhibe la síntesis de quitina, principalmente en estados inmaduros, muestra baja toxicidad en adultos (Cutler *et al.*, 2007; Beuzelin *et al.*, 2010), como la mayoría de los ejemplares recolectados en este estudio. Por otra parte, el Spinetoram se ha registrado como compatible con el uso de enemigos naturales (Shearer *et al.*, 2016).

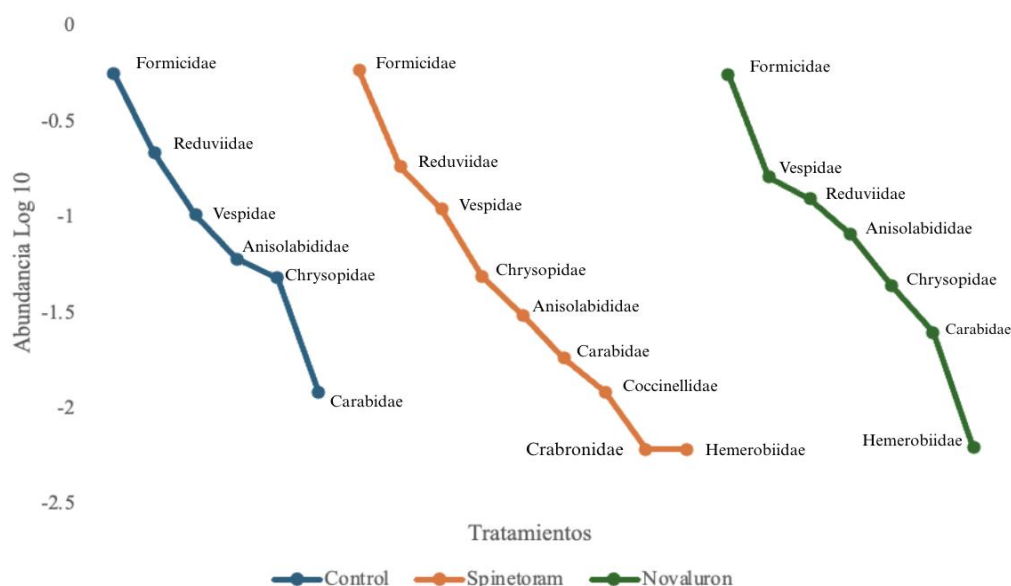
**Tabla 3. Evaluación de las familias de insectos benéficos por tratamiento.**

| Estadístico           | Valor            |
|-----------------------|------------------|
| H (chi <sup>2</sup> ) | 0.9513           |
| H corregido (Hc)      | 0.9723           |
| p-valor               | 0.615            |
| Resultado             | No significativo |

La estructura de las comunidades de insectos depredadores mostró una composición de familias más diversa en los tratamientos con Spinetoram y Novaluron, en comparación con el control. En ambos tratamientos con insecticidas biorracionales se registraron nueve familias de depredadores, mientras que en el tratamiento control se identificaron seis familias, lo que indica una menor heterogeneidad. En los tres tratamientos, la familia Formicidae fue la más abundante, seguida en

general por Reduviidae, Vespidae y Chrysopidae, aunque con algunas variaciones en el orden de abundancia. En el tratamiento con Novaluron también se registraron Hemerobiidae y Crabronidae, ausentes en el control. A pesar de estas diferencias en el número de familias registradas no hay diferencias en la estructura de las comunidades entre tratamientos, lo que sugiere que la aplicación de Spinetoram y Novaluron no influyó en la distribución de las abundancias para cada familia, dentro de la comunidad de depredadores (Figura 1). Sin embargo, se ha reportado que el Spinetoram afecta de forma negativa a individuos de Formicidae, pero es probable que no se vea el impacto negativo por su toxicidad residual baja, lo que podría facilitar una recuperación rápida del grupo (Do Carmo *et al.*, 2023). Por otra parte el Novaluron es altamente tóxico para las larvas de especies de la familia Chrysopidae *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) y *C. johnsoni* Henry, Wells & Pupedis, 1993, impidiendo su desarrollo a la etapa adulta (Amarasekare y Shearer 2013).

Con relación a los parasitoides se encontraron resultados similares, con comunidades más equitativas en los tratamientos con Spinetoram y Novaluron, ambas con cuatro familias a diferencia del control que sólo presentó dos (Figura 2). Contrario a lo esperado, en los tres tratamientos, la familia más abundante de parasitoides fue Tachinidae y no Braconidae; esta última reportada como una de las principales familias asociada a agroecosistemas de maíz, con varias especies que atacan a *S. frugiperda* (Paredes-Sánchez *et al.*, 2021; Kenis, 2023). Es importante considerar que el Spinetoram y otros insecticidas causan mortalidad en la especie *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 de la familia Braconidae, sin embargo, el Novaluron generó efectos subletales transgeneracionales (Fagundes *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2021).



**Figura 1. Curvas de Whittaker de dominancia y diversidad de depredadores.**

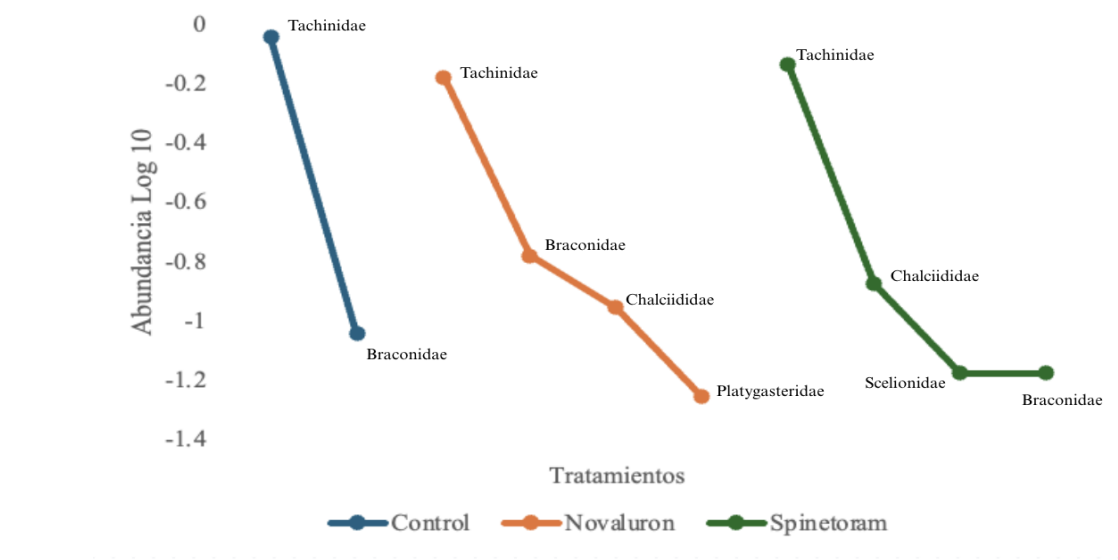


Figura 2. Curvas de Whittaker de dominancia y diversidad de parasitoides.

Otros estudios señalan que el Spinetoram es menos tóxico que otros insecticidas para especies de Apidae como *Bombus terrestris* L., 1758 (Besard *et al.*, 2011). Sin embargo, existen estudios que indican efectos letales del Spinetoram, en las abejas nativas sin aguijón, a dosis letales, causa mortalidad en *Melipona quadrifasciata* y *Tetragonisca fiebrigi*, y a dosis subletales, altera su actividad locomotora (Piovesan *et al.*, 2020). El Novaluron es un inhibidor de la síntesis de quitina, puede controlar las plagas que afectan la producción de semillas, pero también puede impactar negativamente el éxito reproductivo de los polinizadores (Pitts y Barbour, 2016). Es importante considerar que ambos productos deben utilizarse con precaución en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Figura 2).

Grado y porcentaje de daño de *S. frugiperda*

El porcentaje de plantas dañadas por *S. frugiperda* se mantuvo por debajo del 50% en todas las evaluaciones. No obstante, la eficacia de ambos insecticidas para el control de *S. frugiperda*, fue mayor con el Spinetoram, con un 28.4% de daño a lo largo de las seis evaluaciones, en comparación con Novaluron, que registró un 25.32%, sin embargo, estas diferencias se vieron hasta la sexta evaluación. En cuanto al grado de daño, las diferencias entre tratamientos se observaron a partir de la 5ª evaluación, siendo ambos insecticidas los que presentaron menos plantas dañadas. La media del grado de daño fue de 5.04 en las subparcelas tratadas con Novaluron y de 4.12 en las de Spinetoram (Tabla 4).

Tabla 4. Grado y porcentaje de daño de *S. frugiperda*.

| Evaluación   | Tratamiento | Porcentaje de plantas dañadas | Grado de daño por planta |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1 (2/07/21)  | T1          | 43.05 ± 3.42 <sup>a</sup>     | 3.97±0.27 <sup>a</sup>   |
|              | T2          | 54.44±5.17 <sup>a</sup>       | 3.97±0.28 <sup>a</sup>   |
|              | T3          | 47.49±4.76 <sup>a</sup>       | 4.13±0.28 <sup>a</sup>   |
| 2 (05/07/21) | T1          | 29.16±3.91 <sup>a</sup>       | 5.59±0.14 <sup>a</sup>   |
|              | T2          | 26.39±1.53 <sup>a</sup>       | 5.34±0.13 <sup>a</sup>   |
|              | T3          | 32.77±2.15 <sup>a</sup>       | 5.50±0.14 <sup>a</sup>   |
| 4 (23/07/21) | T1          | 18.33±2.33 <sup>ab</sup>      | 4.06±0.17 <sup>b</sup>   |
|              | T2          | 15.83±0.94 <sup>b</sup>       | 4.28±0.16 <sup>b</sup>   |
|              | T3          | 23.05±1.05 <sup>a</sup>       | 5.50±0.13 <sup>a</sup>   |
| 6 (18/08/21) | T1          | 14.16±1.38 <sup>b</sup>       | 3.88±0.17 <sup>a</sup>   |
|              | T2          | 16.66±0.45 <sup>b</sup>       | 3.34±0.17 <sup>b</sup>   |
|              | T3          | 21.11±0.78 <sup>a</sup>       | 3.59±0.18 <sup>b</sup>   |

<sup>a,b</sup> (Medias± E.E) Literales diferentes en un columna indican diferencias significativas (p ≤ 0.05, Tukey). Los análisis se hicieron por separado para cada fecha de muestreo. T1 (Control) T2 (Spinetoram) y T3 (Novaluron).



El Spinetoram es un insecticida probado para el control de *S. frugiperda*; afecta el metabolismo de los aminoácidos en *S. frugiperda*, altera su energía y funciones fisiológicas (Gao *et al.*, 2022). Sin embargo, se ha detectado resistencia en las poblaciones de la plaga (Lira *et al.*, 2020). Por otra parte, el Novaluron sigue siendo eficaz para plagas del género *Spodoptera*, pero los extractos de plantas, especialmente el de *S. terebinthifolius* Raddi, 1820, también demostraron ser prometedores y podrían servir como alternativas naturales o complementarias (Hussein *et al.*, 2023). Se ha demostrado que la aplicación de insecticidas biorracionales puede reducir las lesiones e infestaciones de *S. frugiperda* en cultivos de maíz (Tamez-Guerra *et al.*, 2017; Aniwano *et al.*, 2021). Otros estudios señalan que el uso de insecticidas botánicos como *Nicotiana tabacum* L., 1753 y *Lippia javanica* (Burm.f.) Spreng, 1825, que mostraron ser las más efectivas en pruebas de toxicidad, mientras que *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, 1906 y *Azadirachta indica* A. Juss, 1830 fueron los mejores disuasivos de la alimentación de larvas de *S. frugiperda* (Phambala *et al.*, 2020). Al igual que el uso de *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (Bt) el cual es una alternativa eficaz y sostenible para el control de *S. frugiperda*, ya que sus toxinas afectan el sistema digestivo de las larvas, causan su muerte sin dañar organismos benéficos (Freire *et al.*, 2024).

#### Evaluación del porcentaje de parasitoidismo para *S. frugiperda*

Se recolectó un total de 38 larvas de *S. frugiperda*, en los cogollos del maíz, de las cuales, el 13.15% estuvo parasitoidizada por dos familias de parasitoides: tres individuos de la familia Braconidae y dos individuos de la familia Tachinidae. El porcentaje de parasitismo de esta plaga, registrado a lo largo de todo el país, va desde el 0.1% hasta el 59.7% (Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2015; Serrano-Domínguez *et al.*, 2021; Ávila-Rodríguez *et al.*, 2023). En diversas partes del país los parasitoides registrados para *S. frugiperda* pertenecen principalmente a las familias Braconidae, Ichneumonidae y Eulophidae (Hymenoptera) y a la familia Tachinidae (Diptera), (García-Gutiérrez *et al.*, 2013). Particularmente para Yucatán se había registrado el 12.22 % (Delfín-González *et al.* 2007). Resultados reportados por (Ordoñez *et al.*, 2015) donde se recolectaron 1,141 larvas, con el 22.08% de parasitismo, de las familias Braconidae, Ichneumonidae y Tachinidae. Las familias de parasitoides identificadas en este estudio corresponden a las más frecuentemente registradas

para el gusano cogollero, no solo a nivel nacional (Coronado-Blanco *et al.*, 2017; Rodríguez-Mota, 2019), sino también en otras partes del mundo (Otim *et al.*, 2021). A pesar de haberse registrado una abundancia relativamente baja de parasitoides, el porcentaje de parasitismo observado en nuestro estudio fue similar al reportado anteriormente para Yucatán. Esta baja tasa podría estar influenciada por factores ambientales, ya que se ha documentado que altas temperaturas y baja humedad relativa disminuyen significativamente el nivel de parasitismo en *S. frugiperda* (Martínez *et al.*, 2012).

#### Presencia de plaguicidas en insectos benéficos

Se detectaron residuos de pesticidas en los insectos provenientes de los tres tratamientos, con diferencias significativas en los niveles de Glifosato ( $F = 2.82$ ,  $p = 0.037$ ). Los mayores valores de glifosato se registraron en los insectos del tratamiento control (Tabla 5). Este herbicida fue el compuesto más prevalente en los insectos benéficos encontrados en el tratamiento control. En cambio, los insecticidas con compuestos HCH (Hexaclorociclohexano) Faraday, 1825 y DDT (Diclorodifeniltricloroetano) Zeidler, 1874 no mostraron diferencias significativas en la presencia de insectos benéficos en las parcelas tratadas con Spinetoram y Novaluron. Sin embargo, el haber encontrado estos compuestos, cuando no se aplicaron en las parcelas, demuestran que los insectos se contaminaron previamente.

Los valores de Glifosato más altos en el control podrían ser debido a las aplicaciones de este herbicida en áreas aledañas al lugar donde se estableció el ensayo. Éste puede afectar tanto la salud humana como los agroecosistemas (Salazar y Aldana, 2011); al afectar directa e indirectamente a insectos no objetivo, ya que se ha demostrado que puede disminuir la supervivencia de *Apis mellifera* L., 1758, al reducir la abundancia de bacterias intestinales benéficas en la microbiota intestinal (Motta *et al.*, 2022); de igual forma los niveles de exposición en abejorros al glifosato, resultaron en una disminución en la capacidad de los miembros de la colonia (Weidenmüller *et al.*, 2022). Los otros compuestos encontrados, como el HCH y DDT se tiene registro que contaminan la miel y el polen de colonias de las especies *A. mellifera* y *Scaptotrigona mexicana* (Guérin-Méneville, 1845) (Ruiz-Toledo *et al.*, 2018). Así mismo, durante varios años se ha reportado que el DDT tiene efectos negativos en insectos benéficos disminuyendo la abundancia de polinizadores, depredadores, parasitoides y otros insectos no objetivo (Hierlmeier *et al.*, 2022).

**Tabla 5. Análisis de residuos de pesticidas en insectos benéficos.**

|            | HCH                       | DDT                      | Glifosato                |
|------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Control    | 0.088±0.120 <sup>a</sup>  | 0.018±0.025 <sup>a</sup> | 0.107±0.082 <sup>a</sup> |
| Spinetoram | 0.021±0.46 <sup>a</sup>   | 0 <sup>a</sup>           | 0.003±0.005 <sup>b</sup> |
| Novaluron  | 0.074 ± 0.09 <sup>a</sup> | 0.001±0.002 <sup>a</sup> | 0.014±0.015 <sup>b</sup> |



## CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que los tratamientos con biorracionales no afectaron significativamente la entomofauna benéfica del cultivo, ya que en todos los tratamientos se observaron comunidades de insectos con una estructura similar, dominadas por familias depredadoras como Formicidae, Reduviidae, Vespidae. Los parasitoides se presentaron en menor abundancia, representados principalmente por la familia Tachinidae. Además, se registró un parasitoidismo natural del 13.15%, lo que refuerza el bajo impacto del Novaluron y Spinetoram en los insectos benéficos. Sin embargo, la presencia de residuos de pesticidas en estos insectos, sugiere una contaminación previa a su colecta.

## Acknowledgements

Diana Laura Méndez Flota received scholarship from Conacyt for Master of Science studies.

**Funding.** Research was financed by authors.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflicts of interest.

**Compliance with ethical standards.** Does not apply

**Data availability.** Data is available with the corresponding author upon reasonable request. Email. [alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx](mailto:alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx)

**Author contribution statement (CRediT). A. González-Moreno** – Conceptualization, Writing – Review & Editing, Validation, Visualization, Supervision. **D. Méndez-Flota** – Investigation, Data Curation, Formal Analysis, Writing – Original Draft. **E. Ruiz-Sánchez** – Conceptualization, Validation, Writing – Review & Editing. **C. Flota Bañuelos** – Conceptualization, Methodology, Writing – Review & Editing.

## REFERENCES

- Aduvukha, G.R., Abdel-Rahman, E.M., Mudereri, B.T., Sichangi, A.W., Makokha, G.O., Lattorff, H.M.G., Mohamed, S.A., Landmann, T., Tonnang, H.E.Z. and Dubois, T., 2024. Co-occurrence and abundance of pollinators and pests in horticultural systems in Africa using an integrated Earth observation-based approach. *GIScience & Remote Sensing*, 61(1), pp.2347068. <https://doi.org/10.1080/15481603.2024.2347068>
- Allam, R.O.H., Mohamed, G.S., El-Solimany, E. A. and Ahmed, E.E., 2023. Efficacy of some compounds against Thrips tabaci Lind. infesting onion plants at Sohag Governorate, Egypt. *SVU-International Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), pp. 67-74. <https://doi.org/10.21608/svuijas.2023.213595.1288>
- Amarasekare, K.G. and Shearer, P.W., 2013. Comparing effects of insecticides on two green lacewings species, *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(3), pp. 1126–1133. <https://doi.org/10.1603/ec12483>
- Aniwanou, C.T.S., Sinzogan, A.A.C., Deguenon, J.M., Sikirou, R., Stewart, D.A. and Ahanchede, A., 2021. Bio-Efficacy of Diatomaceous Earth, Household Soaps, and Neem Oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Benin. *Insects*, 12(1), pp.18. <https://doi.org/10.3390/insects12010018>
- Ashworth, L., Morales, C.L., Chacoff, N.P., y Aizen, M.A. 2012. Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*, 21(126), pp. 35-43. Recuperado: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/196289>
- Ávila-Rodríguez, V., Rivera-Zamarripa, D., Nava-Camberos, U., Czaja, A., García-de la Peña, M. C., Estrada-Rodríguez, J. L., García González, F., y Ortega-Morales, A. I., 2023. Parasitismo natural de *Spodoptera frugiperda* en maíz en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist*, 48(1), pp. 195-202. <https://doi.org/10.3958/059.048.0119>
- Besard, L., Mommaerts, V., Abdu-Alla, G. and Smagghe, G., 2011. Lethal and sublethal side-effect assessment supports a more benign profile of Spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Pest Management Science*, 67(5), pp. 541–547. <https://doi.org/10.1002/ps.2093>
- Beuzelin, M. M., Akbar, W., Mészáros, A., Reay-Jones, F. P. F. and Reagan, T. E., 2010. Field assessment of Novaluron for sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), management in Louisiana sugarcane. *Crop Protection*, 29, pp. 1168–1176. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.004>
- Bolzan, A., Padovez, F.E., Nascimento, A.R., Kaiser, I.S., Lira, E.C., Amaral, F.S., Kanno, R.H., Malaquias, J. B. and Omoto, C., 2019. Selection and characterization of

- the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides. *Pest Management Science*, 75, pp. 2682-2689. <https://doi.org/10.1002/ps.5376>
- Bueno, A. d. F., Sutil, W. P., Cingolani, M. F. and Colmenarez, Y. C., 2024. Using egg parasitoids to manage caterpillars in soybean and maize: benefits, challenges, and major recommendations. *Insects*, 15, pp. 869. <https://doi.org/10.3390/insects15110869>
- Cardoso, T. D. N., Stupp, P., Rakes, M., Martins, M. B., da Silva Filho, J. G., Grützmacher, A. D., Nava, D. E., Bernardi, D. and Botton, M., 2021. Lethal and Sublethal Toxicity of Pesticides Used in Fruit Growing on the Parasitoid *Diachasmimorpha longicauda* (Hymenoptera: Braconidae): Implications for Integrated Fruit Fly Management. *Journal of Economic Entomology*, 114(6), pp. 2412-2420. <https://doi.org/10.1093/jee/toab176>
- Coronado-Blanco, J., Ruíz, E., Reséndiz-Ramírez, Z., Estrada, O. and Cambero, J., 2017. Ichneumonidae (Hymenoptera) colectados en maíz en localidades de Jalisco, Nayarit y Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*, pp. 759-764. Recuperado de: [https://acaentmex.org/entomologia/revista/2017/SM/EM1602017\\_766-771](https://acaentmex.org/entomologia/revista/2017/SM/EM1602017_766-771)
- Cortez-Mondaca, E., Pérez-Márquez, J. y Bahena-Juárez, F., 2008. Parasitoides y porcentaje de parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el sur de Sonora, México. *Southwestern Entomologist*, 33(2), pp.199-203. <https://doi.org/10.3958/059.033.0209>
- Climate-Data.org. 2021. Clima de Conkal. Recuperado de <https://es.climate-data.org/américa-del-norte/méxico/yucatán/conkal-218138/>
- Cutler, G.C., Scott-Dupree, C.D., Tolman, J.H. and Harris, C.R., 2007. Field efficacy of Novaluron for control of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potato. *Crop Protection*, 26(5), pp.760-767. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.07.02>
- Davis, F.M., Baker, G.T. and William, W. P., 1995. Anatomical characteristics of maize resistant to leaf feeding by Southwestern Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) and Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Agricultural Entomology*, 12, pp. 55-65.
- De Almeida, T., Mesléard, F., Santonja, M., Gros, R., Dutoit, T. and Blight, O., 2020. Above- and below-ground effects of an ecosystem engineer ant in Mediterranean dry grasslands. *Proceedings of the Royal Society B*, 287, 20201840. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1840>
- Delfin-González, H., Bojórquez-Acevedo, M. and Manrique-Saide, P., 2007. Parasitoids of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from a traditional maize crop in the Mexican State of Yucatán. *Florida Entomologist*, 90, pp. 759-761. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[759:POFALN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[759:POFALN]2.0.CO;2)
- Dias, B.L., Sarmiento, R.A., Venzon, M., Jumbo, L.O.V., dos Santos, L.S.S., de Souza Moura, W., Mourão, D.d.S.C., Fernandes, P.R.d.S., Neitzke, T.R., Oliveira, J.V.d.A., Dias, T., Dalcin, M.S., Oliveira, E.E. and Santos, G.R.D., 2024. *Morinda citrifolia* essential oil: A plant resistance biostimulant and a sustainable alternative for controlling phytopathogens and insect pests. *Biology*, 13, p. 479. <https://doi.org/10.3390/biology13070479>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. and Robledo, C.W., 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Do Carmo, D.G., Costa, T.L., Santana Júnior, P.A., Santana, W.C., Marsaro Júnior, A.L., Pereira, P.S., Santos, A.A. and Picanço, M.C., 2023. Efficacy and residual toxicity of insecticides on *Phutella xylostella* and their selectivity to the predator *Solenopsis saevissima*. *Insects*, 14(2), p. 98. <https://doi.org/10.3390/insects14020098>
- Drobnjaković, T., Prijović, M., Dervišević, M., Brkić, D., Ricupero, M. and Marčić, D., 2025. Side effects of semi-synthetic insecticide Spinetoram on the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Pest management science*, 81(1), pp. 490-497. <https://doi.org/10.1002/ps.8450>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2025 (Decreto por el que se da a conocer el listado de plaguicidas que se determinan como prohibidos en el territorio nacional.

- [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_pdf.php?edicion=VES&fecha=04%2F09%2F2025](https://www.dof.gob.mx/nota_to_pdf.php?edicion=VES&fecha=04%2F09%2F2025)
- Donaher, S.E. and Van den Hurk, P., 2023. Ecotoxicology of the herbicide paraquat: effects on wildlife and knowledge gaps. *Ecotoxicology*, 32, pp. 1187-1199. <https://doi.org/10.1007/s10646-023-02714-y>
- Eaton, E.R. and Kaufman, K., 2007. *Field Guide to Insects of North America*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Egorov, L.V., Sazhnev, A.S., Dedyukhin, S.V., Ruchin, A.B., Trushitsyna, O.S., Nikolaeva, A.M., Esin, M.N. and Lobachev, E.A., 2024. Biodiversity of Coleoptera (Insecta) in Central European Russia. *Diversity*, 16(12), pp. 740. <https://doi.org/10.3390/d16120740>
- Fagundes Matioli, T., Zanuzo Zanardi, O. and Takao Yamamoto, P., 2019. Impacts of seven insecticides on *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). *Ecotoxicology*, 28(10), pp. 1210-1219. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02129-8>
- Fan, Z., Kong, W., Ran, X., Lv, X., Ma, C. and Yan, H., 2024. Biological and physiological changes in *Spodoptera frugiperda* larvae induced by non-consumptive effects of the predator *Harmonia axyridis*. *Agriculture*, 14(9), p. 1566. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091566>
- FAO/OMS.2002.Novaluron. [https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/Specs/novaluro.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/novaluro.pdf)
- Fernandez, F. and Sharkey, M. J. 2006. *Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical*. Instituto de Ecología, A.C.
- Freire, Í.A., Nascimento, I.N.D., Rocha, G.T., Santos, P.D.L.B.D., Cunha, B.B.D.R., Ferreira, A.D.C.D.L, and Monnerat, R. G., 2024. Production of *Bacillus thuringiensis* in “On Farm” Biofactories Is So Efficient Like a Commercial Product to Control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Agronomy*, 14(12), p. 2776. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122776>
- Galm, U. and Sparks, T. C., 2016. Natural product derived insecticides: Discovery and development of *Spinetoram*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 43(2-3), pp. 185–193. <https://doi.org/10.1007/s10295-015-1710-x>
- Gao, Z., Batool, R., Xie, W., Huang, X. and Wang, Z., 2022. Transcriptome and metabolome analysis reveals the importance of amino-acid metabolism in *Spodoptera frugiperda* exposed to *Spinetoram*. *Insects*, 13(9), p. 852. <https://doi.org/10.3390/insects13090852>
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M.B. and González-Hernández, A., 2013. Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), pp. 211–215. Recuperado [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882013000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882013000200006)
- Góngora-Gamboa, C., García-Ramírez, A. and Ruiz-Sánchez, E. 2025. Toxicidad oral del insecticida *Spinetoram* en dos especies de abejas nativas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 29, pp. 29–30. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.25.29.24>
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Cambero, J., Santillán, C., Ortiz, M., Coronado-Blanco, J.M. and Campos, M., 2015. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) encontrados en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*, 40, pp. 555–564. <https://doi.org/10.3958/059.040.0314>
- Haddi, K., Turchen, L.M., Viteri, L.O., Guedes, R.N., Pereira, J.G., Aguiar, W.S. and Oliveira, E., 2020. Rethinking biorational insecticides for the pest management: unintended effects and consequences. *Pest Management Science*.pp.5837. <https://doi.org/10.1002/ps.5837>
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), pp.1–9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Han, K. R., Wang, W. W., Yang, W. Q., Li, X., Liu, T. X. and Zhang, S. Z., 2023. Characterization of CrufCSP1 and its potential involvement in host location by *Cotesia ruficrus* (Hymenoptera: Braconidae), an indigenous parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:

- Noctuidae) in China. *Insects*, 14(12), p. 920.  
<https://doi.org/10.3390/insects14120920>
- Hernández-Aranda, V., Jarquin-Gálvez, R., Lara-Ávila, P. and Aguilar-Benítez, G., 2022. Bioprospección de insectos benéficos en sistemas de producción agroecológicos y orgánicos en San Luis Potosí. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3), pp. 511-525. Recuperado: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342022000300511](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022000300511)
- Hierlmeier, V.R., Gurten, S., Freier, K.P., Schlick-Steiner, B.C. and Steiner, F.M., 2022. Persistent, bioaccumulative, and toxic chemicals in insects: current state of research and where to from here? *Science of The Total Environment*, p. 838, 153830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153830>
- Huber, J.T., 2017. Biodiversity of Hymenoptera. In: Foottit, R.G and Adler, eds. P.H. *Insect Biodiversity*, Wiley-Blackwell, pp. 419-461. <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch12>
- Hussein, H.S., Salem, M.Z.M., Soliman, A.M. and Eldesouky, S.E., 2023. Comparative study of three plant-derived extracts as new management strategies against *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Scientific Reports*, 13(1), p. 3542. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30588-x>
- Isman, M. B., 2019. Challenges of Pest Management in the Twenty First Century: New Tools and Strategies to Combat Old and New Foes Alike. *Frontiers in Agronomy*, pp.2. <http://doi.org/10.3389/fagro.2019.00002>
- Jafari, M., Aghdam, H.R., Zamani, A.A., Goldasteh, S., Soleyman-Nejadian, E. and Schausberger, P., 2023. Thermal oviposition performance of the ladybird *Stethorus gilvifrons* preying on two-spotted spider mites. *Insects*, 14(2), p.199. <https://doi.org/10.3390/insects14020199>
- Jiménez-Martínez, M.L., Ramírez-Ahuja, M.d.L., Saldaña-Torres, D.R., Martínez-Fierro, M.L., Delgado-Enciso, I., Flores-Suarez, A.E., Reséndez-Pérez, D., Guzmán-Velasco, A. and Rodríguez-Sánchez, I.P., 2024. De novo miRNAs from *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) conserved in the order Hymenoptera. *Insects*, 15(12), p.1007. <https://doi.org/10.3390/insects15121007>
- Kenis, M., 2023. Prospects for classical biological control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in invaded areas using parasitoids from the Americas. *Journal of Economic Entomology*, 116(2), pp. 331-341. <https://doi.org/10.1093/jee/toad029>
- Ku-Pech, E.M., Mijangos-Cortés, J.O., Simá-Gómez, J.L., Islas-Flores, I., Sauri-Duch, E. and Latournerie-Moreno, L., 2020. Los maíces nativos de la Península de Yucatán: La maravilla en sus colores. *Desde el Herbario CICY*, 12(74), 74–79. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Recuperado [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/)
- Kleiman, B. and Koptur, S. 2023. Kleiman, B. and Koptur, S., 2023. Weeds enhance insect diversity and abundance and may improve soil conditions in mango cultivation of South Florida. *Insects*, 14(1), p.65. <https://doi.org/10.3390/insects14010065>
- Li, W., Zhang, J., Zhang, P., Lin, W., Lin, Q., Li, Z., Hang, F., Zhang, Z. and Lu, Y., 2015. Baseline Susceptibility of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to the Novel Insecticide Spinetoram in China. *Journal of economic entomology*, 108(2), pp. 736–741. <https://doi.org/10.1093/jee/tou060>
- Lira, E. C., Bolzan, A., Nascimento, A. R., Amaral, F. S., Kanno, R. H., Kaiser, I. S. and Omoto, C., 2020. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to Spinetoram: inheritance and cross-resistance to spinosad. *Pest Management Science*, 76(8), pp. 2674-2680. <https://doi.org/10.1002/ps.5812>
- Luna-Cruz, A., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Tovar-Hernández, H., Vanegas-Rico, J. M. and Murillo-Hernández, J. E., 2018. Toxicity of a botanical insecticide on *Bombus impatiens*, *Apis mellifera*, *Chrysoperla carnea* and *Orius insidiosus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), pp. 1423-1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.851>
- McGraw, B.A. and Aker, S.A., 2025. Lethal and sublethal effects of Novaluron, a novel insect growth regulator, on annual bluegrass weevil, *Listronotus maculicollis* Kirby, lifestages in turfgrass. *Crop*



- Science*.  
<https://doi.org/10.1002/csc2.70042>
- McLean-Rodríguez F.D, Costich D.E, Camacho-Villa TC, Pè M.E. and Dell'Acqua M., 2021. Genetic diversity and selection signatures in maize landraces compared across 50 years of in situ and ex situ conservation. *Heredity (Edinb)*, 126(6), pp. 913–928.  
<https://doi.org/10.1038/s41437-021-00423-y>
- Mansoor, R.S. Mule, K.V. Naik and Rajemahadik, V A., 2022 Larvicidal efficacy of some chitin synthesis inhibitors against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Experimental Zoology- India*, 25, pp. 371–376. DocID: <https://connectjournals.com/03895.2022.2.5.371>
- Mamy, L., Pesce, S., Sanchez, W., Aviron, S., Bedos, C., Berny, P., Bertrand, C., Betoulle, S., Charles, S., Chaumot, A., Coeurdassier, M., Coutellec, M. A., Crouzet, O., Faburé, J., Fritsch, C., Gonzalez, P., Hedde, M., Leboulanger, C., Margoum, C., Mougin, C., Munaron, D., Nélieu, S., Pelosi, C., Rault, M., Thomas, M., Tournebize, J. and Leenhardt, S., 2023. Impacts of neonicotinoids on biodiversity: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 32, pp. 2794–2829.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-023-31032-3>
- Martins Filho, S., Duarte, M.L. and Venzon, M., 2023. Survival analysis of the green lacewing, *Chrysoperla externa* (Hagen) exposed to neem-based products. *Agriculture*, 13(2), p. 292.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture13020292>
- Martínez, M., Gutiérrez, L., Olivares, V. and Jarquín, R., 2012. Parasitismo natural de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en Etlá, Oaxaca. En: XXXV Congreso Nacional de Control Biológico, pp. 344–347. Puebla, México.
- Masek, M., Motyka, M., Kusy, D., Bocek, M., Li, Y. and Bocak, L., 2018. Molecular phylogeny, diversity and zoogeography of net-winged beetles (Coleoptera: Lycidae). *Insects*, 9(4), p. 154.  
<https://doi.org/10.3390/insects9040154>
- Mauricio-Gutiérrez, A., Romero-Arenas, O., Tamariz-Flores, J.V., Mora Ravelo, S.G., Cedillo Ramírez, L., Yañez Santos, J. A. and Baéz Simón, A., 2023. Enfermedades infecciosas asociadas a la exposición a contaminantes en una población local de México. *Ciencias Aplicadas*, 13(23), p. 12754.  
<https://doi.org/10.3390/app132312754>
- Mazón, M., Sánchez-Angarita, D., Díaz, F.A., Gutiérrez, N. and Jaimez, R., 2018. Entomofauna associated with agroforestry systems of timber species and cacao in the southern region of the Maracaibo Lake Basin (Mérida, Venezuela). *Insects*, 9(2), p. 46.  
<https://doi.org/10.3390/insects9020046>
- Meehan, T.D., Werling, B. P., Landis, D.A. and Gratton, C., 2012. Potencial de supresión de plagas en paisajes del Medio Oeste bajo escenarios bioenergéticos contrastantes. *PLoS ONE*, 7(7), pp. e41728.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041728>
- Meteoblue. 2021. Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Conkal, México. Recuperado [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/conkal\\_m%C3%A9xico\\_3530295](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/conkal_m%C3%A9xico_3530295)
- Mertz, F.P. and Yao, R.C., 1990. *Saccharopolyspora spinosa* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar mill rum still. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 40(1), pp. 34–39.  
<https://doi.org/10.1099/00207713-40-1-34>
- Microsoft Corporation. 2019. Microsoft Excel (versión 2019) [Software]. Redmond, WA: Microsoft.
- Moo-Muñoz, A.J., Azorín-Vega, E.P., Ramírez-Durán, N and Moreno-Pérez, M.P., 2020 Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), pp. 43–55. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3225>
- Molina-Ochoa, J., Carpenter, J.E., Lezama-Gutiérrez, R., Foster, J.E., González-Ramírez, M., Ángel-Sahagún, C.A. and Fariás-Larios, J., 2004. Distribución natural de parasitoides himenópteros de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en México. *Florida Entomologist*, 87(4), pp. 461–472.  
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0461:NDOHPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0461:NDOHPO]2.0.CO;2)

- Motta, E., Powell, J. E. and Moran, N.A., 2022. Glyphosate induces immune dysregulation in honey bees. *Animal Microbiome*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s42523-022-00165-0>
- Nájera Rincón, M.B. y Souza, B., 2010. Insectos benéficos: guía para su identificación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México.
- Ni, M., Yang, X., Zheng, Y., Wang, Y. and Jiang, M., 2024. Discovering native ant species with the potential to suppress red imported fire ants. *Insects*, 15(8), p. 582. <https://doi.org/10.3390/insects15080582>
- Ochieng, L.O., Ogendo, J.O., Bett, P.K., Nyaanga, J.G., Cheruiyot, E.K., Mulwa, R.M.S., Arnold, S.E.J., Belmain, S.R. and Stevenson, P.C., 2022. Field margins and botanical insecticides enhance Lablab purpureus yield by reducing aphid pests and supporting natural enemies. *Journal of Applied Entomology = Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 146(7), pp. 838-849. <https://doi.org/10.1111/jen.13023>
- Ordoñez, G.M., Ríos, V.C., Berlanga, R.D.I., Acosta, M.C.H., Salas, M.M.A. y Cambero, C.O.J., 2015. Reporte preliminar de entomopatógenos del ‘gusano cogollero’ *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Chihuahua, México. *Entomología Mexicana*, 2, pp. 241-246.
- Ortiz, I., Avila-Chávez, M. y Torres, L., 2014. Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(3). <https://doi.org/10.7603/s40682-014-0003-9>
- Otim, M.H., Adumo, S., Opio, M., Kanyesigye, D., Nakelet, H. and Tek, W., 2021. Parasitoid distribution and parasitism of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different maize producing regions of Uganda. *Insects*, 12, p. 121. <https://doi.org/10.3390/insects12020121>
- Pantoja-Pulido, K.D., Rodríguez, J., Isaza-Martínez, J.H., Gutiérrez-Cabrera, M., Colmenares-Dulcey, A.J. and Montoya-Lerma, J., 2020. Actividad insecticida y colinesterasa de extractos de diclorometano de *Tithonia diversifolia* en hormigas obreras *Atta cephalotes* (Formicidae: Myrmicinae). *Insects*, 11(3), p. 180. <https://doi.org/10.3390/insects11030180>
- Paredes-Sánchez, F.A., Rivera, G., Bocanegra-García, V., Martínez-Padrón, H.Y., Berrones-Morales, M., Niño-García, N. and Herrera-Mayorga, V., 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*: a review. *Molecules*, 26(18), p. 5587. <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Parsaeyan, E., Saber, M., Safavi, S., Poorjavad, N. and Biondi, A., 2020. Side effects of chlorantraniliprole, phosalone and spinosad on the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae*. *Ecotoxicology*, 29(7), pp.1052-1061. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02235-y>
- Peterson, H. M., Talamas, E. and Krawczyk, G., 2021. Survey for adventive populations of the samurai wasp, *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) in Pennsylvania at commercial fruit orchards and the surrounding forest. *Insects*, 12(3), p. 258. <https://doi.org/10.3390/insects12030258>
- Phambala, K., Tembo, Y., Kasambala, T., Kabambe, V.H., Stevenson, P.C. and Belmain, S.R., 2020. Bioactividad de plantas pesticidas comunes en larvas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Plants*, 9(1), p. 112. <https://doi.org/10.3390/plants9010112>
- Piovesan, B., Padilha, A.C., Morais, M.C., Botton, M., Grützmacher, A.D. and Zotti, M.J., 2020. Effects of insecticides used in strawberries on stingless bees *Melipona quadrifasciata* and *Tetragonisca fiebrigi* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Science and Pollution Research International*, 27(34), pp.42472-42480. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10191-7>
- Pitts-Singer, T. L. and Barbour, J. D., 2017. Effects of residual Novaluron on reproduction in alfalfa leafcutting bees, *Megachile rotundata* F.(Megachilidae). *Pest Management Science*, 73(1), pp. 153-159. <https://doi.org/10.1002/ps.4356>
- Qi, X., Cheng, S., Hong, L., Wang, X., Zhong, Q., Jiang, W. and Chen, J., 2024. Maize yield and quality response to Lepidoptera pest control in different periods in South China. *Agronomy*, 14(12), p. 2938.

- <https://doi.org/10.3390/agronomy14122938>
- Qu, X., Zhang, X., Sun, T., Qiu, Z., Lu, Q., Bi, Z., Qin, H., Hu, J., Tang, P., Cao, L. and Chen, X., 2025. Investigation and study on the biology and morphology of *Apis florea* and *Apis dorsata* in Southern China. *Life*, 15(3), p. 341. <https://doi.org/10.3390/life15030341>
- Ramazan, S., Nazir, I., Yousuf, W. and John, R., 2023. Environmental stress tolerance in maize (*Zea mays*): role of polyamine metabolism. *Functional Plant Biology*, 50(2), pp. 85-96. <https://doi.org/10.1071/FP21324>
- Rodríguez-Cervantes, M., León-Herrera, L. R., Ventura-Salcedo, S. A., Monroy-Dosta, M. d. C., Rodríguez-deLeón, E., Bah, M. M., Campos-Guillén, J., Amaro-Reyes, A., Zavala-Gómez, C. E., Figueroa-Brito, R., Mariscal-Ureta, K. E., Pool, H., Ramos-Mayorga, I. and Ramos-López, M. A., 2025. *Salvia connivens* methanolic extract against *Spodoptera frugiperda* and *Tenebrio molitor* and its effect on *Poecilia reticulata* and *Danio rerio*. *Toxics*, 13(2), p. 94. <https://doi.org/10.3390/toxics13020094>
- Rodríguez-Mota, A., 2019. Avispas ichneumonoides que atacan al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en México. *Agroproductividad*, pp. 28-31. Recuperado: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/500>
- Ruiz-Toledo, J., Vandame, R., Castro-Chan, R.A., Penilla-Navarro, R.P., Gómez, J. and Sánchez, D., 2018. Organochlorine pesticides in honey and pollen samples from managed colonies of the honey bee *Apis mellifera* Linnaeus and the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* Guérin from Southern, Mexico. *Insects*, 9(2), p. 54. <https://doi.org/10.3390/insects9020054>
- Salazar López, N.J. y Aldana Madrid, M.L. 2011. Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotechnia*, 13(2), pp. 23-28. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>
- Santorum, M., Brancalhão, R.M.C., Guimarães, A.T.B., Padovani, C.R., Tettamanti, G. and dos Santos, D.C., 2019. Negative impact of Novaluron on the nontarget insect *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Environmental Pollution*, 249, pp. 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.095>
- Serrano-Domínguez, A.K., Coronado-Blanco, J.M., Ruíz-Cancino, E., López-Santillán, J.A., Estrada-Drouaillet, B. and Salas-Araiza, M.D., 2021. Parasitoids of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), at three localities of the state of Tamaulipas, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 45(4), pp. 907-916. <https://doi.org/10.3958/059.045.0407>
- Shearer, P.W., Amarasekare, K.G., Castagnoli, S.P., Beers, E.H., Jones, V.P. and Mills, N.J., 2016. Large-plot field studies to assess impacts of newer insecticides on non-target arthropods in Western U.S. orchards. *Biological Control*, 102, pp. 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.05.004>
- Siviter, H., Brown, M.J.F. and Leadbeater, E., 2018. Sulfoxaflor exposure reduces bumblebee reproductive success. *Nature*, 561(7721), pp. 109-112. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0430-6>
- Schifani, E., Giannetti, D. and Grasso, D.A., 2023. Predatory abilities of two Mediterranean ants on the eggs and larvae of the codling moth *Cydia pomonella*. *Insects*, 14(2), p. 97. <https://doi.org/10.3390/insects14020097>
- Tamez-Guerra, P., Tamayo-Mejía, F., Gomez-Flores, R., Rodríguez-Padilla, C., Damas, G., Tamez-Guerra, R.S. and Williams, T., 2017. Increased efficacy and extended shelf life of spinosad formulated in phagostimulant granules against *Spodoptera frugiperda*. *Pest Management Science*, 74(1), pp. 100-110. <https://doi.org/10.1002/ps.4656>
- Tejeda-Reyes, M. A., Solís-Aguilar, J.F., Díaz-Nájera, J. F., Peláez-Arroyo, A., Ayvar-Serna, S. and Mena-Bahena, A. (s.f.). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología Agrícola*, 7. pp. 391-394.
- Tremblay, É., Bélanger, A., Brosseau, M. and Boivin, G., 2008. Toxicity and sublethal effects of an insecticidal soap on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science*, 64(1), pp. 30-36. <https://doi.org/10.1002/ps.1514>
- Tschoeke, P.H., Oliveira, E.E., Dalcin, M.S., Silveira-Tschoeke, M.C.A.C., Sarmiento,



- R.A. and Santos, G.R., 2019. Botanical and synthetic pesticides alter the flower visitation rates of pollinator bees in Neotropical melon fields. *Environmental Pollution*, 251, pp. 591-599. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.133>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C. and Phung, D.T., 2021. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), p. 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- Van Driesche, R.G., 1983. The meaning of percent parasitism in studies of insect parasitoids. *Environmental Entomology*, 12, pp. 1611–1622.
- Wang, P., Wei, H., Sun, W., Li, L., Zhou, P., Li, D. and Qiang, Z., 2020. Effects of Bt-Cry1Ah1 transgenic poplar on target and non-target pests and their parasitic natural enemy in field and laboratory trials. *Forests*, 11(12), p. 1255. <https://doi.org/10.3390/f11121255>
- Wang, Y., Iqbal, A., Ahmed, K.S., Zhang, Z.K., Cui, J. and Zhang, C., 2025. Impact of oviposition sequence and host egg density on offspring emergence and interspecific competition in two species of Trichogramma parasitoids. *Insects*, 16(2), p. 214. <https://doi.org/10.3390/insects16020214>
- Weidenmüller, A., Meltzer, A., Neupert, S., Schwarz, A. and Kleineidam, C., 2022. Glyphosate impairs collective thermoregulation in bumblebees. *Science*, 376(6597), pp. 1122-1126. <https://doi.org/10.1126/science.abf7482>
- Weatherspark. 2021. Clima promedio en Conkal, México durante todo el año. Recuperado <https://es.weatherspark.com/y/12416/Clima-promedio-en-Conkal-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Xue, C., Mao, J., Xu, B., Zhou, L., Zhou, H., Mao, J., Shen, Z., Zhang, L., Wang, M. and Li, Y., 2025. Biological control potential of the reduviid predator *Rhynocoris fuscipes* (Fabricius) in managing noctuid pests: insights into predation and prey preference. *Insects*, 16(2), p. 224. <https://doi.org/10.3390/insects16020224>
- Zhang, L.-W., Lu, F.-F., Zhu, L., Zhou, C.-X., Xu, X.-M., Zhang, N., Zhou, L.-J., Desneux, N., Wang, Y.-H. and Dong, Y.-C., 2024. Isolation and evaluation of indigenous isolates of *Beauveria bassiana* and synergistic control of *Spodoptera frugiperda* with the parasitoid *Microplitis prodeniae*. *Insects*, 15(11), p. 877. <https://doi.org/10.3390/insects15110877>
- Zou, D., Coudron, T. A., Zhang, L., Xu, W., Xu, J., Wang, M., Xiao, X. and Wu, H., 2021. Effect of prey species and prey densities on the performance of adult *Coenosia attenuata*. *Insects*, 12(8), p. 669. <https://doi.org/10.3390/insects12080669>