

**LA PROBLEMÁTICA DE LAS ESPECIES  
INVASORAS EN LA AGRICULTURA.  
EL CASO DE *HALYOMOPRHA HALYS*.**



**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**CURSO 2022-2023**

Elena Ávila Falcón (Grado en Biología)

# ÍNDICE

1. Resumen .....	1
2. Abstract.....	1
3. Introducción.....	2
3.1. Las plagas agrícolas y su manejo integrado.....	2
3.2. La problemática de las especies invasoras en el agroecosistema.....	3
3.3. Objetivos y justificación.....	5
4. La problemática de <i>Halyomorpha halys</i> . .....	5
4.1. El ciclo de vida de <i>Halyomorpha halys</i> .....	6
4.2. Distribución de <i>Halyomorpha halys</i> y su variación en el tiempo.....	8
4.3. Ecología y potencial destructor de <i>Halyomorpha halys</i> .....	10
4.4. Métodos de control de <i>Halyomorpha halys</i> .....	11
4.4.1. Control químico.....	12
4.4.2. Control biológico .....	14
4.4.3. Control biorracional.....	19
5. Conclusiones .....	21
6. Perspectivas futuras .....	22
7. Bibliografía .....	24

## 1. Resumen

Las especies invasoras, como *Halyomorpha halys*, representan un desafío en la agricultura. Esta chinche invasora es originaria de Asia, pero ya se extiende por la mayoría de los países del mundo, propagándose rápidamente y causando daños en numerosos cultivos agrícolas y en áreas urbanas, lo cual se traduce en grandes pérdidas económicas.

Para el manejo de esta plaga se han empleado numerosos métodos de control, destacando el uso de pesticidas, debido a su eficacia y rapidez. Sin embargo, estas sustancias provocan graves daños, afectando a la biodiversidad e incluso al ser humano, por ello, en los últimos años se están empleando métodos compatibles con el Manejo Integrado de Plagas, cuyo objetivo es la utilización de prácticas más respetuosas con el medioambiente. De este modo, se está haciendo hincapié en el uso de sus enemigos naturales para su control biológico, así como de productos biorracionales y otros métodos como el monitoreo y la detección temprana para prevenir su propagación.

Es necesario, por tanto, la colaboración de la comunidad científica e instituciones para abordar esta problemática, que se está agravando por la situación de cambio climático que vivimos actualmente.

Palabras clave: *Halyomorpha halys*, Especies Invasoras, Manejo Integrado de Plagas

## 2. Abstract

Invasive species, like *Halyomorpha halys*, pose an important challenge to agriculture. Although this invasive stink bug originally comes from Asia, it has spread to most countries quickly, causing significant damage to many crops which leads to huge financial losses for the farmers.

Many control methods have been implemented to manage this pest, particularly the use of pesticides, due to their efficiency and speed. However, the repeated use of these substances causes significant damage, affecting biodiversity and even human beings, hence why in recent years measures which are compatible with the Integrated Management of PLAGUES have been adopted, whose objective is utilizing the most sustainable practices. Therefore, emphasizing the use of natural enemies in biological control as well as biorational products and other methods such as early monitoring and detection to prevent pest propagation.

It is therefore necessary that the scientific community collaborates with agricultural institutions to tackle this problem that is exacerbated by the current climate crisis.

Key words: *Halyomorpha halys*, Invasive Species, Integrated Pest Management

### **3. Introducción**

#### **3.1.Las plagas agrícolas y su manejo integrado**

Según Saunders et al. (1998), “las plagas de los cultivos son aquellos organismos (insectos, ácaros, babosas, nemátodos, roedores, pájaros y, en algunas definiciones, las malezas y enfermedades) que compiten con el hombre por los alimentos que produce”. Así, una población de insectos se convierte en plaga cuando su nivel poblacional sube hasta perjudicar el cultivo ocasionando pérdidas económicas (Jiménez, 2009).

Las plagas pueden estar causadas por organismos autóctonos afectados por cambios en sus relaciones bióticas o abióticas que puedan modificar su distribución o sus poblaciones; o pueden estar causadas por especies exóticas, que se establecen en los cultivos actuando como especies invasoras (Anand et al., 2014).

Para combatir estas plagas existen diferentes técnicas, las cuales pueden clasificarse, según Jiménez (2009), en culturales (preparación del suelo, rotación de cultivos, ajuste de fechas, eliminación de malezas...), mecánicas (destrucción de plagas de forma manual), físicas (uso de factores como el calor, frío, humedad), biológicas (uso de enemigos naturales de las plagas), genéticas (manipulación genética), biorracionales (feromonas, inhibidores síntesis de quitina...) y químicas (uso de plaguicidas).

El aumento de la necesidad alimentaria se ha podido paliar en las últimas décadas gracias al uso de plaguicidas (Gavrilescu, 2005). Sin embargo, el reiterado uso de estos provoca grandes pérdidas en las tierras de cultivo, contaminación y deterioro del suelo y graves problemas para el medio ambiente (Morillo y Villaverde, 2017), debido a que la mayor parte se dispersa por el entorno y no llega a la especie objetivo (Niti et al., 2014). Las características de estos plaguicidas, su larga vida media y su capacidad de transportarse a múltiples matrices como el agua, el suelo y el aire hacen que afecten a animales no diana e incluso a la salud humana (Liu et al., 2019). Según la FAO (2023), el uso creciente de los plaguicidas dio lugar a una crisis del control de las plagas debido a la aparición de resistencias y a estallidos de plagas secundarias, lo que produjo, junto con la evidencia creciente del costo para la salud y el medio ambiente, que, en la década de 1980, surgiera el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Este sistema combina todas las prácticas de gestión mencionadas anteriormente para producir cultivos sanos y minimizar la utilización de plaguicidas, mitigando o reduciendo al mínimo los riesgos de estos, seleccionando los

tratamientos que sean más benignos para el medio ambiente y los que menos perturben a los depredadores y parasitoides de las plagas (Badii et al., 2007). Es importante el desarrollo de este nuevo sistema más sostenibles para poder asegurar el buen estado de los sistemas agrícolas ya que el aumento de la productividad agrícola y la producción alimentaria sostenible son cruciales para ayudar a aliviar los riesgos del hambre, el cual sigue aumentando con el paso de los años. Esta es una de las metas del Objetivo 2 (Hambre Cero) del Desarrollo Sostenible (United Nations, 2020).

### **3.2.La problemática de las especies invasoras en el agroecosistema.**

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, define una Especie Exótica Invasora (EEI) como “aquella que se introduce o establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural y que es un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa, ya sea por su comportamiento invasor, o por el riesgo de contaminación genética”. Estas especies causan daños en el ambiente, la economía y la salud humana (Zolla y Márquez, 2018).

Actualmente, las invasiones biológicas, junto con la destrucción del hábitat, constituyen una de las mayores amenazas para la biodiversidad del planeta, habiéndose documentado que sus efectos negativos sobre otras especies pueden potenciarse con el cambio climático (Ministerio de Medio Ambiente, 2009; Prakash y Verma, 2022). Los cambios en las condiciones climáticas favorecen la aparición de especies invasoras, ya que pueden generar una similitud entre el clima de su región de origen y el de invasión, favoreciendo su proliferación en nuevos lugares y perjudicando a las especies nativas que no estén adaptadas a estos cambios (Diez et al., 2012; Vilá et al., 2010).

El impacto que genere la especie exótica en su lugar de introducción varía según la especie, las interacciones con el ecosistema y de la modalidad de introducción. (Capdevila-Argüelles et al., 2011). Según Charles y Dukes (2007), estas especies pueden alterar la estructura de la comunidad mostrando una mayor capacidad competitiva (competencia por los recursos), o alterando las relaciones con otras especies a través de la depredación, herbivoría, parasitismo, mutualismo... ya que puede disminuir la abundancia de las especies nativas e incluso llegar a extinguirlas localmente con graves consecuencias si estas desempeñan papeles clave en el ecosistema.

Las especies invasoras, además, suponen una gran merma económica para el ser humano, debido a pérdidas de producción (en la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la pesca...) y a las pérdidas indirectas derivadas de combatir los efectos de las invasiones biológicas, así como solventar económicamente los daños producidos por estas (Capdevila-Argüelles et al., 2013; Arya et al., 2021;). En 2016 se estimó que las pérdidas económicas provocadas por insectos invasores era de un mínimo de 70 mil millones de dólares al año en todo el mundo (Bradshaw et al., 2016), y en España, 13 millones de euros al año (Angulo et al., 2021).

Europa ha sido un centro de comercio internacional durante muchos siglos, lo que ha llevado al establecimiento de muchas especies exóticas invasoras (Keller et al., 2011). Según la Red Europea de Información sobre Especies Exóticas (EASIN) (2023), el catálogo de especies invasoras incluye actualmente más de 14000 taxones exóticos. En lo relativo a los insectos, estos son el grupo dominante entre los invertebrados terrestres que están presentes en Europa (Keller et al., 2011). De todas estas especies exóticas, en torno al 10-12% se comportan como invasoras y están incluidas en la lista de especies invasoras preocupantes para la Unión Europea (MITECO, 2023). Los estados miembros están obligados a tomar medidas de prevención, detección, erradicación y gestión de estas especies, según el Reglamento (UE) 1143/2014. A nivel de España, donde existen numerosas especies, tanto vegetales como animales, declaradas invasoras, encontramos la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, donde se definen las EEI y en la cual se crea el Catálogo Español de Especies Exóticas Españolas, una herramienta dinámica y susceptible a modificación, en el que se incluyen aquellas especies o subespecies exóticas invasoras que pueden ocasionar daños a diferentes niveles. Posteriormente, en el Real Decreto-ley 630/2013 se definen por primera vez los taxones integrantes de este catálogo. Este listado ha sufrido posteriormente modificaciones en 2019, 2020 y 2023 (*Figura 1*). La tipología de especies que componen el catálogo es múltiple. De todas ellas, son los insectos invasores los que más habitualmente se comportan como plagas agrícolas (Anento y Selfa, 1997). Un ejemplo de ello es la chinche pestosa marmorada, *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera, Pentatomidae), que a pesar de no incluirse aún en el Catálogo Español de

Especies Exóticas, es un insecto invasor que actúa como plaga en varias partes de Europa y, recientemente, en algunas zonas de España (Dioli et al., 2016).



Figura 1. Decretos y órdenes donde se ha expuesto y modificado el Catálogo Español de Especies Exóticas invasoras. Se muestran las modificaciones que se han ido haciendo a través de las distintas normas. Fuente de la información: MITECO (2023). Elaboración propia.

### 3.3. Objetivos y justificación

El objetivo de este trabajo ha sido realizar una búsqueda bibliográfica actualizada sobre la problemática y manejo de *Halyomorpha halys* como plaga agrícola a nivel mundial. Es decir, poner de manifiesto su capacidad de invasión, su grado de distribución por los diferentes países y el problema agrícola que supone, así como los diferentes métodos de control que se han utilizado en los últimos años y los que se están desarrollando para reducir el impacto ambiental del control de esta plaga.

Para llevar a cabo este trabajo se han utilizado, principalmente, bases de datos online como Google Scholar, SCOPUS y Web of Science. Se han utilizado principalmente artículos del año 2005 en adelante, haciendo excepciones en algunos casos donde la fuente más antigua se ajustaba más al tema en cuestión.

### 4. La problemática de *Halyomorpha halys*.

*Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera, Pentatomidae) es originaria de la región del este de Asia (China, Japón, Corea y Taiwán), donde ya era considerada plaga hortícola en algunos lugares como Japón para muchas plantas de importancia ecológica como los guisantes, soja, manzanos... (Hoebeke y Carter, 2003). Fue identificada por primera vez fuera de su área nativa en la década de los 90 en Pensilvania (Estados Unidos), donde se piensa que se introdujo de manera fortuita debido al comercio internacional (Hoebeke y Carter, 2003).

*H. halys* es reconocida mundialmente como una plaga urbana y agrícola (Hoebeke y Carter, 2003). Se trata de un insecto fitófago polífono con una gran versatilidad de su dieta que es capaz de hospedarse en más de 200 plantas en sus diferentes etapas de vida (Bergmann et al., 2016) y puede alimentarse de, al menos, 170 de ellas, siendo muchas de estas plantas de importancia agrícola. Esta alimentación puede provocar diversas anomalías en la fruta como pueden ser: áreas hundidas o desteñidas, cicatrices, semillas o vainas deformadas y daños en los tejidos internos (Haye et al., 2015). Esto provoca un gran impacto económico en el sector agrícola (en huertos, frutales y leguminosas...) (Leskey y Nielsen, 2018) ya que, en muchas ocasiones, las pérdidas de cosecha pueden superar el 50% y, en cultivos puntuales, como el del peral o el melocotón, superan el 70% (Leskey et al., 2012).

En el ambiente urbano es frecuente en áreas verdes públicas y privadas, y dentro de edificios en la temporada de otoño, ya que tienden a reunirse para hibernar en lugares secos y resguardados, como casas, escuelas, oficinas y edificios comerciales (Watanabe et al., 1994). Esto provocan grandes molestias en el interior de los edificios debido al elevado número de individuos presentes dentro de una misma estructura y al olor desagradable que emiten las chinches si están amenazadas (Hoebeke y Carter, 2003; Nielsen y Hamilton, 2009), sobre todo cuando aumenta la temperatura, que es cuando las chinches salen de las paredes hacia las zonas habitables de las casas (Inkley, 2012). Además, hay indicios de que este insecto puede llegar a producir problemas de salud en los humanos, debido a que la sustancia maloliente que expulsan puede provocar alergias respiratorias (Mertz et al., 2012) o incluso dermatitis si se produce contacto (Anderson et al., 2012).

#### **4.1. El ciclo de vida de *Halyomorpha halys***

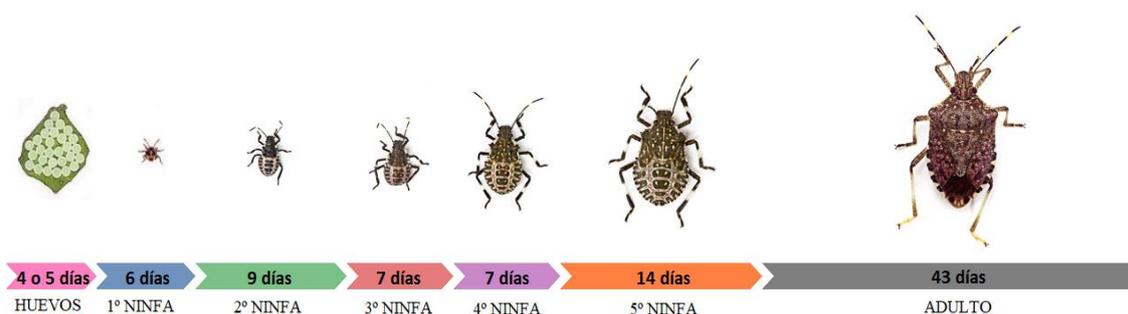
El ciclo de vida de *H. halys* varía dependiendo de las condiciones ambientales en la que se encuentre la plaga, ya que esta especie tiene una gran facilidad de adaptación a las diferentes condiciones climáticas y fotoperiodos (Costi et al., 2017), pudiendo incluso cambiar la coloración del insecto (Niva y Takeda, 2003).

*H. halys* normalmente presenta una o dos generaciones en su lugar de origen (Wu, 2007). Sin embargo, según Hoffman (1931) en Kriticos et al. (2017), en el suroeste de China había ciudades donde podía llegar hasta las seis generaciones. En el sur de EEUU y en Europa se desarrollan con normalidad, presentando una o dos generaciones (Leskey et

al., 2012) y en otros lugares como Pensilvania o en el sur de los Alpes y en el norte de Suiza, son rígidamente univolutinas (Nielsen et al., 2008; Costi et al., 2017).

Cuando empieza a disminuir la temperatura, los adultos emigran hasta sus lugares de hibernación, que muy comúnmente son construcciones como viviendas. En primavera, con el aumento de la temperatura, se desplazan hacia sus plantas hospedadoras a alimentarse (Lee et al., 2013), y unas dos semanas después de finalizar su etapa de reposo comienzan a aparearse (Gyeltshen et al., 2005).

El ciclo de vida (*Figura 2*) comienza con la puesta de los huevos, que presentan un periodo de incubación de aproximadamente 4 o 5 días, aunque este tiempo depende de la temperatura (Nielsen et al., 2008). Estos huevos tienen forma abarrilada y con tonalidades entre amarillo suave a azul claro. Se pueden encontrar en el envés de las hojas, en los tallos o en las frutas, en forma de masas de unos 25 huevos, aproximadamente (Gyeltshen et al., 2005). Según Nielsen et al. (2008), una hembra a lo largo de su vida pone de media de 244 huevos, sin embargo, esta cifra puede variar según las condiciones de temperatura.



*Figura 2. Ciclo de vida Halyomorpha halys. Tras finalizar la última etapa, el ciclo vuelve a empezar. Fuente de las imágenes: Astorga (2018). Elaboración propia.*

Tras la eclosión de los huevos se desarrollan cinco estadios ninfales (*Figura 3*) cuya duración también depende de la temperatura. Según Medal et al. (2013), a 25°C, el primer estadio dura, aproximadamente, seis días. En este periodo permanecen cerca del lugar de eclosión para alimentarse. Los siguientes cuatro estadios ninfales duran, 9, 7, 7 y 14 días, respectivamente. Las ninfas tienen una silueta ovoidal, pasando de unos 2,4 mm en el primer estadio, a unos 12 mm en la quinta etapa (Hoebeke y Carter, 2003). Durante su desarrollo van mudando su exoesqueleto a medida que aumentan su tamaño y cambian de un color marrón-amarillento a uno más rojizo oscuro, presentando también bandas blancas en las antenas y las patas (Gyeltshen et al., 2005; Medal et al., 2013). Tras pasar por el desarrollo ninfal, los adultos viven aproximadamente 43 días, pero puede variar

según la zona y la temperatura. Durante este tiempo se reproducirán y comenzarán de nuevo el ciclo de vida (Lee et al., 2013; Medal et al., 2013; Lee, 2015).

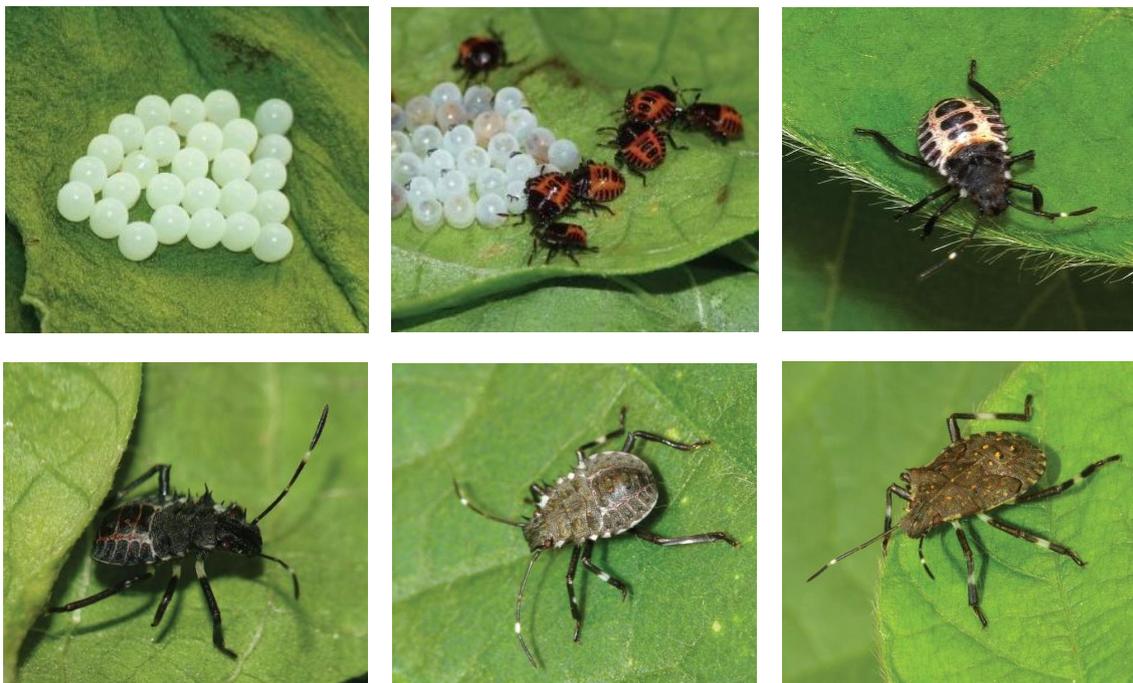


Figura 3. Huevos de *Halyomorpha halys* y sus diferentes estadios ninfales. De izquierda arriba a derecha abajo: huevos, primer estadio, segundo estadio, tercer estadio, cuarto estadio y quinto estadio. Fuente imágenes: Rice et al. (2014).

En estado adulto podemos observar el dimorfismo sexual, con hembras con un tamaño de 1,44 cm frente a los machos con 1,20 cm de longitud. Además, los machos presentan una copa ventral trasera en forma de U, mientras que las hembras carecen de ella (Pajač Živković et al., 2022).

#### 4.2. Distribución de *Halyomorpha halys* y su variación en el tiempo.

*H. halys*, como se mencionó anteriormente, es nativa de Asia, aunque debido a su gran carácter invasivo, se puede encontrar en cuatro de los cinco continentes habitados (EPPO, 2023). Actualmente, se encuentra distribuida ampliamente por Corea del Sur, el norte de la isla de Honshu en Japón y el norte y oeste de China, donde actúan como plagas en la mayoría de los casos (Kriticos et al., 2017). Fuera de Asia, se detectó por primera vez en 2001 en América del Norte, en el condado de Pensilvania (Hoebeke y Carter, 2003). Actualmente ha colonizado todos los estados que componen EEUU, excepto Wyoming (EPPO, 2023). En el resto de América, se ha registrado en algunas zonas de Canadá (Garipey et al., 2014) y en Chile en 2011 (Faúndez y Rider, 2017).

En 2007 se detecta por primera vez en Europa en Zurich (Suiza) (Wermelinger et al., 2008). Tras este primer destino, comienza a expandirse por el continente europeo de manera imparable: Italia en 2007 (Maistrello y Dioli, 2014), Alemania (Heckmann, 2012), Grecia (Milonas y Partsinevelos, 2014) y Bélgica en 2011 (Claerebout et al., 2019), Francia en 2012 (Callot y Brua, 2013). En 2013 se registró por primera vez en Hungría (Vétek et al., 2014) y Rusia (Gapon, 2016); en 2015, en Rumanía (Macavei et al., 2015), Austria (Rabitsch y Friebe, 2015), Serbia (Šeat, 2015) y Georgia (Gapon, 2016); en 2016, en España (Dioli et al., 2016), Eslovaquia (Hemala y Kment, 2017) y Bulgaria (Simov, 2016); en 2017, en Eslovenia (Rot et al., 2022), Turquía (Çerçi y Koçak, 2017) y Croacia (Šapina y Jelaska, 2018); en 2018, en Polonia, Portugal, República Checa y Albania; en 2019, en Macedonia y Moldavia (EPPO, 2023) (Figura 4).

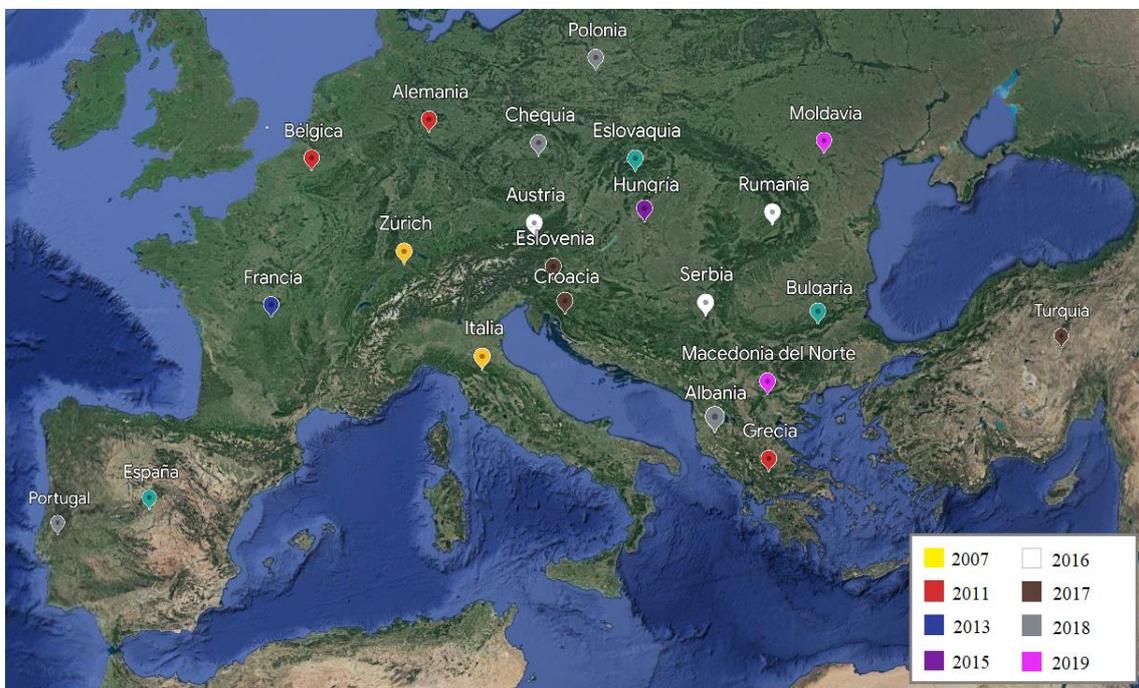


Figura 4. Distribución de *Halyomorpha halys* a lo largo de los años. Cada color representa un año de detección diferente. Elaboración propia.

En Gran Bretaña, en cambio, sólo se han identificado individuos solitarios en algunas ocasiones, pero no existe una población establecida (Powell et al., 2021). También han advertido su presencia en el continente africano, en Marruecos, Egipto, Argelia, Túnez... (Van der Heyden et al., 2021).

*H. halys* puede colonizar nuevos territorios a través de transportes como los trenes de mercancías, automóviles y otros medios de transporte de distancias media, este fenómeno se conoce como “efecto de autostop” (Cesari et al., 2015). Este fenómeno, a menudo se puede atribuir al comportamiento de hibernación de los adultos, ya que estas suelen

buscar refugio en lugares oscuros, como vagones de tren, camiones, equipaje... (Musolin et al., 2018). Por otra parte, el gran flujo comercial desde Asia al mundo ha ayudado a agravar este problema (Cesari et al., 2015). Además, puede dispersarse por su propia movilidad, ya que, en estado adulto, *H. halys* cuenta con la capacidad de volar con autonomía unas 10 horas, dependiendo de la etapa del año. Las distancias de vuelo aumentan cuando se encuentran en búsqueda de alimento y al emerger de los sitios de hibernación y, además, están influidas por factores abióticos como la velocidad del viento (Lee y Leskey, 2015).

Como se mencionó anteriormente, en España se tiene su primer registro en 2016, concretamente en Girona (Dioli et al., 2016). Tras este, se empezó a extender por Girona, Barcelona, Lérida y Tarragona (Roca-Cusachs et al., 2018). Recientemente, también se ha identificado en las Islas Canarias, probablemente debido a su transporte desde la península ibérica (Petrovan et al., 2022).

#### **4.3. Ecología y potencial destructor de *Halyomorpha halys***

La polifagía de *H. halys* la convierte en una plaga muy importante, principalmente de frutales y ornamentales (Hoebeke y Carter, 2003; Leskey y Nielsen, 2018). Tanto las ninfas como los adultos clavan sus estiletes en la parte fructífera de la planta e inyectan un gel y saliva acuosa que contiene enzimas digestivas que permite que la chiche digiera el tejido (Miles 1972). Esto provoca cicatrices, hendiduras, marcas y más anomalías que afectan al desarrollo del fruto, su estado fenológico e incluso en su maduración, provocando caída precoz del fruto y afectando a su comercialización (Hoebeke y Carter, 2003; Haye et al., 2015).

Las ninfas y los adultos tienen la capacidad de moverse entre plantas hospedadoras (Wiman et al., 2015). Se ha demostrado que aquellas ninfas que han llevado una alimentación mixta tiene una mayor tasa de supervivencia y generan adultos con mayor tamaño y peso (Acebes-Doria et al., 2016). Además, existen plantas hospedadoras para todas las etapas de vida de *H. halys* y otras que sólo lo son para algún determinado momento de su desarrollo, Por lo general, los individuos más antiguos son capaces de hospedar un mayor número de plantas (Acebes-Doria et al., 2016).

*H. halys* tiene distintas plantas hospedadoras en las diferentes zonas de distribución. Según Lee et al. (2013), se encontraron 106 plantas hospedadoras pertenecientes a 45 familias en Asia. En Europa, se han citado 51 plantas hospedadoras de 32 familias

diferentes (Haye et al., 2014). En una investigación más reciente, llevado a cabo por Acebes-Doria et al. (2016) en EEUU, se estudiaron los posibles hospedadores de la chinche marmorada. En él se identificaron 88 plantas hospedadoras utilizadas por todas las etapas de vida de *H. halys* y 211 taxones en las que estuvo presente al menos en una etapa de su desarrollo (Acebes-Doria et al., 2016). Entre todos ellos, se encuentran varias plantas de alto interés agrícola y económico como verduras: maíz dulce (Figura 5), berenjena, judía verde o tomate; fruta: melocotones, nectarinas, manzanas (Figura 5) o peras asiáticas; y otros cultivos de campo: maíz, soja, trigo o sorgo (Rice et al., 2014). Sin embargo, existen muchas más plantas hospedadoras para *H. halys*, lo que supone grandes pérdidas económicas.

En 2010, más del 90% de los frutos con hueso de la región del Atlántico Medio de EEUU se perdieron, causando pérdidas de más de 37 millones de dólares en la producción de manzanas (Leskey et al., 2012).



Figura 5. Efecto de *Halyomorpha halys* sobre maíz (izquierda) y manzana (derecha).

#### 4.4. Métodos de control de *Halyomorpha halys*.

Son múltiples las técnicas de control para el manejo de esta plaga, sin embargo, es importante llevar a cabo un manejo adecuado, para que el daño y las pérdidas sean mínimas (FAO, 2020). Por lo general, los métodos más utilizados en el control de *H. halys* han sido los mecánicos, físicos, culturales, biológicos y químicos, en especial este último debido a su facilidad de eliminación de la plaga (Lee et al., 2013).

Para reducir el impacto de estos se estudia la posibilidad de hacer estos métodos más sostenibles. Algunos ejemplos son la combinación de métodos semioquímicos con los físicos para un control compatible con el MIP, como el uso de trampas con estímulos visuales y olfativos (feromonas) como atrayentes (Rondoni et al., 2022); y las medidas

cuarentenarias a las mercancías provenientes de países invadidos por la chinche (Song et al., 2022).

#### **4.4.1. Control químico**

Cuando nos enfrentamos a plagas que provocan un fuerte impacto en la agricultura, como es el caso de *H. halys* (Leskey et al., 2012), este tipo de control ofrece una solución a corto plazo, por ello, es elegido en situaciones donde es necesaria una respuesta rápida y eficiente (Kuhar y Kamminga, 2017).

Los primeros insecticidas que se probaron para luchar contra esta plaga fueron organoclorados y organofosfados, ambos tipos muy efectivos (Lee et al., 2013). Sin embargo, los primeros son extremadamente tóxicos y poseen una resistencia elevada a la degradación, por ello se prohibió su uso en los países desarrollados desde 1983 (Ma et al., 2020); y los organofosfados, a pesar de tener una persistencia más baja que los anteriores, también provocan una gran contaminación del medioambiente y problemas a la salud humana (Ajiboye et al., 2022).

Se han llevado a cabo numerosos estudios para conocer los mejores insecticidas para la eliminación de esta plaga (Lee et al., 2013). En la revisión de Kuhar y Kamminga (2017) se realizó una excelente recopilación de bioensayos desarrollados en laboratorio entre 2011 a 2016, donde se probaba la efectividad de diferentes insecticidas aplicándolos a *H. halys*. Los resultados mostraron numerosos insecticidas que presentaban una alta eficacia contra esta chinche en laboratorio, si bien, algunos de los investigadores que realizaron los ensayos (E.g.: Leskey et al., 2014) apuntaron que esta podría verse reducida en el campo. Comparando todos los tipos de ensayos, los insecticidas que tuvieron una mayor efectividad fueron la bifentrina, de la familia de los piretroides y el Endosulfán, en el grupo de los organoclorados, presentando ambos una eficacia de entre el 90 y el 100% de mortalidad. Además de estos insecticidas, también se nombran otros con una gran efectividad: beta-ciflutrina, permetrina, fenpropatrina, lambda-cihalotrina, zeta-cipermetrina, del grupo de los piretroides; neonicotinoides como dinotefurano, clotianidina y tiametoxam; organofosforados; carbamatos como metomilo y oxamil; y productos combinados de químicos provenientes de las diferentes familias (Kuhar y Kamminga, 2017). Sin embargo, todos ellos son de amplio espectro, por lo que también dañan a las plantas hospedadoras y a los polinizadores, no siendo compatibles con los

sistemas de MIP, por ello, muchos de ellos se encuentran prohibidos en EEUU y en otros lugares (Kuhar y Kamminga, 2017).

Además, la eficacia de los insecticidas fluctúa en relación con el momento vital en el que se encuentre *H. halys*, ya que se demostró que la mortalidad en los adultos fue menor que en las ninfas (Nielsen et al., 2008; Kuhar et al., 2012) y que los individuos adultos que se encuentran en estado de hibernación durante el invierno tienen una mortalidad mayor que sus dos siguientes generaciones (Leskey et al., 2014). Por otro lado, la efectividad de estos compuestos también depende del momento de la temporada en el que se utilice, siendo mayor la efectividad si se aplicaba el insecticida al principio de la temporada que a mediados o finales (Leskey et al., 2014).

Otro factor importante a tener en cuenta, es la efectividad residual de estos compuestos, ya que *H. halys* tiene una gran movilidad entre plantas hospedadoras, lo que le permite moverse a otros cultivos y recuperarse en un nuevo área, por ello es imprescindible que llegue al insecto una dosis letal (Lee y Leskey, 2015; Zobel et al., 2016; Morrison et al., 2017).

Además de los problemas que conlleva el hecho de que la mayoría de los insecticidas sean poco específicos (Goulson, 2013), el uso prolongado de estos compuestos podría dar lugar a la aparición de resistencia en *H. halys* o llevar al resurgimiento de plagas secundarias protagonizadas por otros artrópodos (Hardin et al., 1995). Una alternativa para que el uso de insecticidas sea más compatible con el MIP sería el uso de insecticidas selectivos o de espectro reducido, sin embargo, muchos de estos insecticidas que son efectivos en otras plagas, no lo son para *H. halys* (Kuhar y Kamminga, 2017). En la revisión de Kuhar y Kamminga (2017) se mencionan algunos insecticidas más sostenibles como sulfoxadlor y ciclaniliprol.

En los últimos años se están intentando encontrar alternativas a los insecticidas de amplio espectro. Algunos de los compuestos que se están estudiando son:

- Aceites esenciales y monoterpenos: Finetti et al. (2021) estudiaron la efectividad de 10 monoterpenos como insecticidas en ninfas de *H. halys*. Los resultados indicaron una gran eficacia de limoneno, eugenol, isoeugenol y pulegona, sin embargo, los tres últimos resultan tóxicos también para los mamíferos. Por otro lado, Gokturk (2021) demostró que el aceite esencial de *Satureja spiciguera*

(Labiatae) provocaba altas tasas de mortalidad en los cinco estadios de ninfa y en adultos.

- Polifenoles naturales: Pajač Živkovic et al. (2020) probaron la eficacia como insecticida de micropartículas de polifenoles de hojas de stevia (Asteraceae) (SLE) y orujo de aronia (Rosaceae) (APE). Los resultados mostraron que las micropartículas de SLE eran muy efectivas en los primeros estadios ninfales tras el contacto, mientras que las de APE no mostraron mucha eficacia, pero sí cierta toxicidad en todos los estados de la chinche.

Otro punto a tener en cuenta en el uso de los insecticidas es como pueden afectar estos a los enemigos naturales de las plagas. Por ejemplo, Ludwick et al. (2020) identificaron que el insecticida bifrentina reducía significativamente las poblaciones un parasitoide de huevos de la chinche, *Trissolcus japonicus* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera, Scelionidae). Además, el uso de algunas piretrinas y otros insecticidas como spinosad, sulfoxaflor y, en general, insecticidas de amplio espectro, también aumentan la mortalidad de esta especie (Lowenstein et al., 2019; Ribeiro et al., 2021).

#### **4.4.2. Control biológico**

El control biológico se puede definir como “El empleo de un ser vivo (enemigos naturales como patógenos, depredadores y parasitoides), para controlar la densidad poblacional de otro bajo un umbral económico de daños” (DeBach y Rosen, 1991). Es la técnica más segura para el medioambiente y los costos a largo plazo son menores que los que suponen el control químico (Cock et al., 2010; Van Lenteren, 2012).

El aumento desmedido del uso de plaguicidas orgánicos de síntesis a mediados del siglo XX supuso un desplome del uso del control biológico (Barratt et al. 2018). Sin embargo, los graves problemas relacionados con su uso impulsaron el desarrollo de las estrategias de MIP (Van Lenteren y Woets, 1988) y con ello, una nueva demanda del control biológico, respetuoso con el medioambiente y las especies dianas y sin riesgo de resistencias (Bale et al. 2008).

Los enemigos naturales, que actúan como agentes del control biológico, pueden ser exóticos o autóctonos. Estos a su vez pueden ser: parasitoides, más especialistas o depredadores, más generalistas, ya que tienen un rango mayor de actuación para diferentes especies al mismo tiempo (Van Lenteren, 2012). En cuanto a los depredadores,

generalmente, un individuo puede alimentarse de cualquier estadio de la especie plaga, desde los huevos, hasta un ejemplar adulto (Weseloh y Hare, 2009).

Existen diferentes métodos control biológico:

- Control biológico natural: está regido por la propia naturaleza. En él, los enemigos naturales se establecen en lugares donde se encuentra la plaga (Bale et al., 2008) sin la intervención humana. Además, es el tipo de control que más contribuye económicamente a la agricultura (Waage y Greathead, 1988).
- Control biológico clásico: recibe este nombre por ser el primero que se instauró y practicó a escala global. Consiste en la recogida de un enemigo natural en el lugar de origen y la suelta en la nueva área donde se ha establecido la plaga para el control y mantenimiento de esta (DeBach, 1964, Cock et al., 2016).
- Control aumentativo consiste en la cría masiva y suelta al medio de enemigos naturales de manera que supone un refuerzo a los ya existentes para combatir la plaga (Van Lenteren, y Bueno, 2003).
- Control biológico por conservación: se define como el mantenimiento y/o habilitación, por intervención humana, de los enemigos naturales que ya se encuentren en el medio para que esta población prospere (Bale et al., 2008).

Con relación a *H. halys*, el control natural es el que más se realiza en su zona nativa. Existen un elevado número de especies parasitoides, cuyas hembras inyectan sus huevos en los de la especie invasora y la larva se alimenta de ellos para desarrollarse (Hamilton et al., 2018). Los géneros predominantes son: *Trissolcus* Ashmead, 1893, *Telenomus* Haliday 1833 (Hymenoptera, Scelionidae) y *Anastatus* (Motschulsky, 1859) (Hymenoptera, Eupelmidae) (Lee et al., 2013). Las especies más abundantes fuera de su zona nativa pertenecen a tres familias de himenópteros: Eupelmidae (*Anastatus redivivii* (Howard, 1880) en Norte América (Jones et al., 2017) y *A. bifasciatus* (Geoffroy, 1785) en Europa (Haye et al., 2015)). En ambos lugares también se describen los tres géneros de la familia Scelionidae: *Telenomus*, *Trissolcus* y *Gryon* (Haliday, 1833), los dos primeros bastante limitados en número (Abram et al., 2014) y, por último, un género de la familia Encyrtidae, *Ooencyrtus* (Ashmead, 1990) (Roversi et al., 2016).

Los factores que influyen en que se establezcan o no estos agentes son clave. Falagiarda et al. (2023) realizaron un estudio sobre cómo afecta la composición del paisaje para que se estableciera el parasitoide *T. japonicus* con *H. halys*, concluyendo que era más probable

que se encontraran en lugares de baja altitud y cultivos permanentes, siendo esto último un resultado prometedor para el manejo integrado de plagas. Sin embargo, Michaelson (2023), afirma en su tesis de que la complejidad del paisaje no guarda relación con que se establezca el parasitoide. También debemos de atender a los factores de compatibilidad de parasitoide-hospedador, las características biológicas, edad de la hembra, su fecundidad y el tiempo de exposición al insecto plaga (Tunca et al., 2020)

En la Tabla 1 se muestra una recopilación los diferentes agentes de control biológico empleados tanto en Europa como en EEUU para el control de la plaga.

Tabla 1. Ejemplos de enemigos naturales de *Halyomorpha halys* empleados para su control biológico en Europa y EEUU. P: parasitoide; D: depredador. Elab. Propia

Enemigo natural	Orden y familia	Estadio	Zona	Comentarios	Autores
<i>Anastatus bifasciatus</i> (P)	Hymenoptera: Eupelmidae	Huevos	Europa (Suiza)	Condiciones de laboratorio. Estudio desarrollado en huevos frescos y congelados. - Relevante en el control en Europa. - Hábitats predominantes: ornamentales, urbanos y forestales. - Tasa de parasitismo: 50%.	Haye et al., (2015) ; Costi, (2018) ; Kereselidze et al., (2018); Moraglio et al., (2020)
<i>Trissolcus cultratus</i> (Mayr, 1879) (P)	Hymenoptera: Scelionidae	Huevos	Europa	Condiciones de laboratorio. - Mal desarrollo en huevos frescos. - Tasa de parasitismo: 11,03%.	Haye et al., (2015); Moraglio, (2021)
<i>Trissolcus japonicus</i> (P)	Hymenoptera: Scelionidae	Huevos	EEUU Europa	En campo. - Parasitoide generalista, baja especificidad. - Tasa de parasitismo: 27%.	Talamas et al., (2015)
<i>Telenomus podisi</i> Ashmead 1893 (P)	Hymenoptera: Scelionidae	Huevos	EEUU (Georgia y Alabama)	En campo. - Presencia dominante en zonas agrícolas cultivos en hilera. - Tasa de parasitismo 50,5%.	Tillman, (2020)
<i>Trichopoda pennipes</i> (P)	Diptera: Tachinidae	Adulto	EEUU (Pensilvania)	En campo. - Parasitoide generalista de chinche apestosa. - Tasa de parasitismo: 3.3 %.	Joshi et al., (2019)
<i>Ooencyrtus telenomicida</i> (P)	Hymenoptera: Chalcidoidea	Huevos	Europa (Suiza)	Condiciones de laboratorio. - Tasa de parasitismo: 35% laboratorio. - Desarrollo a partir de 25%, en huevos frescos.	Roversi et al., (2016)
<i>Hierodula transcaucasica</i> (Brunner von Wattenwyl,) (D)	Mantodea: Mantidae	Huevos y ninfas	EEUU (Georgia)	Condiciones de laboratorio. - El depredador atrae mediante señales vibratorias. - Enemigos naturales más importantes de <i>H. halys</i> . - Tasa de depredación: 83% en ninfas.	Mazzoni et al., (2017) ; Kharabadze et al., (2022)
<i>Podisus maculiventris</i> (Say) (D)	Hemiptera: Pentatomidae	Ninfas	EEUU	Condiciones de laboratorio. - Tasa de depredación: 40 %.	Pote y Nielsen, (2017)
<i>Bicyrtes quadrifasciata</i> (Say) (D)	Hymenoptera: Crabronidae	Ninfas	EEUU	En Campo. - Utilizadas para alimentar al nido. - Tasa de depredación: 96%	Biddinger et al., (2017)

## - Control microbiológico

Una de las vías de investigación sobre el control biológico pone en el punto de mira el control mediante entomopatógenos. Muchos de estos agentes de control guardan cierta similitud con el control químico, por la gran cantidad que se puede producir de una vez y la forma de aplicarlo (Bhattarai et al., 2016). Existen diferentes tipos de agentes con capacidad de controlar a *H. halys*. Estos pueden ser; bacterias, hongos, nemátodos ...

Las bacterias tienen un alto potencial de infección sobre las ninfas de *H. halys* en diferentes géneros (Tozlu et al., 2019). También se están observando resultados prometedores en el Reino Fungi, cuyos agentes se aplican de formas diferentes, ya sea para afectar a la vida útil del hemíptero (Preston et al., 2020), terminar con ella (Tozlu et al., 2019) o, en forma de principio activo de un insecticida botánico (Parker et al., 2015). Por otra parte, los nematodos como agentes de control biológico muestran unos buenos resultados (Mikaia, 2018), siendo la eficacia mayor a medida que pasan las horas (Tabla 2). De todas formas, pese a los resultados prometedores que se describen hay que tener en cuenta que una mayoría son en condiciones mantenidas de laboratorio.

En la tabla 2, se muestran algunos resultados de los ensayos realizados con agentes microbianos para el control de *H. halys*.

Tabla 2. Ejemplos de ensayos realizados con diferentes microorganismos para el control microbiológico de *Halyomorpha Halys*. Elaboración propia

Agente microbiano	Estadio	Comentarios	Autores
<b>Reino Bacteria</b>			
- <i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i> - <i>Bacillus atrophaeus</i> - <i>Bacillus sphaericus</i> - <i>Bacillus cereus</i> - <i>Pantoea agglomerans</i> - <i>Pseudomonas fluorescens</i> - <i>Vibrio hollisae</i>	Ninfas	- Condiciones de laboratorio en hojas de avellano. - 11 cepas de estas especies. - Eficacia >75% en <i>Bacillus cereus</i> y 100% <i>Pantoea agglomerans</i> .	Tozlu et al. (2019)
<b>Reino Fungi</b>			
<i>Brevibacillus brevis</i>	Ninfas	- Condiciones de laboratorio. - Eficacia 95,00 %.	Tozlu et al. (2019)
<i>Beauveria bassiana</i>	Ninfas de 2º estadio y adultos	- Condiciones de laboratorio. - Principio activo de insecticida ( <i>BotaniGard</i> ). - Eficacia del 67% al 100% entre los primero 9 y 12 días, más eficaz en polvo humectable.	Gouli et al. (2012); Parker et al. (2015)

Tabla 2. Continuación

Agente microbiano	Estadio	Comentarios	Autores
<b>Reino Fungi</b>			
<i>Nosema maddoxi</i>	Hembras y ninfas	- Condiciones de laboratorio. - Microsporidio actúa sobre la vida útil de <i>H. halys</i> . - No se vieron afectadas las ninfas que sobrevivieron, pero 55,9% de estas murieron antes de llegar a adulto. - En dosis bajas sí afecto a las variables de la hembra en dosis altas murieron.	Preston et al. (2020)
<i>Nosema maddoxi</i>	Todos	- Condiciones de campo en Georgia. - Tras la hibernación todos los individuos que murieron estaban infectados.	Hajek et al. (2023)
<b>Filo Nematodos</b>			
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Adultos	- Condiciones de laboratorio. - Se miden las eficacias en los días 3 y 7, mortalidad de entre el 18 y el 68%. - 500 al 2000 ml/nematodo.	Mikaia, (2018)
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Adultos	- Condiciones de laboratorio. - Se miden las eficacias en los días 3 y 7, 12% y el 48%. - 500 al 2000 ml/nematodo.	Mikaia, (2018)
Género <i>Steinernema</i> sp.	Adultos	- Condiciones de laboratorio. - Eficacias 94,6%.	Gorgadze, (2020)
<i>Steinernema borjomiense</i>	Adultos	- Condiciones de laboratorio. - Eficacia entre 98.6%.	Gorgadze (2020)
<i>Phasmarhabditis</i> sp.	Adultos	Condiciones de laboratorio. - Eficacias 25.9%.	Gorgadze (2020)

#### 4.4.3. Control biorracional

Los insecticidas biorracionales, según Bellés (1988), pueden definirse como “sustancias químicas perturbadoras de procesos fisiológicos y de mecanismos de comunicación propios de insectos, diseñadas y optimizadas a partir del conocimiento básico de dichos mecanismos”. Estas sustancias actúan de manera selectiva y concreta, teniendo un efecto prácticamente nulo en los organismos no-objetivos (Diver, 2008; Horowitz et al., 2009), Sin embargo, revisiones actuales han dado luz a la falta de investigación sobre los efectos adversos en el medio de estos productos Haddi (2020). Dentro de este campo encontramos el uso de semioquímicos y reguladores de crecimiento, que se explotan para el control de *H. halys*.

Los semioquímicos actúan como moléculas informativas que permiten la comunicación entre insectos o entre planta e insecto y son un componente del control de plagas (Witzgall et al., 2010, en Nesreen (2019)). Dentro de este encontramos dos tipos: Las feromonas, definidas como señales químicas innatas que permiten una comunicación intraespecífica (Wyatt, 2014) y los aleloquímicos, también son mensajeros químicos, pero para una comunicación interespecífica (Vilela et al., 2001).

En la revisión de Nesreen (2019), se describen 8 tipos de feromonas: feromonas de agregación, de alarma, disuasorias de oviposición, de reconocimiento de nido, sexuales, de rastro, de reclutamiento y feromonas reales.

Para el control de *H. halys* encontramos estudios que utilizan feromonas de agregación con el fin de agruparlas y eliminarlas (Donald et al., 2014). Para ello, utilizaron los dos esteroisómeros que contienen feromonas de agregación producidas por machos PHER [(3 S ,6 S ,7 R ,10 S )-10,11-epoxi- 1-bisabolen-3-ol y (3 R ,6 S ,7 R ,10 S )-10,11-epoxi-1-bisabolen-3-ol] y los mezclaron con metilo [MDT: ( E , E , Z)-2,4,6-decatrienoato]. La adición de MDT produjo una mayor atracción de adultos y ninfas que los dos productos por separado. Se contabilizaron entre 2 y 3 veces más en adultos y de 1,4 a 2,5 veces en ninfas, siendo unos resultados esperanzadores. Por otra parte, en el estudio de Zapponi (2023) se evaluó en condiciones de laboratorio y campo, con el mismo combinado de PHE+MDT, la eficacia de una trampa bimodal, a la que se le añadió señales vibratorias, con la intención de atraer a los machos. Finalmente, no sólo atrajo a estos con la vibración, sino también a ninfas y hembras. Este componente semifísico intenta dar salida a la desventaja que tienen las trampas combinadas, los individuos se quedan cerca de ella, pero no todos entran.

Otro estudio, llevado a cabo por Rondoni (2022), investigó la eficacia de una trampa multimodal que constaba de un componente olfativo (con PHE y el olor de individuos hacinados) y uno visual (combinado de UV-A y luz azul o verde). Los resultados arrojaron una efectividad hasta 8 veces mayor que en las trampas tradicionales pegajosas o las piramidales pequeñas (como las utilizadas en el primer estudio de este apartado). Pese a ello, es necesaria más investigación, tanto para averiguar las intensidades de luz que más les atrae como para conocer el efecto que puede tener esta en insectos no diana.

Leskey et al. (2021) realizaron un estudio en condiciones de campo en Italia, Hungría y Estados Unidos en el que evaluaron diferentes prácticas y componentes que se utilizan

para atraer a *H. halys*, analizando la eficacia de tasas altas y bajas de PHER y MDT, los sustratos de suelo de polietileno y la inclusión de etilo [EDT: (2 E ,4 E ,6 Z)-decatrionato]. Los resultados arrojaron que el EDT fue más eficaz que el MDT, pero se podría suplir aumentando la cantidad de este último, ya que económicamente es más rentable. Por último, el sustrato de polietileno no dio mejor resultado que el estándar.

Dentro de los aleloquímicos, encontramos alomonas, kairomonas, sinomonas, antimonas y apneumonas (Vilela et al., 2001). Dentro de ellas, las kairomonas se definen como estímulos enviados por un organismo que benefician al individuo receptor (Nesreen, 2019). En *H. halys*, los enemigos naturales las utilizan para llegar a su encuentro (Weber, 2017). Este es el caso de las especies de los géneros *Telenomus* y *Trissolcus*, parasitoides que localizan al hemíptero gracias al volátil [( E )-2-hexenal] (Abram et al., 2014).

En el artículo de Richardson (2023) se evaluó el poder atrayente de la kairomona para las especies *T. japonicus* y *T. euschisti*, colocando en el campo en setos de goma, atrayentes n-tridecano y repelentes (E)-2-decenal a diferentes concentraciones que variaban entre un 80% y 100%. La atracción de la kairomona en ambas fue baja en los porcentajes inferiores al 100%, pero a este nivel se mostró el doble de parasitismo que en porcentajes menores.

Dentro de los insecticidas biorracionales, los inhibidores de la síntesis de quitina (que afecta a la cutícula y a la muda de los insectos) también se han empleado para el manejo de la chinche marmorada. Así, Masetti et al. (2023) estudiaron la efectividad de tres de ellos en los huevos, las ninfas y los adultos de *H. halys*. Los resultados mostraron que Novaluron tenía una alta eficacia contra las ninfas de la chinche, mientras que Triflumuron y Buprofezin no mostraron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de mortalidad comparados con los grupos control (Masetti et al., 2021), en cambio, con tiempo de exposición prolongados, mostraron una eficacia alta como insecticida del Triflumuron en ninfas de *Halyomorpha halys*.

## 5. Conclusiones

La convivencia del hombre con las plagas agrícolas lleva ocurriendo desde los inicios de la Agricultura, pero la situación de globalización en la que nos encontramos conlleva una tasa de introducción de especies exóticas exponencial y en la actualidad, por el contexto de cambio climático en el que vivimos, estas especies tienen una gran capacidad de

establecerse ya que, como sabemos, la supervivencia de los insectos está íntimamente relacionada con la temperatura.

Sin embargo, las malas prácticas en los agroecosistemas, como el cultivo intensivo, el monocultivo, el abuso de plaguicidas de amplio espectro... han llevado a la simplificación del paisaje y, con ello, a la pérdida de biodiversidad, lo que ha producido que las especies exóticas se establezcan con invasoras, por el daño que convirtiéndose muchas de ellas en plagas y afectando, tanto al medio, como a la economía y la salud.

Estos agroecosistemas artificiales en los que la biodiversidad es tan limitada no pueden hacer frente de manera eficaz a las plagas ya que su control biológico natural es muy limitado. En el caso de *H. halys*, que es una especie muy polífaga con gran capacidad de dispersión, tanto por intervención antrópica como por sus propios medios, se ha convertido en una especie problemática a nivel mundial, por el daño ecológico y económico que está produciendo. Para controlar sus poblaciones son necesarias acciones, tanto para su control donde ya se encuentra instalada la plaga, como acciones preventivas en los lugares donde es probable que se establezca. En el primer caso hay que hacer hincapié en el control biológico y el control biorracional, yendo ambos de la mano de una agricultura regenerativa y de conservación, respetuosa con el medio ambiente. En el segundo caso es donde las instituciones tienen que aunarse para crear medidas cuarentenarias e invertir en proyectos que den soluciones a esta problemática.

## **6. Perspectivas futuras**

Las actuales condiciones climáticas favorecen que las especies invasoras puedan establecerse fuera de su área nativa (Stoeckli et al., 2020) ya que, es más usual que sean los factores abióticos, como el clima, que los factores bióticos, los que limiten la dispersión de estas. En *H. halys* se espera que se produzca una expansión en la altitud y que en las regiones donde es univolutina, pase a multivolutina, ya que estas comienzan la actividad con el inicio de la primavera y, si este periodo se dilata, las ninfas pueden llegar a adultas antes de que tengan que hibernar de nuevo, todo esto tendrá como resultado un aumento de sus poblaciones (Haye et al., 2014).

En el estudio de Stoeckli et al. (2020) se utilizó CLIMEX, un programa con una batería de modelos climáticos, para deducir cómo el clima va a afectar en la distribución de *H. halys* en Suiza en un escenario de cambio climático. Con anterioridad a este ensayo

Kistner (2017) utilizó el mismo programa, pero a nivel mundial, para mostrar la distribución potencial de *H. halys* entre los años 2050 y 2100. Los lugares susceptibles de ser colonizados por la plaga serán: el norte de Europa, el noreste de EEUU y el Sureste de Canadá. Las áreas clave serán las zonas hortofrutícolas. En sur de España las condiciones climáticas no permitirán que la chinche se establezca, sin embargo, el norte del país sí que es susceptible.

Para el manejo de *H. halys*, es clave la combinación del control biológico con otros métodos respetuosos con el medio ambiente (Conti, 2021). La utilización de los semioquímicos es una práctica que abre las puertas a futuras prácticas, aumentan exponencialmente la efectividad de los parasitoides al hacer más probable el encuentro con una especie con la gran capacidad de movilización como *H. halys* (Morrison et al., 2017).

Además, actualmente, a pesar de que en los últimos años no haberse fomentado los métodos culturales debido a su coste económico y social, se están intentando buscar métodos efectivos como trampas, redes de exclusión, plantas atrayentes, debido a que son los más respetuosos con el MIP (Lee et al., 2013; Leskey et al., 2020).

Y por supuesto, es decisivo llevar a cabo prácticas agroecológicas como la agricultura de conservación que ayuden a frenar las especies invasoras (Martin y Sauerborn, 2013). Por ello, es necesario que las administraciones internacionales, nacionales y regionales inviertan y apoyen las investigaciones que nos impulsen a esa transición ecológica tan necesaria.

Por último, debemos tener en cuenta que actualmente ya existen proyectos que están haciendo estudios sobre el futuro de mercado del control biológico. Un ejemplo de ello es el “Global Pest Control Market Report 2023: by Pest Type (Rodents, Insects, Wildlife), By Control Method (Chemical, Mechanical, Biological)), by Mode of Application (Powder, Sprays, Pellets, Traps, Baits,), by The Application (Commercial, Residential, Agricultural, Industrial) Market Size, Trends, And Global Forecast 2023-2032” (disponible en: <<https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/pest-control-global-market-report>>) (con acceso el 28/06/23)).

## 7. Bibliografía

- Abram, P. K., Garipey, T. D., Boivin, G., y Brodeur, J. (2014). An invasive stink bug as an evolutionary trap for an indigenous egg parasitoid. *Biological Invasions*, 16, 1387-1395.
- Acebes-Doria, A.L., Leskey, T.C., y Bergh, J.C. (2016). Host plant effects on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) nymphal development and survivorship. *Environmental Entomology*, 45(3), 663-670.
- Astorga, Ilenia. (2008). *Halyomorpha halys* (Hemiptero: pentatomidae). Gobierno de Chile. [https://www.sag.cl/sites/default/files/halyomorpha\\_co\\_sag\\_2018\\_mayo.pdf](https://www.sag.cl/sites/default/files/halyomorpha_co_sag_2018_mayo.pdf)
- Ajiboye, T. O., Oladoye, P. O., Olanrewaju, C. A., y Akinsola, G. O. (2022). Organophosphorus pesticides: Impacts, detection and removal strategies. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 17(December 2021), 100655.
- Anand, P., Jagadiswari, R., Mukherjee, A. K., J. B., Somnath, S. P., Totan, A., Sushmita, M., y P, R, S. (2014). Climate Change: Impact on Crop Pests. *Research Today*, 2(5), 327-329.
- Anderson, B. E., Miller, J. J., y Adams, D. R. (2012). Irritant contact dermatitis to the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. Dermatitis, *American Contact Dermatitis Society*, 23(4), 170-172.
- Anento, J., y Selfa, J. (1997). Plagas agrícolas y forestales. In *Los artrópodos y el hombre. Boletín. S.E.A.* (Vol. 20, Issues 75-91, pp. 1-17). [http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN\\_20/B20-006-075.pdf](http://www.sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-006-075.pdf)
- Angulo, E., Ballesteros-Mejía, L., Novoa, A., Duboscq-Carra, V. G., Diagne, C., y Courchamp, F. (2021). Economic costs of invasive alien species in Spain. *NeoBiota*, 67, 267-297.
- Arya, A., Joshi, K., Bachheti, A., y Rawat, R. (2021). Status and Impact of Invasive and Alien Species on Environment, and Human Welfare: an Overview. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 42(8), 49-58.
- Badii, M. H., Landeros, J., y Cerna, E. (2007). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas. *Cultcyt*, 23, 78-83.
- Bale, J.S., van Lenteren, J.C., y Bigler, F. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 761-776.
- Barratt, B.I.P., Moran, V.C. y van Lenteren, J.C. (2018). The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*, 63, 155-167.
- Bergmann, E. J., Venugopal, P. D., Martinson, H. M., Raupp, M. J., y Shrewsbury, P. M. (2016). Host plant use by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) on Woody ornamental trees and shrubs. *Plos One*, 11(2), 1-12.
- Bhattacharai, S. S., Koirala Bishwokarma, S., Gurung, S., Dharmi, P., y Bishwokarma, Y. (2016). Efficacy of entomopathogens for control of blue pumpkin beetle (*Aulacophora nigripennis* Motschulsky, 1857) in sponge gourd (*Luffa cylindrica*) under laboratory condition at Paklihawa, Nepal. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences*, 5(2), 102-105.
- Biddinger, D. J., Surcičá, A., y Joshi, N. K. (2017). A native predator utilizing the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) as a food source. *Biocontrol Science and Technology*, 27(7), 903-907.
- Bradshaw, C. J. A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., Barbet-Massin, M., Salles, J. M., Simard, F., y Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7.
- Callot, H., y Brua, C. (2013). Francia e volendo Germania 2013. *L'Entomologiste*, 69, 69-71.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B., y Suárez Álvarez, V. Á. (2013). Causes of biodiversity loss: Invasive Alien Species. *Memorias de La Real Sociedad Española de Historia Natural*, 10(July), 55-75.
- Çerçi, B., y Koçak, Ö. (2017). Further contribution to the Heteroptera (Hemiptera) fauna of Turkey with a new synonymy. *Acta Biologica Turcica*, 30(4), 121-127.
- Cesari, M., Maistrello, L., Ganzerli, F., Dioli, P., Rebecchi, L., y Guidetti, R. (2015). A pest alien invasion in progress: potential pathways of origin of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* populations in Italy. *Journal of Pest Science*, 88(1), 1-7.
- Charles, H., y Dukes, J. S. (2007). Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services. *Biological Invasions*, 193, 217-237.
- Claerebout S., Haye T., Olafsson E., Pannier E., y Bultot J. (2019) Premières occurrences de *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) pour la Belgique et actualisation de sa répartition en Europe (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). *Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie* 154, 205-227.
- Cock, M. J., Murphy, S. T., Kairo, M. T., Thompson, E., Murphy, R. J., y Francis, A. W. (2016). Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCAT database. *Biological Control*, 61, 349-363.
- Cock, M. J., van Lenteren, J. C., Brodeur, J., Barratt, B. I., Bigler, F., Bolckmans, K., y Parra, J. R. P. (2010). Do new access and benefit-sharing procedures under the convention on biological diversity threaten the future of biological control?. *Biological Control*, 55, 199-218.

- Conti, E., Avila, G., Barratt, B., Cingolani, F., Colazza, S., Guarino, S., y Wajnberg, E. (2021). Biological control of invasive stink bugs: Review of global state and future prospects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(1), 28-51.
- Costi, E. (2018). Biología e monitoraggio in campo della cimice invasiva *Halyomorpha halys* in Italia e indagini su potenziali antagonisti naturali autoctoni. Tesis Doctoral. UNIMORE.
- Costi, E., Haye, T., y Maistrello, L. (2017). Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1059-1067.
- DeBach, P. (1964). Biological control of insect pests and weeds. *Biological control of insect pests and weeds*.
- DeBach, P., y Rosen, D. (1991). Biological control by Natural Enemies. Cambridge University Press. Cambridge.
- Diez, J. M., D'Antonio, C. M., Dukes, J. S., Grosholz, E. D., Olden, J. D., Sorte, C. J. B., Blumenthal, D. M., Bradley, B. A., Early, R., Ibáñez, I., Jones, S. J., Lawler, J. J., y Miller, L. P. (2012). Will extreme climatic events facilitate biological invasions? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(5), 249-257.
- Dioli, P., Leo, L. M. (2016). Prime segnalazioni in Spagna e in Sardegna della specie aliena *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) e note sulla sua distribuzione in Europa (Hemiptera, Pentatomidae). *Revista Gaditana de Entomología*, 7(1), 539-548.
- Diver S, Hinman T (2008) Cucumber Beetles: Organic and Biorational Integrated. *Pest Management. National Center for Appropriate Technology*. 20 pp. <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/cucumberbeetle.pdf>
- EASIN (2023) European Alien Species Information Network. Disponible en: <<https://easin.jrc.ec.europa.eu/easin>> [con acceso : 28/06/2023]
- Weber, D. C., Leskey, T. C., Walsh, G. C., y Khimian, A. (2014). Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2, 4, 6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(3), 1061-1068.
- Falagiarda, M., Carnio, V., Chiesa, S. G., Pignalosa, A., Anfora, G., Angeli, G., y Zapponi, L. (2023). Factors influencing short-term parasitoid establishment and efficacy for the biological control of *Halyomorpha halys* with the samurai wasp *Trissolcus japonicus*. *Pest Management Science* 79, 2397-2414.
- Faúndez, E. I., y Rider, D. A. (2017). The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile. *Archivos Entomológicos*, (17), 305-307.
- FAO (2023). FAOSTAT: Crops and Livestock Products. Disponible en: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> [Con acceso: 11/06/23].
- Finetti, L., Civolani, S., y Bernacchia, G. (2021). Monoterpenes-induced toxicity in nymphal stages of *Halyomorpha halys*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(5), 1371-1375.
- Gapon, D. A. (2016). First records of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Georgia. *Entomological Review*, 96(8), 1086-1088.
- Garipey, T. D., Haye, T., Fraser, H., y Zhang, J. (2014). Occurrence, genetic diversity, and potential pathways of entry of *Halyomorpha halys* in newly invaded areas of Canada and Switzerland. *Journal of Pest Science*, 87(1), 17-28.
- Gavrilescu, M. (2005). Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Engineering in Life Sciences*, 5(6), 497-526.
- Gokturk, T. (2021). Chemical composition of *Satureja spicigera* essential oil and its insecticidal effectiveness on *Halyomorpha halys* nymphs and adults. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 76(11-12), 451-457.
- Gouli, V., Gouli, S., Skinner, M., Hamilton, G., Kim, J. S., y Parker, B. L. (2012). Virulence of select entomopathogenic fungi to the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål)(Heteroptera: Pentatomidae). *Pest Management Science*, 68(2), 155-157.
- Gorgadze, O., Kereselidze, M., Beruashvili, M., y Bagaturia, N. (2020). Fauna of Nematodes of Georgian Hazelnut Soils and its Entomopathogenic Forms. *Bull. National Academy of Sciences of Georgia*, 14(2).
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987.
- Gyeltshen, J., Bernon, G., y Hodges, A. (2005). *Brown marmorated stink bug Halyomorpha halys (Stal) Hemiptera : Pentatomidae*. 1-7.
- Haddi, K.; Turchen, L.M., Viteri Jumbo, L.O., Guedes, R.N.C., Pereira, E.J.G., Aguiar, R.W.S. y Oliveira, E.E. Rethinking (2020). Biorational Insecticides for Pest Management: Unintended Effects and Consequences. *Pest Management Science*, 76, 2286-2293
- Hajek, A. E., Brandt, S. N., González, J. B., y Bergh, J. C. (2023). Entomopathogens infecting brown

- marmorated stink bugs before, during, and after overwintering. *Journal of Insect Science*, 23(3), iead033.
- Hamilton, G. C., Ahn, J. J., Bu, W., Leskey, T. C., Nielsen, A. L., Park, Y. L., Rabitsch W., y Hoelmer, K. A. (2018). *Halyomorpha halys* (Stål). *Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea): Biology, Higher Systematics, Semiochemistry, and Management*, 243-292.
- Hardin, M. R., Benrey, B., Coll, M., Lamp, W. O., Roderick, G. K., y Barbosa, P. (1995). Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. *Crop Protection*, 14(1), 3-18.
- Haye, T., Fischer, S., Zhang, J., y Garipey, T. (2015). Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae), in Europe?. *Journal of Pest Science*, 88, 693-705.
- Haye, T., Garipey, T., Hoelmer, K., Rossi, J. P., Streito, J. C., Tassus, X., y Desneux, N. (2015). Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: an increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide. *Journal of Pest Science*, 88(4), 665-673.
- Haye, T., Wyniger, D., y Garipey, T. (2014). *Recent range expansion of brown marmorated stink in Europe*. 55(1), 67-75.
- Heckmann, R. (2012). Erster nachweis von *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Heteroptera: Pentatomidae) für deutschland. *Heteropteron*, 36(2004), 17-18.
- Hemala, V., y Kment, P. (2017). First record of *Halyomorpha halys* and mass occurrence of *Nezara viridula* in Slovakia. *Plant Protection Science*, 53(4), 247-253.
- Hoebeker, E. R., y Carter, M. E. (2003). *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 225-237.
- Horowitz, A. R., Ellsworth, C., y Ishaaya, I. (2009). Biorational pest control—an overview, in *Biorational Control of Arthropod Pests—Application and Resistance Management*, ed. By I Ishaaya. Springer, Dordrecht, pp. 1- 20 .
- Inkley, D. B. (2012). Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of entomological science*, 47(2), 125-130.
- Jiménez, M., E. (2009). Métodos de Control de Plagas. *Universidad Nacional Agraria*, 145.
- Jones, A. L., Jennings, D. E., Hooks, C. R., y Shrewsbury, P. M. (2017). Field surveys of egg mortality and indigenous egg parasitoids of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in ornamental nurseries in the mid-Atlantic region of the USA. *Journal of Pest Science*, 90, 1159-1168.
- Joshi, N. K., Leslie, T. W., y Biddinger, D. J. (2019). Parasitism of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), by the native parasitoid, *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae). *Biology*, 8(3), 66.
- Kharabadze, N., Chkhaidze, N., Abramishvili, T., Göktürk, T., Lobjanidze, M., y Burjanadze, M. (2022). First report of *Hierodula transcaucasica* (Brunner von Wattenwyl, 1878) predation on the *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) in Georgia. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(5), 3283-3292
- Keller, R. P., Geist, J., Jeschke, J. M., y Kühn, L. (2011). Invasive species in Europe: Ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe*, 23(1), 8–11.
- Kereselidze, M., Aleksidze, G., y Haye, T. (2018). First record native parasitoid attacking *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in Georgia. *Bulletin of Georgian Academy of Agricultural Sciences*, 39, 127-129.
- Kistner, E. J. (2017). Climate change impacts on the potential distribution and abundance of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) with special reference to North America and Europe. *Environmental Entomology*, 46(6), 1212-1224.
- Kriticos, D. J., Kean, J. M., Phillips, C. B., Senay, S. D., Acosta, H., y Haye, T. (2017). The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1033–1043.
- Kuhar, T., Doughty, H., Kamminga, K., y Lilliston, L. (2012). *Evaluation of insecticides using a bean dip bioassay for control of brown marmorated stink bug, 2011 T. P. Kuhar Department of Entomology Virginia Tech Blacksburg, VA 24061* .
- Kuhar, T. P., y Kamminga, K. (2017). Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1021–1031.
- Lee, D. H. (2015). Current status of research progress on the biology and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) as an invasive species. *Applied Entomology and Zoology*, 50(3), 277-290.
- Lee, D. H., y Leskey, T. C. (2015). Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of Entomological Research*, 105(5), 566-573.
- Lee, D. H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., y Leskey, T. C. (2013). Review of the biology, ecology,

- and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627–641.
- Leskey, T. C., y Nielsen, A. L. (2018). Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management. *Annual Review of Entomology*, 63, 599–618.
- Leskey, T. C., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Christopher Bergh, J., Ames Herbert, D., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D., Dively, G. P., Hooks, C. R. R., Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M., Krawczyk, G., Shearer, P. W., Whalen, J., Koplinka-Loehr, C., Myers, E., Inkley, D., y Wright, S. E. (2012). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5), 218-226.
- Leskey, T. C., Short, B. D., y Lee, D. H. (2014). Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards. *Pest Management Science*, 70(7), 1097–1104.
- Leskey, T. C., Short, B. D., y Ludwick, D. (2020). Comparison and Refinement of Integrated Pest Management Tactics for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Management in Apple Orchards. *Journal of Economic Entomology*, 113(4), 1725–1734.
- Leskey, T. C., Andrews, H., Bády, A., Benvenuto, L., Bernardinelli, I., Blaauw, B. y Wiman, N. (2021). Refining pheromone lures for the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) through collaborative trials in the United States and Europe. *Journal of Economic Entomology*, 114(4), 1666-1673.
- Ley 42 de 2007. Del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. 13 de diciembre de 2007. <BOE> num. 299.
- Liu, M., Khan, A., Wang, Z., Liu, Y., Yang, G., Deng, Y., & He, N. (2019). Aptasensors for pesticide detection. *Biosensors and Bioelectronics*, 130, 174-184.
- Lowenstein, D. M., Andrews, H., Mugica, A., y Wiman, N. G. (2019). Sensitivity of the egg parasitoid *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) to field and laboratory-applied insecticide residue. *Journal of Economic Entomology*, 112(5), 2077-2084.
- Ludwick, D. C., Patterson, J., Leake, L. B., Carper, L., y Leskey, T. C. (2020). Integrating *Trissolcus japonicus* (Ashmead, 1904)(Hymenoptera: Scelionidae) into management programs for *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Hemiptera: Pentatomidae) in apple orchards: Impact of insecticide applications and spray patterns. *Insects*, 11(12), 833.
- Ma, Y., Yun, X., Ruan, Z., Lu, C., Shi, Y., Qin, Q., Men, Z., Zou, D., Du, X., Xing, B., y Xie, Y. (2020). Review of hexachlorocyclohexane (HCH) and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) contamination in Chinese soils. *Science of the Total Environment*, 749, 141212.
- Macavei, L. I., Bățan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., y Maistrello, L. (2015). First Detection of *Halyomorpha halys* Stål, a New Invasive Species with a High Potential of Damage on Agricultural Crops in Romania. *Lucrări Științifice-*, 58(1), 105-108.
- Maistrello, L., y Dioli, P. (2014). *Halyomorpha halys* Stål 1855, trovata per la prima volta nelle Alpi centrali italiane (Insecta: Heteroptera: Pentatomidae). *Naturalista Valtellinese*, 25, 51-58.
- Martin, K., y Sauerborn, J. (2013). *Agroecology*. Springer. Amsterdam.
- Masetti, A., Rathé, A., Robertson, N., Anderson, D., Walker, J., Pasqualini, E., y Depalo, L. (2023). Effects of three chitin synthesis inhibitors on egg masses, nymphs and adults of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Pest Management Science*. Vol 79, 2882-2890
- Mazzoni V, Polajnar J, Baldini M et al (2017) Use of substrate-borne vibrational signals to attract the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science* 90:1219–1229.
- Masetti, A., Depalo, L., y Pasqualini, E. (2021). Impact of triflumuron on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Laboratory and field studies. *Journal of Economic Entomology*, 114(4), 1709-1715.
- Medal, J., Smith, T., y Santa Cruz, A. (2013). Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*. *Journal of the Florida Entomological Society*, 96(3), 1209.
- Mertz, T. L., Jacobs, S. B., Craig, T. J., y Ishmael, F. T. (2012). The brown marmorated stinkbug as a new aeroallergen. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 130(4), 999-1001.e1.
- Michaelson, J. (2023). Evaluating the Influence of Abiotic Factors on Pest Abundance and Biological Control of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) in Michigan (Doctoral dissertation, Michigan State University).
- Mikaia, N. (2018). EPNs *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora* for Control of the Brown Marmorated Stink Bug (BMSB) *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae). *Bull. Georg. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 12(3).
- Miles, P. W. (1972). The saliva of Hemiptera. In *Advances in Insect Physiology*, 9, 183-255. *Academic Press*.
- Milonas, P. G., y Partsinevelos, G. K. (2014). First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece. *EPPO Bulletin*, 44(2), 183-186.

- Ministerio de Medio Ambiente, M. R., y M. (2009). Cuarto informe nacional sobre la diversidad biológica. <https://www.cbd.int/doc/world/es/es-nr-04-es.pdf>
- MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). (2023). *Lista de especies exóticas preocupantes para la Unión Europea y para sus regiones ultraperiféricas*. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-lista-UE.aspx> [Con acceso: 10/06/2023].
- Moraglio, S. T., Tortorici, F., Pansa, M. G., Castelli, G., Pontini, M., Scovero, S., y Tavella, L. (2020). A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 93, 183-194.
- Morillo, E., y Villaverde, J. (2017). Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, 586, 576-597.
- Morrison, W. R., Poling, B., y Leskey, T. C. (2017). The consequences of sublethal exposure to insecticide on the survivorship and mobility of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Pest Management Science*, 73(2), 389–396.
- Musolin, D. L., Konjević, A., Karpun, N. N., Protsenko, V. Y., Ayba, L. Y., y Saulich, A. K. (2018). Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod-Plant Interactions*, 12(4), 517-529.
- Nesreen M. Abd El-Ghany.2019. Semiochemicals for controlling insect pests. *Journal of Plant Protection Research*, 59, (1), 1-11.
- Nielsen, A. L., y Hamilton, G. C. (2009). Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4), 608-616.
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., y Matadha, D. (2008). Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 37(2), 348-355.
- Nielsen, A. L., Shearer, P. W., y Hamilton, G. C. (2008). Toxicity of insecticides to *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) using glass-vial bioassays. *Journal of Economic Entomology*, 101(4), 1439-1442.
- Niti, C., Sunita, S., Kamlesh, K., y Rakesh, K. (2014). *Biorremediation : Aneemerging technology fot redemediation of pesticides*. *Research Journal of Chemistry and Environment* 17 (4), 88-105.
- Niva, C. C., y Takeda, M. (2003). Effects of photoperiod, temperature and melatonin on nymphal development, polyphenism and reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). *Zoological Science*, 20(8), 963-970.
- Parker, B. L., Skinner, M., Gouli, S., Gouli, V., y Kim, J. S. (2015). Virulence of *BotaniGard®* to second instar brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Insects*, 6(2), 319-324.
- Pajač Živković, I., Juric, S., Vinceković, M., Galešić, M. A., Marijan, M., Vlahovicek-Kahlina, K., Mikac, K. M., y Lemic, D. (2020). Polyphenol-based microencapsulated extracts as novel green insecticides for sustainable management of polyphagous brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål, 1855). *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1-16.
- Pajač Živković, I., Mulamehmedović, J., Göldel, B., y Lemić, D. (2022). Sexual dimorphism of brown marmorated stink bug. *Journal of Central European Agriculture*, 23(1), 62-68.
- Petrovan, S., Aldridge, D., Smith, R., White, T., y Sutherland, W. (2022). *Halyomorpha halys* invasion front jumps 1,500 kilometres to reach the Canary Islands; a framework for rapid response, identification of urgent questions, and assessment of potential impacts. *ARPHA Preprints*, 3, e84924.
- Pote, J. M., y Nielsen, A. L. (2017). Life stage specific predation of *Halyomorpha halys* (Stål) by generalist predators. *Biological Control*, 114, 1-7.
- Powell, G., Barclay, M. V. L., Couch, Y., & Evans, K. A. (2021). Current invasion status and potential for UK establishment of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *British Journal of Entomology and Natural History*, 34, 9-21.
- Prakash, S., y Verma, A. K. (2022). Anthropogenic Activities and Biodiversity Threats. *International Journal of Biological Innovations*, 04(01), 94-103.
- Preston, C. E., Agnello, A. M., Vermeylen, F., y Hajek, A. E. (2020). Impact of *Nosema maddoxi* on the survival, development, and female fecundity of *Halyomorpha halys*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 169, 107303.
- Rabitsch, W., y Friebe, G. J. (2015). From the west and from the east? First records of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). in *Vorarlberg and Vienna, Austria. August*, 126–129.
- Real Decreto 630 de 2013 [Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente]. Por medio del cual se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras se definen, por primera vez, los taxones

- integrantes. 2 de agosto de 2013.
- Reglamento (UE) n.º 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras.
- Ribeiro, A. V., Holle, S. G., Hutchison, W. D., y Koch, R. L. (2021). Lethal and Sublethal Effects of Conventional and Organic Insecticides on the Parasitoid *Trissolcus japonicus*, a Biological Control Agent for *Halyomorpha halys*. *Frontiers in Insect Science*, 1(June), 1-12.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively, G., Fraser, H., Garipey, T., Hamilton, G., Haye, T., Herbert, A., Hoelmer, K., Hooks, C. R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T., Martinson, H., Mitchell, W., Nielsen, A. L., Tooker, J. F. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), 1-13.
- Roca-Cusachs, M., Fernandez, D., Adriana, L., Colomar, E., y Goula, M. (2018). New records of the invasive alien plant pest *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) in the Iberian Peninsula (Heteroptera: Pentatomidae). *Butlletí de La Institució Catalana d'Història Natural*, 0(0), 73-77.
- Rot, M., Maistrello, L., Costi, E., y Trdan, S. (2022). Biological Parameters, Phenology and Temperature Requirements of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in the Sub-Mediterranean Climate of Western Slovenia. *Insects*, 13(10), 956.
- Rondoni, G., Chierici, E., Marchetti, E., Nasi, S., Ferrari, R., and Conti, E. (2022). Improved captures of the invasive brown marbled stink bug, *Halyomorpha halys*, using a new multimodal trap. *Insects*, 13(6), 527.
- Roversi, P. F., Binazzi, F., Marianelli, L., Costi, E., Maistrello, L., y Sabbatini Peverieri, G. (2016). Searching for native egg-parasitoids of the invasive alien species *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera, Pentatomidae) in Southern Europe. *Redia*, 99, 63-70.
- Richardson, KV, Alston, DG, and Spears, LR (2023). Efficacy of kairomone lures to attract *Halyomorpha halys* parasitoids. *Insects*, 14(2), 125.
- Šapina, I., y Jelaska, L. Š. (2018). First report of invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) in Croatia. *EPPO Bulletin*, 48(1), 138-143.
- Saunders, J. L. (1998). Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central (Vol. 52). CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).
- Šeat, J. E. (2015). *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) A New Invasive Species in Serbia. *Acta Entomologica Serbica*, 20, 167-171.
- Simov, N. (2016). The invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) already in Bulgaria. *Ecologica Montenegrina*, 9, 51-53.
- Song, H., Jung, M., Hwang, S., Kim, J., Kim, D., y Lee, D. H. (2022). Survey of overwintering *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in ports of export and natural landscapes surrounding the ports in Republic of Korea. *Plos One*, 17(8), 1-14.
- Stoeckli, S., Felber, R., y Haye, T. (2020). Current distribution and voltinism of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Switzerland and its response to climate change using a high-resolution CLIMEX model. *International journal of biometeorology*, 64, 2019-2032.
- United Nations (2020). The Sustainable Development Goals Report. Disponible en: <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>> [Con acceso: 18/06/2023].
- Talamas, E. J., Herlihy, M. V., Dieckhoff, C., Hoelmer, K. A., Buffington, M., Bon, M. C., y Weber, D. C. (2015). *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerges in North America. *Journal of Hymenoptera Research*, 43, 119-128.
- Tozlu, E., Saruhan, I., Tozlu, G., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., y Tekiner, N. (2019). Potentials of some entomopathogens against the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1-8.
- Tillman, G., Toews, M., Blaauw, B., Sial, A., Cottrell, T., Talamas, E., Buntin D, Joseph S, Balusu R, Fadamiro H, Lahiri S., y Patel y Patel, D. (2020). Parasitism and predation of sentinel eggs of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), in the southeastern US. *Biological Control*, 145, 104247.
- Tunca, H., Cosic, B., Colombel, E. A., Venard, M., Capelli, M., y Tabone, E. (2020). Performance of *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera: Encyrtidae) on two host species, *Halyomorpha halys* and *Philosamia ricini*. *Journal of Applied Entomology*, 144(10), 961-967.
- EPPO (2023). EPPO Global Database. Disponible en: <https://gd.eppo.int> [Con acceso: 21/05/2023].
- Van der Heyden, T., Saci, A., y Dioli, P. (2021). First record of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) in Algeria and its presence in North Africa (Heteroptera: Pentatomidae). *Volumen XII Nüm*, 1(October), 147-154.

- Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biological Control*, 57(1), 1-20.
- Van Lenteren, J. E., y Woets, J. V. (1988). Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual review of Entomology*, 33(1), 239-269.
- Van Lenteren, J.C. y Bueno, V.H.P. (2003). Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *Biological Control*, 48, 123-139.
- Vétek, G., Papp, V., Haltrich, A., y Rédei, D. (2014). First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes. *Zootaxa*, 3780(1), 194-200.
- Vilá, M., P., G.-M., y Montero-Castaño, A. (2010). Las invasiones biológicas bajo un escenario de Cambio Climático. *Impactos y Vulnerabilidad*, 313-318.
- Vilela, E. F., Lúcia, T., y Della, M. C. (2001). Feromônios de insetos: biologia, química e aplicação. In *Feromônios de Insetos: Biologia, Química e Aplicação*, (pp. 206-206).
- Waage, J. K., y Greathead, D. J. (1988). Biological control: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318(1189), 111.
- Watanabe M, Arakawa R, Shinagawa Y, Okazawa T (1994) Overwintering flight of brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* to the buildings. *Medical Entomology and Zoology*, 45, 25-31 (in Japanese with English summary).
- Weber, D. C., Morrison, W. R., Khrimian, A., et al. (2017). Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications. *Journal of Pest Science*, 90, 989-1008.
- Wermelinger, B., Wyniger, D., y Forster, B. (2008). First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Bulletin de La Société Entomologique Suisse*, 81(November), 1-8.
- Weseloh, R.M. y Hare, D. (2009). Predation/Predatory Insects. En: V.H. Resh y R.T. Cardé (eds.), *Encyclopedia of Insects*. Elsevier, Academic Press.
- Wiman, N. G., Walton, V. M., Shearer, P. W., Rondon, S. I., y Lee, J. C. (2015). Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88(1), 37-47.
- Wu, Y. (2007). Mile-a-Minute Weed and its Biological Control Using Plant Pathogens. *International Workshop On Biological Control Of Invasive Species Of Forests*, 186. [http://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/IWBCISF\\_proceedings.pdf#page=89](http://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/pdfs/IWBCISF_proceedings.pdf#page=89)
- Witzgall P., Kirsch P., Cork A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1): 80-100.
- Wyatt TD (2014) Pheromones and animal behavior: signals and chemical signatures. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zapponi, L., Nieri, R., Zaffaroni-Caorsi, V., Pugno, N. M., y Mazzoni, V. (2023). Vibrational calling signals improve the efficacy of pheromone traps to capture the brown marmorated stink bug. *Journal of Pest Science*, 96(2), 587-597.
- Zobel, E. S., Hooks, C. R. R., y Dively, G. P. (2016). Seasonal abundance, host suitability, and feeding injury of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Penatomidae), in selected vegetables. *Journal of Economic Entomology*, 109(3), 1289-1302.
- Zolla, C., y Márquez, E. Z. (2018). ¿Qué es el Convenio sobre la Diversidad Biológica? *Los Pueblos Indígenas de México*, 341-347.