



Figura 1. *Cydalima perspectalis* (Emili Bassols).

Desarrollo de métodos para una gestión integrada de la polilla del boj (*Cydalima perspectalis*) (Lepidoptera: Crambidae) en parques, jardines y espacios verdes

Desde la elevada afectación por la polilla del boj (*Cydalima perspectalis*), una especie exótica de origen asiático, en la ciudad de Olot (Girona) durante el 2017, se puso de manifiesto la necesidad de elaborar una gestión integrada basada en el desarrollo de este crámbido. Para ello, se ha registrado su dinámica de desarrollo anual, se ha medido la eficacia de diferentes tratamientos, se ha analizado las posibilidades del control biológico existente y se ha establecido un umbral de tolerancia.

El monitoreo realizado revela los tres periodos cuando la plaga causa daños y sitúa el umbral de tolerancia en 20 orugas/m². Se ha podido constatar que los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* son muy eficaces, incluso con orugas maduras, y que existe la posibilidad de disminuir la población mediante la liberación de tricogramas.

Sandra Las Heras

Orius Solucions Entomològiques. E-mail: info@orius.cat

Marc Arimany

Consorci de Medi Ambient i Salut Pública de La Garrotxa. SIGMA.

Jordi Artola

Dorcus, Observatori dels invertebrats.

Emili Bassols

Parc Natural de la Zona Volcànica de La Garrotxa.

Consecuencias de la afectación de la oruga del boj en La Garrotxa

Desde que se detectó la primera defoliación de un seto de boj (*Buxus sempervirens*) en la localidad de Besalú (comarca de La Garrotxa), provocada por la oruga del boj *Cydalima perspectalis* (Figura 1) en 2014 (Basols y Oliveras, 2014), esta especie invasora se fue expandiendo poco a poco hasta el verano de 2017, cuando este crámbido experimentó una explosión de la población, causando primero molestias por la cantidad de adultos volando alrededor de los puntos de luz y después provocando defoliaciones severas, tanto en setos de boj ornamental como en los bojadales naturales de los alrededores (Artola y col., 2019).

Durante la afectación de 2017, desde el municipio de Olot se realizó un monitoreo y se tomaron medidas de control, pero la falta de conocimiento sobre su desarrollo, su voracidad y la severidad con la que los boj es fueron afectados dificultaron su control e impidieron

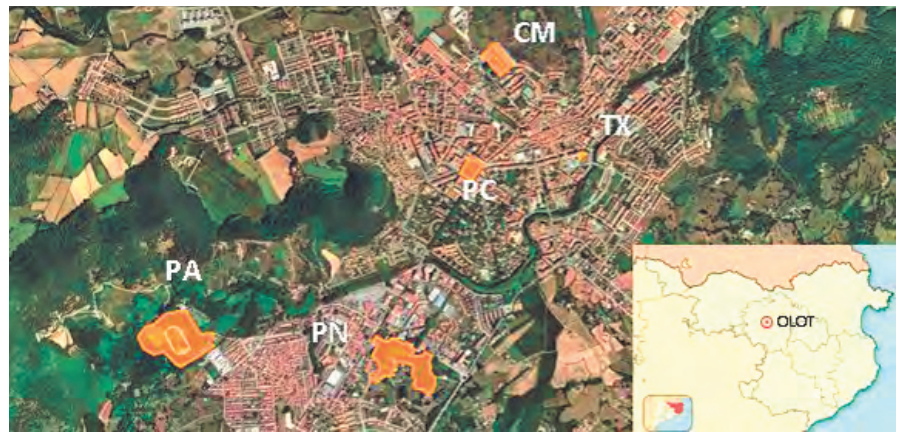


Figura 2. Localización de las zonas en la ciudad de Olot dónde se realizó el estudio: Parc nou (PN), Pista de atletismo (PA), Cementerio (CM), Plaça Clarà (PC) y Setos de la parada de taxis (TX).

que se pudiera actuar de manera anticipada. Para poder gestionar esta especie invasora a partir de una gestión integrada eficaz, era necesario plantear métodos de gestión basados en el desarrollo de esta especie en la zona.

Para ello, en 2018 se monitoreó y analizó el desarrollo de este lepidóptero en los setos de boj ornamental y al mismo tiempo se ensayaron y evaluaron diferentes medidas de

gestión mediante ensayos con distintos tratamientos fitosanitarios y evaluando las posibilidades del control biológico existente.

Los distintos ensayos se realizaron en diferentes espacios verdes de la localidad de Olot tal y como muestra la Figura 2. En todos los espacios verdes escogidos los setos de boj conforman un elemento principal y característico del entorno.



Figura 3. Monitoreo semanal de las diferentes fases de desarrollo de *C. perspectalis* y del nivel de daño observado en las diferentes zonas: Plaça Clarà, Parc Nou y Zona Taxis.

Desarrollo anual en setos de boj ornamental y umbral de tolerancia

Esta especie exótica, aparte de ser multivoltina, tiene comportamientos distintos en función de las condiciones climáticas y de la zona donde se desarrolla. En el centro de Europa se han registrado distintos períodos de vuelo muy marcados (Nacambo y col., 2014; Götting y Herz, 2017), mientras que en Galicia se ha observado diferentes generaciones anuales en función de las condiciones climáticas de cada temporada (Pérez-Otero y col., 2018), patrón similar a lo observado en su zona de origen (Wan y col., 2014). Esta variabilidad en su comportamiento muestra la importancia de realizar un monitoreo para conocer el comportamiento de cada zona.

Para conocer el desarrollo de este lepidóptero en los setos de boj de nuestra zona se delimitó una parcela de monitoreo de 1 m², repartida en dos subparcelas de 0,5 m² cada una, en tres zonas verdes de la ciudad de Olot (Parc nou, Plaça Clarà y la zona de los Taxis). Semanalmente, en cada parcela de monitoreo se realizó un recuento de todos los individuos de los diferentes estadios inmaduros hallados, diferenciando orugas jóvenes, orugas maduras, pupas y puestas. Se anotó también el nivel de daño general observado en cada zona siguiendo los criterios expuestos en la Tabla 1. Paralelamente, la curva de vuelo de Olot se obtuvo de otro estudio sobre la biología y la ecología de este lepidóptero que también se ha realizado en la zona de La Garrotxa (Artola y col. 2019).

Los resultados del monitoreo semanal, expuestos en la Figura 3, muestran cómo existen tres momentos del ciclo anual donde se encuentran orugas activas. El primero, entrada la primavera, cuando las orugas salen de la hibernación, se activan y se empiezan a desarrollar. Un segundo, en verano, donde se observan las orugas procedentes de las puestas del primer vuelo, y un tercero, más extendido en el tiempo, donde se mezclan las orugas procedentes de las puestas del segundo vuelo con las orugas del tercero. De las orugas que provienen del segundo vuelo, solo un porcenta-

Nivel	Nivel de daño
0 (Nulo)	No se observan daños.
1 (Bajo)	Se observan algunas zonas defoliadas < 5 zonas/planta o per 1m lineal de seto.
2 (Medio)	Se observan zonas defoliadas con alguna zona clorótica y seca. < ¼ parte del seto afectado.
3 (Alto)	Se observan partes de la planta con zonas defoliadas cloróticas y secas. Entre ¼ y ½ de las partes del seto afectado.
4 (Muy Alto)	Se observan zonas enteras de la planta defoliadas, cloróticas y secas. > ½ partes del seto afectado.
5 (100%)	Planta totalmente defoliada e incluso con partes de la corteza roídas.

Tabla 1. Escala de valores de los niveles de daño.



Figura 4. Esquema del diseño experimental del ensayo de eficacia de diferentes tratamientos (Plaça Clarà). En distintos colores las parcelas tratadas en: rojo con BT (*Bacillus thuringiensis var. kustaki*), en amarillo con PIRE (piretrinas naturales), en azul con EPN (nematodos entomopatógenos) y en gris la parcela control. Los puntos situados en el interior de las zonas tratadas simbolizan las parcelas de monitoreo.

je muy reducido, las que eclosionan a principio de agosto, no hibernan y completan el ciclo en el año, todo el resto no evolucionan y realizan los capullos invernales.

Comparando el nivel de daño en los setos con el monitoreo se puede observar cómo, a partir de una población de orugas, el nivel de daño observado pasa de 'bajo' a 'alto' muy rápidamente, pasando de tener un seto con casi todas las hojas a un seto prácticamente defoliado. Por lo contrario, en bajas poblaciones de orugas, el nivel de daño no aumenta y se mantiene entre 'bajo' o 'medio'. En este caso, si no se actúa para reducir la cantidad de orugas, estas llegan a defoliar totalmente el seto de boj; es decir, el umbral de tolerancia nosotros la situamos alrededor de las veinte orugas por metro cuadrado de seto de boj.

Medición de la eficacia de diferentes tratamientos fitosanitarios

Existen métodos de control que pueden llegar a reducir las poblaciones de este crámbido, ya sea con aplicaciones de microorganismos entomopatógenos o de nematodos entomopatógenos o con la utilización de productos químicos de contacto. Ahora bien, la rapidez de su efecto tóxico y la posible actuación sobre individuos no diana varían en función del producto o del microorganismo utilizado (Lefort, y col., 2014; Cartier y Cornillon, 2016).

Para poder desarrollar métodos de gestión de esta polilla que sean eficaces y a la vez de bajo riesgo para los organismos no diana, se escogió medir la eficacia de las piretrinas naturales, del microorganismo ento-

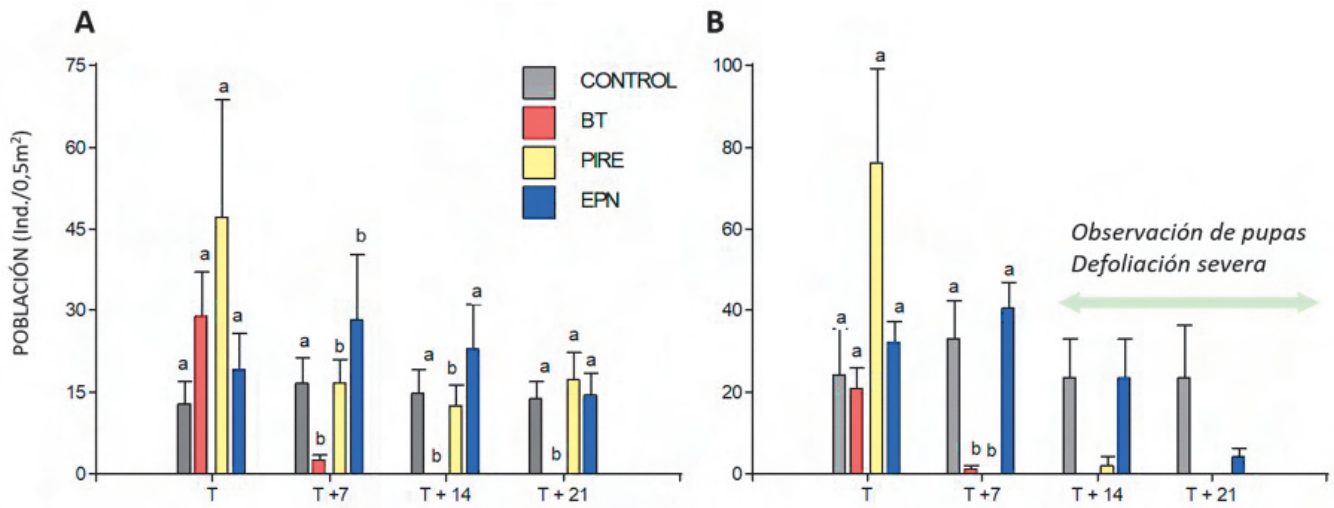


Figura 5. Comparación de la población observada antes del tratamiento (T), 7 días después del tratamiento (T₇), 14 días después del tratamiento (T₁₄) y 21 días después del tratamiento (T₂₁) para la población de primavera (A) y la población de verano (B). Columnas de color: gris = Control, rojo = BT (*Bacillus thuringiensis* var. *kustaki*), amarillo = PIRE (piretrinas naturales), azul = EPN (nematodos entomopatógenos). Letras diferentes en cada tratamiento significan diferencias significativas con la población observada antes del tratamiento.

mopatógeno *Bacillus thuringiensis* (Bt) y del nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* (Tabla 2). Esta eficacia se midió en setos con afectación natural y bajo condiciones climáticas naturales, ya que el objetivo era observar en condiciones reales si una vez realizados los tratamientos, la población de este crámbido disminuía y en qué momento.

Estos ensayos se realizaron en las tres zonas del monitoreo anteriormente citadas. En cada zona se estableció una parcela para cada tratamiento y una para el control, sin tratar (Figura 4). En cada una, se localizaron dos parcelas de conteo de 0,5 m². Se realizaron cuatro conteos: antes del tratamiento (T₀), siete días después (T₇), catorce días después (T₁₄) y 21 días después (T₂₁). De manera simultánea al conteo, en cada parcela se contabilizaron todos los individuos hallados vivos. Este procedimiento se realizó dos veces, en abril, a primeras horas del día, y en julio, durante la noche. En esta última, no se realizó el ensayo en el Parc Nou debido a la alta afectación que presentaba. La comparación de la población antes y después del tratamiento se ha realizado mediante el test de Wilcoxon y la eficacia de los tratamientos se ha corregido acorde con Henderson y Tilton para poblaciones no uniformes.

En la Figura 5 se observa como en la parcela control no se muestra

Tratamiento	Sustancia activa o microorganismo	Concentración	Dosis
EPN (Nematodos entomopatógenos)	<i>Steinernema carpocapsae</i>	1 millón EPN/l,	1-2l/m ²
BT (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kustaki</i>	32 millones de CLU/g	0,25 – 0,5 kg/ha
PN (Piretrinas naturales)	Piretrina natural	4%	0,1 - 0,2%
Control	--	--	--

Tabla 2. Lista de productos utilizados en el ensayo de eficacia de tratamientos.

ninguna diferencia significativa en la población de orugas en ninguno de los casos (Wilcoxon, Primavera: T₇, T₁₄, y T₂₁; p-valor = 0,2112, 0,5482 y 0,8354; verano: T₇; p-valor = 0,5866).

En las parcelas tratadas con Bt ya se observaron diferencias significativas en las poblaciones de orugas a partir de los siete días después del tratamiento, tanto en primavera como en verano (Wilcoxon, Primavera: T₇, T₁₄, y T₂₁ p-valor < 0,05; verano: T₇; < 0,05). En las parcelas tratadas con piretrinas también se observaron diferencias significativas a la semana en los dos tratamientos, pero, en este caso, en primavera, en la tercera semana la población volvió a los niveles de antes del tratamiento, posiblemente a causa de una recolonización (Wilcoxon, Primavera: T₇ y T₁₄, p-valor < 0,05 y T₂₁ p-valor = 0,1508; verano: T₇; < 0,05). Finalmente, en las parcelas tratadas con nematodos no se

observó ninguna disminución significativa de la población en ningún caso, observándose un patrón de la evolución de la población similar al de la parcela control. Incluso, a los siete días se observó un aumento significativo (Wilcoxon, Primavera: T₇, T₁₄, y T₂₁; p-valor = 0,0296, 0,5482 y 0,8354; verano: T₇; p-valor = 0,4474).

En relación a la eficacia de los tratamientos, reflejada en la Figura 6 y 7, todos los tratamientos con Bt alcanzaron el 80% de eficacia en la primera semana y el 100% en la segunda. En los tratamientos con piretrinas realizados en primavera, la eficacia llegó como máximo al 60%, mientras que se alcanzó el 100% en los tratamientos de verano realizados durante la noche. En la Plaça Clarà, en la segunda semana, se observa una recolonización momentánea de orugas. Por último, la población de orugas en todas las zonas tratadas con nemato-

transferencia tecnológica

| ornamentales |

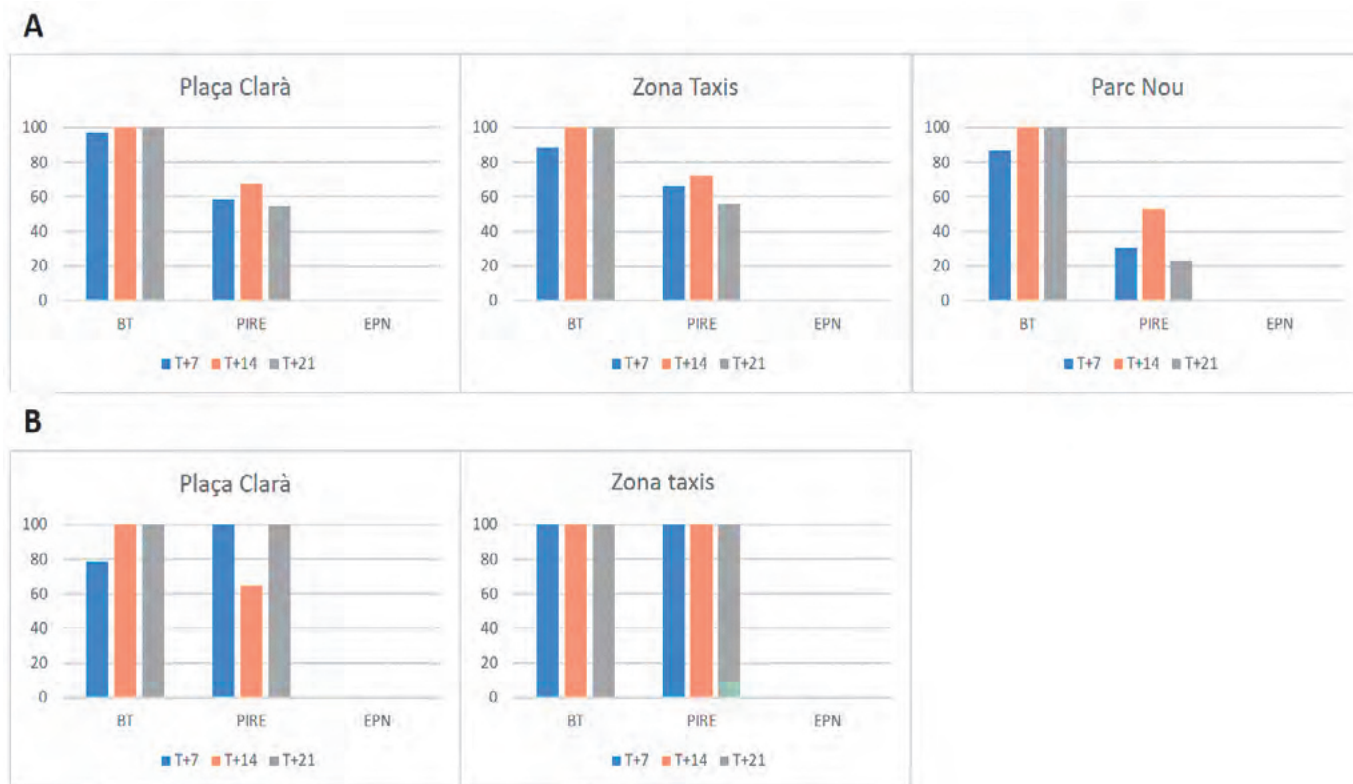


Figura 6. Medición de la eficacia corregida acorde con Henderson y Tilton de los diferentes tratamientos realizados sobre la población de orugas de *C. perspectalis* de primavera (A) y de población de verano (B). *BT* = *Bacillus thuringiensis* var. *kustaki*, *PIRE* = piretrinas naturales, *EPN* = nematodos entomopatógenos. Columnas: azul = T_7 (7 días después del tratamiento), naranja = T_{14} (14 días después del tratamiento) y gris = T_{21} (21 días después del tratamiento).

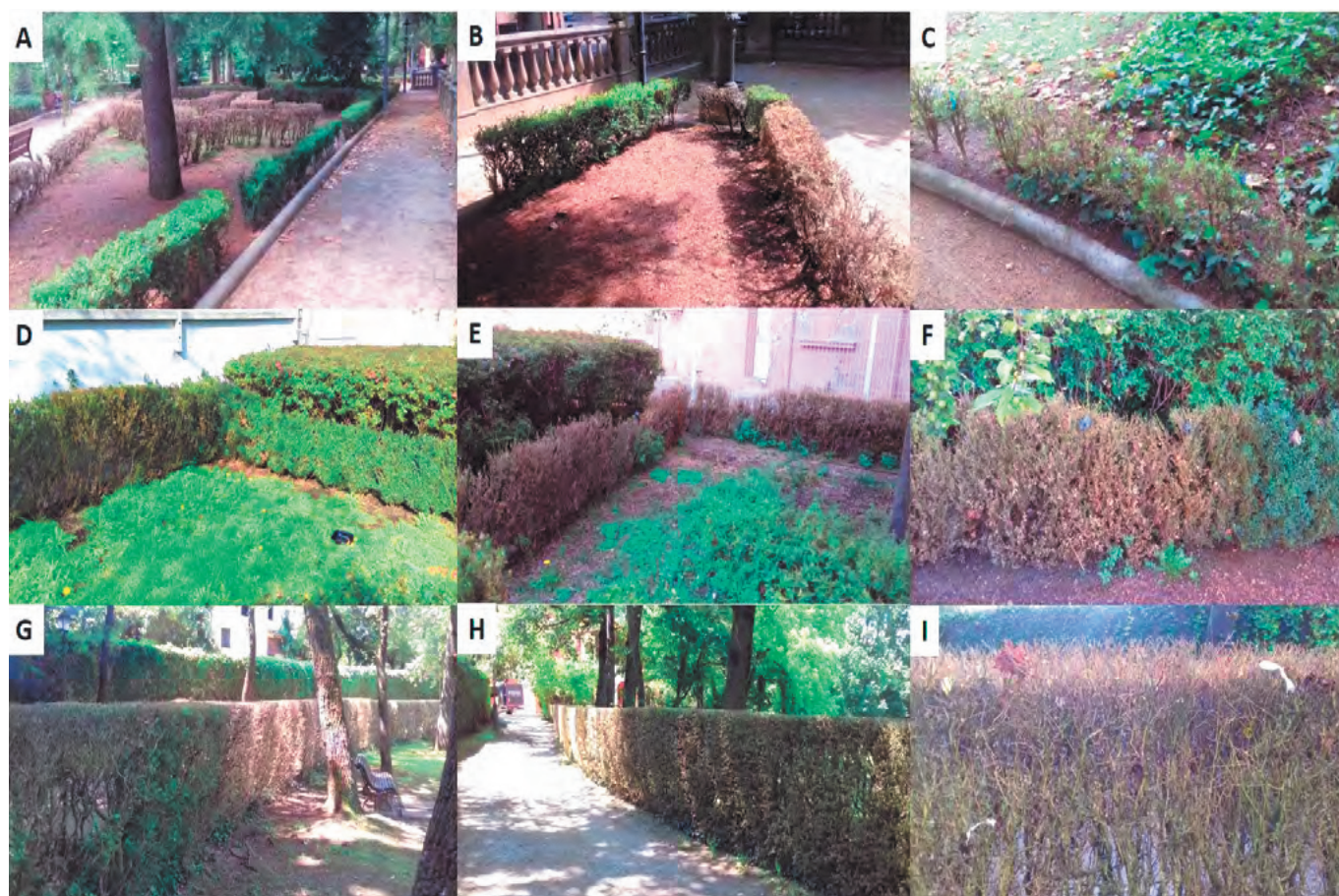


Figura 7. Resultado de los ensayos de eficacia de tratamientos en las diferentes zonas. **Plaça Clarà:** **A:** *Bt* en el seto de la derecha, control en el centro; **B:** *EPN* en el seto de la derecha, *Bt* en el seto de la izquierda; **C:** Piretrinas naturales. **Zona de los taxis:** **D:** *Bt* seto de la derecha, Piretrinas naturales seto de la izquierda; **E:** *EPN*; **F:** Control. **Parc nou:** **G:** *Bt* parte del seto cercano, Control y *EPN* el resto; **H:** *EPN*; **I:** Piretrinas naturales.

Hacia una gestión integrada de la oruga del boj en espacios verdes

Para realizar una gestión integrada de este crámbido es necesario tener un buen conocimiento de su biología y sus fases de desarrollo. En nuestra zona hemos observado tres momentos donde hay orugas que puedan causar daño, cada uno con características diferentes.

El primero, en primavera, cuando las orugas salen de la hibernación y se desarrollan lentamente de manera sincronizada, es un buen momento para actuar sobre las orugas mediante tratamientos fitosanitarios. El segundo se sitúa justo después del primer vuelo, a principios de verano, momento en el que se puede actuar sobre las puestas con tricogramas para disminuir la cantidad de orugas que eclosionarán o mediante tratamientos fitosanitarios para las orugas. En este caso, se debe tener en cuenta diferentes aspectos: que las orugas se desarrollan muy rápidamente, que son muy voraces y que ya se empieza a ver una desincronización en el desarrollo, lo que provoca que en una misma zona cohabitan diferentes fases de orugas y diferentes niveles de daños. En este momento, el umbral de tolerancia se supera rápidamente, por lo que hay poco tiempo de reacción y el nivel de daño aumenta rápidamente.

El tercero coincide cuando se juntan la segunda generación con la tercera parcial, en los meses de agosto a octubre. En este momento la cantidad de puestas es muy elevada, pero la mayoría de las orugas se desarrollan lentamente y se preparan para la

Para analizar las posibilidades de incorporar estos parasitoides en una gestión integrada de este crámbido, en primer lugar, se midió su capacidad de parasitismo en campo. Para ello, se realizó un tratamiento en la zona del cementerio de Olot durante la primera puesta a finales de junio, siguiendo la metodología descrita por la casa comercial: dos liberaciones separadas entre ellas quince días, situando un difusor cada 5 m lineales. Durante este tratamiento se marcaron un total de sesenta puestas (504 huevos): veinte puestas durante la primera liberación, veinte más siete días después y veinte más a los catorce días. El parasitismo de las puestas se contabilizó a los siete días después de su marcaje.

En segundo lugar, en este mismo espacio se midió el daño global de los setos tres semanas después de este tratamiento y de un segundo tratamiento, realizado durante las puestas del segundo vuelo a finales de agosto. El resultado fue que los tricogramas parasitaron un total del 61,7% de las puestas observadas (Figura 8). De esta manera se puede decir que estos tricogramas aceptan y parasitan los huevos en condiciones naturales.

El daño global después del primer tratamiento fue de entre medio y bajo, lo que significa que las orugas eclosionadas no defoliaron ni una tercera parte de los setos; en consecuencia, el daño fue aceptable. No obstante, el daño global después del segundo tratamiento fue muy alto, observándose los setos casi defoliados, de modo que el daño se sitúa en valores no aceptables, como se observa en la Figura 9.

PARASITISMO GLOBAL



PARASITISMO EN EL TIEMPO



Figura 8. Resultado del parasitismo en campo del tratamiento con tricogramas.

dos experimentó una evolución de la población similar al de la parcela control, por lo tanto, su eficacia fue nula en todos los casos.

Análisis de las posibilidades de control biológico existente

Actualmente, solo existe registrado como organismo de control biológico (OCB) para *C. perspectalis* una mezcla de parasitoides del género *Trichogramma* (*Tricholine Buxus*®). Si bien se ha descrito como una herramienta más para la gestión de este crámbido en zonas donde éste ya hace tiempo que está presente (Lepilleur y col., 2017; Götting y Herz, 2016), no hay ninguna experiencia descrita en zonas recientemente afectadas.



Figura 9. Resultados de los tratamientos con tricogramas. A: Después del primer tratamiento en las puestas del primer vuelo. B: Después del segundo tratamiento sobre las puestas del segundo vuelo.

hibernación. En este caso, la desincronización es alta y se observa un periodo con puestas desde finales de agosto hasta octubre, es decir, durante más de un mes. En este caso, un tratamiento con tricogramas puede ser interesante para disminuir la cantidad de orugas pequeñas, pero en todo caso, no será suficiente. Asimismo, si se espera demasiado en realizar el tratamiento para las orugas y la cantidad de estas supera el umbral de tolerancia, estas pueden llegar a defoliar completamente el seto.

De los tratamientos que se han ensayado, el tratamiento con *Bacillus thuringiensis* ha resultado ser el más eficaz ya que en una semana alcanza una efectividad del 80%; además, es efectivo sobre todos los tamaños de orugas. Las piretrinas naturales solo son efectivas si se aplican de noche, mientras que la cantidad de nematodos entomopatógenos que hemos ensayado no ha sido eficaz en ninguno de los casos probados.

El tratamiento con tricogramas puede ser útil para disminuir la cantidad de orugas eclosionadas y por lo tanto para bajar la presión de la plaga, observándose una disminución del 60%. No obstante, si la cantidad de puestas es alta, la cantidad de orugas eclosionadas puede superar el umbral de tolerancia y llegar a defoliar

totalmente el seto.

Por último, destacar la necesidad de realizar monitoreos de los estadios inmaduros para observar qué está pasando directamente sobre el seto. La polilla del boj es una especie multivoltina de crecimiento explosivo y de desarrollo desincronizado a medida que se van sucediendo las generaciones, por lo tanto, para decidir el momento idóneo para realizar cualquier tipo de actuación, y sobre todo para asegurar su eficacia, es fundamental disponer de los resultados del monitoreo, teniendo en cuenta el umbral de tolerancia establecido en las 20 orugas/m².

Con estos resultados, se puede concluir que es posible una gestión integrada en setos de boj ornamental siempre que esté basada en el monitoreo, se respete el umbral de tolerancia y se utilicen las medidas de control más adecuadas para cada fase de desarrollo. Los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* y en menor medida las piretrinas naturales, se consideran una buena herramienta de control para las orugas, complementariamente los parasitoides de huevos puede ser una herramienta útil para disminuir la población en momentos puntuales.

Asimismo, existen otras medidas de

control para otros lepidópteros que podrían ser prometedoras para este crámbido y tendrían que tenerse en cuenta para futuros estudios.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Associació de Professionals dels Espais Verds de Catalunya y el Ayuntamiento de Olot.

Abstract

From the high affectation by the Box tree moth (*Cydalima perspectalis*) in the city of Olot (Girona) during 2017, the need to develop an integrated pest management based on the development of this crambid became evident. Thus, its annual development dynamics have been registered, the effectiveness of different treatments has been measured, the possibilities of the existing Biological Control have been analysed and a tolerance threshold has been established.

The observation performed reveals three periods when the plague causes damage and places the action threshold at 20 caterpillars/m². It has been found that treatments with *Bacillus thuringiensis* are very effective even with mature caterpillars and that it is possible to reduce the population by *Trichogramma* releases.

Bibliografía

- ! Artola, J., Bassols, E., Las Heras, S. y Arimany, M. 2019. Cicle biològic i fenologia de la papallona del boj *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) a la Garrotxa (Catalunya). *Butlletí de la Societat Catalana de Lepidopterologia*, en premsa.
- Bassols, E. y Oliveras, J. 2014. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), una nova espècie invasora a Catalunya (Lepidoptera: Pyraloidea, Crambidae, Spilomelinae). *Butlletí de la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 105: 71-78.
- Cartier, A. y Cornillon, M. 2016. Quatre produits de biocontrôle testés contre la pyrale du buis. *Phytoma (France)*: 695, 14-17.
- Götting, S. y Herz, A. 2016. Are egg parasitoids of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) promising biological control agents for regulating the invasive Box tree pyralid, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae)? *Biocontrol Science and Technology*, 26 (11): 1471-1488.
- Götting, S. y Herz, A. 2017. Observations on the seasonal flight activity of the box tree pyralid *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Rhine-Main Region of Hessa. *Journal of Cultivated Plants*, 69 (5): 157-165.
- Lefort, F., Bovigny, P.-Y., Cochard, B., Mac Gilly, L. y Pelleteret, P. 2014. La lutte s'organise contre la pyrale. *La Forêt*: 12-15.
- Lepilleur, T., Brancacciò, L., Soussan, T., Baby, P., Aveline, S., Duval, C. y Lemarche, S. 2017. Efficacité des trichogrammes contre la pyrale du buis. *Phytoma (France)*, 705: 20-25.
- Nacambo, S., Leuthardt, F., Wan, H., Li, H., Haye, T., Baur, B., Weiss, R. M. y Kenis, M. 2014. Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 138: 14-26.
- Pérez-Otero, R., Rodríguez-Acevedo, A. y Mansilla, J. 2018. *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859). *Bolboretas do buxo*. Deputación de Pontevedra, Estación Fitopatológica do Areiro. Ficha Técnica, 67.
- Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. y Li, H. 2014. Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe? *Journal of Applied Entomology*, 138 (10): 715-722.