



Estudi preliminar d'enemics naturals de *Cydalima perspectalis* a les Illes Balears

Informe final

Sr. Cayetano Herrera López
Dra. Maria del Mar Leza Salord

Palma, 10 de Març de 2021



Índex

Introducció.....	3
Objectiu general.....	7
Objectius específics.....	7
Obj. 1: Estudiar els parasitoids de l'eruga del boix presents a les Illes Balears.....	7
Obj. 2: Avaluar la viabilitat de l'ús en camp de parasitoids comercials.....	25
Obj. 3: Avaluar l'eficàcia dels parasitoids comercials.....	46
Agraïments.....	55
Bibliografia.....	55



A continuació es presenta l'informe final del projecte.

Tot i que la situació sobrevinguda, provocada per la declaració de l'estat d'alarma per la gestió de la situació de crisi sanitària ocasionada per la covid-19, ha suposat una limitació per a la llibertat de circulació i restriccions d'accés a les instal·lacions de feina, aquesta no ha implicat un impacte per al correcte desenvolupament del projecte. Únicament hi podria haver un desfasament respecte al pla de treball aproximat que contemplàvem, o alguna adaptació que valorem com a positiva (s'ha hagut de fer cria en condicions controlades de *Cydalima perspectalis* per poder dur a terme l'activitat 3.1, i això ens permetrà estudiar altres aspectes no contemplats al projecte com l'estudi del cicle biològic de la plaga).

Introducció

En plena globalització, s'ha produït un augment del comerç que, sumat a les baixes mesures de bioseguretat, han derivat en un nombre sense precedents d'invasions biològiques. Aquestes invasions biològiques tenen nombrosos efectes negatius en els ecosistemes, sent la principal amenaça per a la biodiversitat (EEA 2007). En general, es poden classificar quatre grans grups d'impactes d'espècies invasores. Es tracta d'impactes sobre (1) biodiversitat, (2) serveis ecosistèmics (3) salut humana i (4) activitats econòmiques. Això inclou, per exemple, efectes genètics sobre espècies indígenes o la seva extinció, interrupció de les comunitats vegetals i paisatges culturals, reducció de la collita principalment a l'agricultura, la silvicultura i la pesca, efectes sobre la infraestructura, maneres de transport i disponibilitat d'aigua, així com la possible actuació com a vectors per a noves malalties (Kenis et al. 2009; EEA 2012).

L'eruga del boix *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) es un clar exemple d'invasió biològica a les Illes Balears.

La recopilació de dades referents a la biologia i l'ecologia de l'espècie, les vies d'introducció i els llocs de distribució és necessària per avaluar el potencial invasiu d'una espècie aliena i evitar la possible introducció d'un organisme nociu a zones específiques (Wittenberg i Cock 2001; Lodge et al. 2016).

L'eruga del boix originalment es va descriure com a *Phakellura perspectalis* Walker, 1859 (Mally i Nuss, 2010) i des de llavors el seu gènere a anat canviant a *Palpita* Hübner, 1808 (Muus et al., 2009), *Diaphania* Hübner, 1818 (Feldtrauer et al., 2009) i *Glyphodes* Guenée, 1854 (Maruyama, 1992). Finalment, al 2010 va ser inclosa al gènere *Cydalima* Lederer, 1863 després d'un exhaustiu estudi cladístic (Mally i Nuss, 2010), obtenint la següent classificació taxonòmica:

REGNE Animalia
FILO Arthropoda von Siebold, 1845
SUBFILO Hexapoda Latreille, 1825
CLASE Insecta Linnaeus, 1758
ODRE Lepidoptera Linnaeus, 1758
SUPERFAMÍLIA Pyraloidea Latreille, (1802)
FAMÍLIA Crambidae Latreille, 1810
SUBFAMÍLIA Spilomelinae Guenée, 1845

GÈNERE *Cydalima* Lederer, 1863
ESPÈCIE *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)

Aquesta papallona es és originària de les regions subtropicals humides de l'Àsia oriental (EPPO 2020a). La seva aparició a Àsia es coneix des de la Xina (Walker, 1859), Corea (Gu, 1970) i el Japó (Inoue et al., 1982). És una espècie exòtica invasora (no catalogada) que va ser detectada per primera vegada en el continent europeu a Alemanya al 2007 (Krüger, 2008). Aquest mateix any, es va afegir a la llista d'alerta EPPO però, atès que els països membres de l'EPPO no van sol·licitar cap acció internacional particular i no es va realitzar cap avaluació del risc de plaga, *C. perspectalis* va ser suprimit de la llista d'alertes el 2011 (EPPO 2020b). No es va suggerir classificar com a plaga de quarantena i no es van cercar enfocaments habituals per a la seva erradicació. Així, *C. perspectalis* es va convertir en invasora i en 13 anys s'ha estès ràpidament a més de 30 països d'Europa i Àsia menor (Feldtrauer et al., 2009; Fora i Pošta, 2015; Leuthardt et al., 2010; Mitchell et al., 2018; Sáfián i Horváth, 2011; Seljak, 2012; Salisbury et al. 2012; Straten i Muus, 2010), detectant-se a Espanya al 2013 (Otero et al., 2014).

Les primeres deteccions a les Illes Balears varen ser al 2018 a Mallorca i Formentera, detectant-se al 2019 a l'illa de Cabrera. Actualment a l'illa de Mallorca es troba distribuïda principalment a la Serra de Tramuntana, afectant a un total de 11 municipis (Pollença, Escorca, Selva, Alaró, Sóller, Bunyola, Valldemossa, Esporles, Banyalbufar, Felanitx i Santanyí) (Bioatles, CAIB 2019).

Existeixen diferents tipus de varietats de color en *C. perspectalis*. El fenotip més comú es blanc amb un marge marró fosc i petites marques blanques. El cos és blanc amb un segment abdominal de color marro (Figura 1, a) (Göttig et al., 2017). El cos i les ales del fenotip melànic es de color marró fosc gairebé uniforme a excepció de dues marques blanques (Figura 1, b) (Sáfián i Horváth, 2011; Székely, 2011). A més, existeix un fenotip intermedi amb un marge marró addicional al fenotip melànic (Pan et al., 2011). El fenotip melànic es pot identificar a l'etapa pupal.

Per altra banda, es tracta d'una espècie que presenta dimorfisme sexual. Els mascles, a diferència de les femelles, presenten als darrers segments abdominals un plomall de filaments (Göttig et al., 2017).

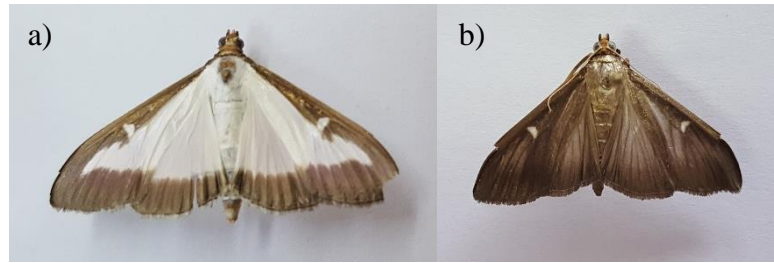


Figura 1: Varietats morfològiques de *Cydalima perspectalis*. a) adult, típic fenotípic blanc i b) fenotip melànic. Autor: C. Herrera

El seu cicle biològic es troba estretament associat a diverses espècies de boix *Buxus* spp. (Leuthardt i Baur, 2013). Pot afectar tant a plantes cultivades com aquelles d'ambits naturals, per la qual cosa pot suposar un impacte molt negatiu sobre els ecosistemes naturals. Aquest gènere de plantes és utilitzat com ornamentació en parcs i jardins, per la qual cosa es pot relacionar la seva comercialització amb la introducció d'aquesta papallona a Europa (Matošević, 2013). Actualment a Europa és una important plaga per a les espècies de *Buxus* autòctons, on s'ha vist que pot devastar més de 100 hectàrees de boscos naturals en tan sols una única generació durant l'estiu (Leuthardt i Ramin, 2011; Gninenko et al., 2014). Tot això és a causa del tipus d'alimentació de les larves, les quals provoquen una greu defoliació dels boixos, arribant a provocar la mort d'aquests individus (John i Schumacher, 2013).

El gènere de plantes *Buxus* sp. és utilitzat com ornamentació en parcs i jardins, per la qual cosa es pot relacionar la seva comercialització amb la introducció d'aquesta papallona a Europa (Matošević, 2013). A les Illes Balears hi ha dues espècies de boix: *Buxus sempervirens* L., àmpliament distribuït a Europa i part d'Àsia (Akinci i Kurdoğlu, 2019; Badano et al., 2019; Tang, 1993), i *Buxus balearica* Lam, espècie endèmica del Mediterrani Occidental, catalogada a les Illes Balears. Aquesta espècie endèmica ha disminuït la seva distribució dràsticament a causa del canvi climàtic i l'activitat humana realitzada durant segles (Lázaro i Traveset, 2006), i aquesta nova espècie exòtica invasora pot comprometre encara més la seva distribució.

El cicle biològic de *C. perspectalis* depèn de la temperatura i comença amb la fase d'ou, depositat per una femella a un *Buxus* sp (Göttig, 2017), que pot durar entre 3 i 15 dies (Maruyama, i Shinkaji, 1987). D'aquest ou surt una larva que s'alimenta del parènquima de les fulles del *Buxus* sp. fins arribar a la tercera fase larvària, que realitza una diàpauza durant l'hivern protegida amb

dues fulles unides amb fils de seda (Maruyama, i Shinkaji, 1987; 1991). A la primavera s'activen i tornen a alimentar-se de les fulles del boix fins arribar a la sisena fase larvària. Seguidament la larva pupa i transcorreguts de 8 a 10 dies emergeix l'adult, els quals son actius durant el vespre i la nit, s'aparella tan sols una vegada i pot arribar a depositar fins a 700 ous majoritàriament a la superfície inferior de les fulles a nous exemplars de boix (Cheng, 2005; Göttig, 2017). Aquest cicle es pot produir entre 3 i 5 vegades més al llarg de l'any, mentre la duració del dia sigui superior a 13.5 hores i la temperatura sigui superior a 10.1°C (Maruyama i Shinkaji 1987; Xiao et al. 2011).

Les poblacions d'alemanya presentaren una estacionalitat de finals de Maig fins Octubre (Göttig i Herz, 2017), identificant-se dos períodes de vol. La primera fase de vol va sorgir des de mitjan juny fins a finals de juliol, sorgint els adults de la generació hivernant. La segona fase de vol va ser des de mitjan agost fins a octubre, on el vol principal es va realitzar amb un pic al setembre. Així, segons els resultats de Göttig i Herz (2017) s'identificaven dos períodes de vol principals anualment.

Les larves son les causants de la defoliació i l'impacte a espècies de *Buxus* ornamentals i salvatges. Al emergir, les petites larves s'alimenten agregant-se, causant danys a la capa exterior de les fulles i formant nius aïllats a la planta de *Buxus*. Més tard, s'estenen i s'alimenten del fullatge, normalment escatinyant la vena foliar i sovint ataquen l'escorça (John i Schumacher, 2013). A causa del desenvolupament de diverses generacions a l'any, les poblacions de *C. perspectalis* poden arribar a nivells d'alta densitat donant lloc a una defoliació completa de plantes hostes (Göttig et al., 2017).

Existeixen diferents mètodes de prevenció i control front aquesta plaga, en funció de si es troba en àmbit urbà o forestal.

La detecció i control son un component molt important quan es tracta d'espècies invasores i cal tenir en compte la seva propagació, els nivells de població i la seva estacionalitat al l'area envaïda (Valles et al. 1991). Conèixer les fases de vol dels adult permet calcular el nombre de generacions completades, quin pot ser el seu impacte a l'ecosistema i, per tant, establir diverses mesures de control adaptades a cada etapa de desenvolupament que es produeixi al camp. Això pot reduir les aplicacions d'insecticides prescindibles, donant lloc a un sistema de control de plagues més eficient (Göttig et al., 2017). A més, en l'àmbit forestal, les directrius prioritàries de I+D marcades

per la Unió Europea referents a la protecció del medi ambient i la biodiversitat marquen una línia de control de baix impacte ambiental.

Actualment no hi ha informació disponible i actualitzada dels enemics naturals d'aquesta plaga a les Illes Balears. Per aquest motiu l'objectiu del present projecte es:

Objectiu general

Estudiar els enemics naturals de la plaga de l'eruga del boix (*Cydalima perspectalis*).

Objectius específics

1. Estudiar els parasitoids de l'eruga del boix presents a les Illes Balears.
2. Avaluar la viabilitat de l'ús en camp de parasitoids comercials.
3. Avaluar l'eficàcia dels parasitoids comercials.

Objectiu 1: Estudiar els parasitoids de l'eruga del boix presents a les Illes Balears

Per poder assolir aquest objectiu es dugueren a terme tres activitats: a) mostrejos d'ous, erugues i crisàlides per obtenir informació dels parasitoids naturals, b) col·locació de plaques cromàtiques per mostrejar la presència de parasitoids de lepidòpters adults i c) muntatge, conservació i identificació taxonòmica dels exemplars mostrejats al camp. A continuació s'explica el material i mètodes de cada una d'aquestes activitats i els principals resultats obtinguts.

Material i Mètodes:

Per una banda es varen mostrejar individus de *Cydalima*, en diferents estadis de desenvolupament, per tal de detectar la **presència natural de parasitoids en fase de parasitació**. Per tal de seleccionar les zones a mostrejar es varen fer dues sortides de camp amb l'equip de camp que ens indicà el Servei de Sanitat Forestal (18 i 19 de Maig de 2020). A la Figura 2 es mostren les sis àrees seleccionades pel mostreig amb presència de *Cydalima* (Caimari, Lluc, Cúber, Valldemossa, Estellencs i Pollença). Després d'entregar el primer informe parcial i seguint les indicacions del Servei de Sanitat Forestal, a partir del mes d'agost, es va incloure la zona de Pollença.



Figura 2: Ubicació de les àrees seleccionades pel mostreig amb presència de *Cydalima* (estrelles blanques).

S'han realitzat 16 mostrejos a cada d'un d'aquests cinc punts de la Serra de Tramuntana, 7 mostrejos en el cas de Pollença. Per obtenir informació de tots els possibles enemics naturals d'aquesta plaga, en concret dels seus parasitoids, s'han fet inspeccions visuals dels *Buxus* de cada zona i s'han recollit totes les **mostres d'ous, erugues i crisàlides** de *C. perspectalis* que es trobaren (Figura 3). És important destacar, que no es varen mostrejar els arbres destinats al seguiment poblacional i de depredació dels estudis del Servei de Sanitat Forestal.



Figura 3: Ous (senyalats amb una fletxa), Larva V-VI i Crisàlide trobats a les sortides de camp.
Autor: C. Herrera

Per tal de poder estudiar el parasitoides que emergeixen d'aquestes mostres, aquestes es varen mantenir en condicions ambientals (Figura 4). Cada mostra era introduïda en un pot d'emergència. La plaga va començar la hibernació la primera quinzena de novembre, tal i com es pot observar a la Taula 1. Tot i així es va decidir fer un mostreig addicional, durant la segona quinzena de novembre. S'han recollit un total de **2 ous, 337 larves i 9 crisàlides**.

Taula 1: Estadis immadurs de *C. perspectalis* recollits. Les cel·les amb un guió representa cap individu trobat.

Data	Caimari	Lluc	Cúber	Valldemossa	Estellencs	Pollença
18/05/20	-	-	-	2 larves V-VI	2 larves V-VI 1 crisàlide	
25/05/20	1 crisàlide	-	-	-	-	
04/06/20	-	5 crisàlides	-	-	-	
8/06/20	-	-	-	-	-	
15/06/20	-	-	-	-	-	
22/06/20	-	2 ous	-	-	-	
29/06/20	-	-	-	-	-	
20/07/20	-	-	-	-	1 larva I-IV 1 larva V-VI	
03/08/20	-	-	-	-	1 larva hibernant	

					2 larves II-III 1 larva III-V 2 crisàlides	
17/08/20	-	-	-	-	-	11 larves hivernant 6 larves I-II 1 larva V-VI
31/08/20	-	-	-	-	5 larves II-III	8 larves hivernant 13 larves II-III
14/09/20	-	-	-	-	-	8 larves hivernant 1 larva I 5 larves II 2 larves IV 1 larva V-VI
06/10/20	-	1 larva II-III	-	-	6 larves I 27 larves II 10 larves III	2 larves I 8 larves II 6 larves III
20/10/20	-	4 larves II-III	2 larves II-III	17 larves II-III	35 larves II-III	35 larves II-III
10/11/20	3 larves hivernant	-	2 larves hivernant	10 larves hivernant 2 larves II-III	14 larves hivernant	21 larves hivernant
25/11/20	-	-	-	5 larves hivernant	15 larves hivernant	41 larves hivernant

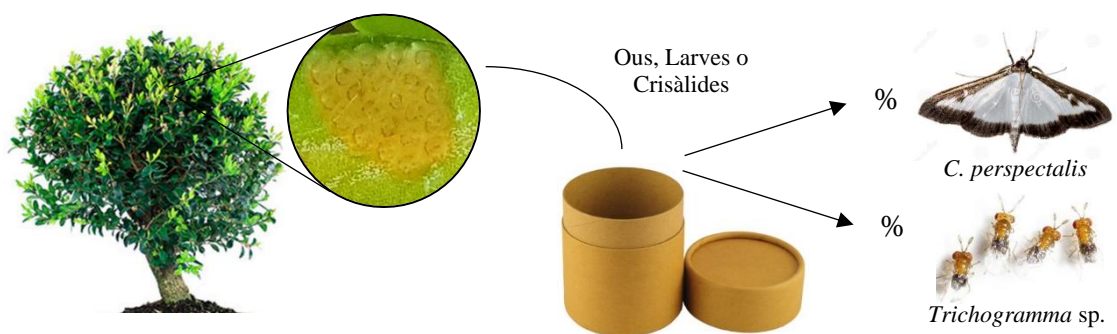


Figura 4: Esquema de treball per l'obtenció d'informació dels possibles parasitoides de *C. perspectalis* a les Illes Balears.

Per una altra banda, per tal de **mostrejar els parasitoids en fase adulta** es varen seleccionar cinc punts de la Serra de Tramuntana (Estellencs, Valldemossa, Cúber, Caimari i Pollença) amb presència de poblacions naturals de *Buxus*. A cada punt es varen col·locar tres **trampes cromàtiques** a diferents *Buxus* amb indicis d'afectació per *C. perspectalis*. Les trampes es varen renovar cada dues setmanes (Figura 5). Una vegada finalitzat l'estudi, es varen recollir un total de **165 trampes cromàtiques**.



Figura 5: Trampes cromàtiques col·locades a *Buxus* amb afectació de *Cydalima* per tal d'estudiar els seus possibles parasitoids. Autor: C. Herrera

Per a la preparació dels exemplars, les trampes cromàtiques es varen submergir en trementina (aiguarràs) per dissoldre l'aferrament; i filtrat el contingut amb una malla. Seguidament es varen introduir i **conservar** en etanol 70% per a la seva posterior identificació taxonòmica.

Tots els parasitoids trobats en el present estudi, tant en fase de parasitació com en fase adulta, es varen determinar a nivell de família o subfamília, amb l'objectiu de **determinar** si eren parasitoids de lepidòpters, mitjançant les claus de determinació de Barrientos (2004) i Goulet i Huber (1993).

Referent a el **anàlisi quantitatiu** es varen calcular els percentatges d'abundància de cada grup taxonòmic classificat per a cada zona mostrejada, diferenciant entre primavera (mostrejos del 18/05 al 15/06), estiu (26/06 al 14/09) i tardor (6/10 al 10/11).

Referent a el **anàlisi qualitatiu** es varen calcular els índexs de Shannon i de Simpson per a cada zona mostrejada i estació de l'any, realitzant una comparació geogràfica i temporal de la biodiversitat. L'índex de Shannon mesura la biodiversitat d'espècies o grups d'una zona; així com major sigui aquest valor més diversitat biològica es pot observar a la zona. L'índex d'uniformitat de Simpson (valors de 0 a 1) calcula la probabilitat de que dos individus capturats a l'atzar siguin de la mateixa espècie o grup, per tant com major sigui el valor de l'índex menys biodiversitat hi ha a la zona d'estudi. Les dades es presenten com a mitja \pm error estàndard de la mitja. Les diferències **estadístiques** de la biodiversitat geogràfica i temporal es van analitzar mitjançant una prova ANOVA i Kruskal-Wallis. Es va establir un nivell de significació α de 0,05 per a tots els tests estadístics.

Resultats i Discussió:

Referent als **parasitoids mostrejats en fase de parasitació**, del total de **348 mostres recollides** (2 ous, 337 larves i 9 crisàlides) només s'ha obtingut la emergència d'**un únic parasitoid**. Concretament, un dípter emergit d'una crisàlida trobada a Estellencs el dia 3 d'Agost (Figura 6). Es tracta d'una femella de *Compsilura coccinata*, una **dípter Tachinid parasitoid d'una gran varietat d'hostes lepidòpters, inclòs *Cydalima perspectalis***. Això representa que únicament el 0,29% de totes les postes recollides varen ser parasitades. Es tracta del segon estudi on es calcula el percentatge de parasitació per *C. coccinata* a *Cydalima*. A un estudi fet a França al 2017, es va trobat un percentatge superior, del 22% de les mostres recollides (també ous, larves i crisàlides com en el nostre estudi) que varen ser parasitades per aquest mateix dípter (Sangerman, 2018).



Figura 6: Femella de *Compsilura coccinata* emergida d'una crisàlide de *Cydalima perspectalis* trobada en Estellencs. El fons correspon a un paper mil·limetrat. Autor: C. Herrera

Factors importants per a l'acceptació dels ous d'hoste per part dels parasitoids són la forma, la mida i el moviment en combinació amb compostos químics sota i a l'interior dels ous, com ara olors d'estimulació quimiosensorial, toxines, enzims citolítics i nutrients (Vinson, 1976; Vinson i Iwantsch, 1980). Les plantes del gènere *Buxus* contenen metabòlits vegetals secundaris (alcaloides) altament tòxics. Leuthardt et al., (2013) varen determinar que les larves de *Cydalima* emmagatzemen grans quantitats d'alcaloides dibàsics al seu cos, el qual podria comprometre el desenvolupament dels parasitoids. No obstant, de moment no es té constància de si els ous en presenten. Així mateix, als ous de *Cydalima* poden produir mecanismes de defensa basats en productes químics o immunitaris que impedeixen el desenvolupament exitós del parasitoid (Göttig i Herz, 2016). Això, també podria explicar la reduïda taxa de parasitació registrat al objectiu 1 del present estudi, ja que les principals postes obtingudes varen ser larves.

El dípter trobat es tracta d'un parasitoid molt generalista. En el cas d'Amèrica del Nord s'ha registrat un rang d'hostes de fins a 180 espècies de papallones diferents (Arnaud Jr, 1978). La qual cosa s'ha de valorar a l'hora de planificar un possible control biològic amb aquesta espècie. De fet, Boettner et al. (2000), als Estats Units, varen demostrar com la introducció *C. concinnata*

va provocar la disminució regional dels Saturníids autòctons, fins i tot d'una espècie catalogada en perill d'extinció. Aquest Tachinid va ser introduït en Nord Amèrica durant 80 anys amb l'objectiu de controlar *Lymantria dispar* i, amb el pas del temps, fins a 13 espècies diferents de plaga (Sanchez, 1995). Fins a Boettner et al. (2000) no es va tenir constància dels impactes negatius de *C. concinnata* a causa de que les regulacions federals en aquell moment no requerien la supervisió dels efectes no desitjats quan es produïa l'alliberament d'un artròpode per controlar un altre artròpode.

Referent al estudi dels **parasitoids en estadi adult**, al llarg de l'estudi s'han classificat un total de **2267 parasitoids de lepidòpters** a totes les zones de mostreig. Concretament, s'han classificat 329 individus a Estellencs, 403 a Valldemossa, 488 a Cúber, 500 a Caimari i 547 a Pollença. Els parasitoids classificats han estat himenòpters de les famílies Bethylidae, Braconidae (subfamílies Cheloninae, Microgastrinae i Ogilinae), Ceraphronidae, Chalcididae, Encyrtidae, Eurytomidae, Ichneumonidae (subfamílies Ctenopelmatinae, Metopiinae, Phygadeuontinae), Perilimpidae, Scelionidae i Torymidae, i dípters de la família Tachinidae. A la Taula 2 es pot veure un breu resum de la ecologia de tots els grups taxonòmics classificats.

Taula 2: Parasitoids de lepidòpters identificats obtinguts amb les trampes cromàtiques. El fons correspon a un paper mil·limetrat. Autor: C. Herrera

Bethylidae



Himenòpters de mida reduïda, aproximadament uns 4 cm aproximadament. Les femelles piquen i paralitzen l'hoste, generalment una **larva** de lepidòpter o coleòpter, on hi diposita diversos ous. En algunes espècies, la femella té cura dels ous i de les larves en desenvolupament. Finalment, la pupació es produeix al costat de les restes de l'amfitrió (Goulet i Huber, 1993).

Cheloninae



Endoparasitoids solitaris d'**ous i larves** de lepidòpters. Realitzen l'oviposició a l'ou hoste i el desenvolupament del parasitoid s'atura a la primera fase larvària fins que la larva hoste este preparada per a la pupació (Shaw i Huddleston 1991).

Microgastrinae



Endoparasitoids solitaris o gregaris de les **larves** de lepidòpters (Shaw i Huddleston 1991).

Orgilinae



Endoparasitoids solitaris de **larves** de lepidòpters (Goulet i Huber, 1993).

Ceraphronidae



Endoparasitoids de Cecidomyiidae (dípters), Thysanoptera, Lepidoptera, Neuroptera o hiperparasitoids de capolls de Braconidae (Goulet i Huber, 1993).

Chalcididae



Parasitoids o hiperparasitoids de lepidòpters (principalment de **pupes joves**) i dípters (principalment de larves madures), tot i que alguns parasiten himenòpters o coleòpters (Goulet i Huber, 1993).

Encyrtidae



Una de les famílies Calcidoïds més importants per al control biològic. Les espècies són endoparasitoids, majoritàriament de Coccoidea (Homoptera), però també dels **ous o larves** de Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera (com a parasitoids primaris o hiperparasitoides), Neuroptera, Orthoptera, Hemiptera i Arachnida (Goulet i Huber, 1993).

Eurytomidae



Algunes espècies són fitòfagues mentre que d'altres són entomòfagues. Gairebé totes les espècies entomòfagues són ectoparasitoids primaris o hiperparasitoids de **larves** (Ceballos 1964; Goulet i Huber, 1993).

Ctenopelmatinae



Endoparasitoids de símfits i, algunes espècies, de lepidòpters; l'oviposició es produeix a l'**ou o** a la **larva** (Goulet i Huber, 1993).

Metopiinae



Endoparasitoids de lepidòpters, generalment aquells que es troben en plecs de fulles; l'oviposició es realitza a la **larva** i emergeix de la pupa (Goulet i Huber, 1993).

Phygadeuontinae



Parasitoids de **prepupes i pupes** d'insectes holometàbols (Goulet i Huber, 1993).

Perilampidae



Hiperparasitoids de **larves** de lepidòpters a través de Tachinidae (Diptera) o Ichneumonoidea, o parasitoids primaris de Coleoptera. Es coneix que algunes espècies són parasitoids de diversos himenòpters, ortòpters i neuròpters (Goulet i Huber, 1993).

Scelionidae



Endoparasitoids solitaris d'insectes, lepidòpters inclosos. Realitzen l'oviposició a **ous** on la primera fase larvària mata l'hoste (Goulet i Huber, 1993).

Torymidae



Parasitoids primaris o hiperparasitoids de diversos insectes holometàbols, inclosos lepidòpters (Goulet i Huber, 1993).

Tachinidae



Parasitoids de **larves** de lepidòpters i altres grans grups d'insectes herbívors (per exemple, Heteròpters, Scarabaeidae, Symphyta, Chrysomelidae) (Stireman et al., 2006).

En el cas dels tachinids, aproximadament 100 espècies s'han emprat en programes de control biològic de plagues de cultius i boscos, amb un èxit parcial o total (Greathead, 1986). No obstant, se'ls ha relacionat amb efectes devastadors sobre altres organismes no diana (Boettner et al., 2000).

Referent a el **anàlisi quantitatiu**, durant la primavera, es varen identificar 501 parasitoids de lepidòpters on els grups taxonòmics predominants han estat principalment himenòpters de la família Scelionidae, dípters de la família Tachinidae i himenòpters de la família Metopiinae, en quant a percentatge d'abundància (Taula 3).

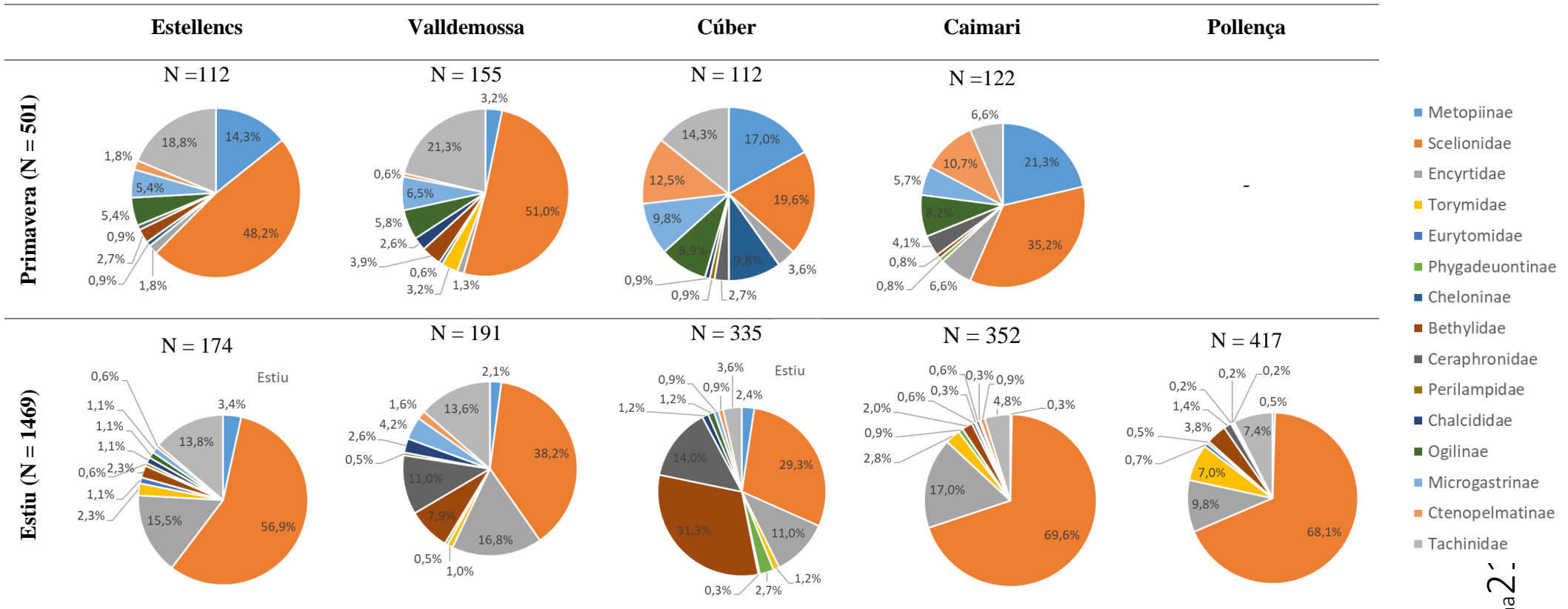
Durant l'estiu, es varen identificar 1469 parasitoids de lepidòpters on apareixen els himenòpters de la família Encyrtidae com a grup taxonòmic predominant, juntament amb els Scelionidae i Tachinids que mantenen els seu percentatge de abundància en comparació a la primavera (Taula 3).



Finalment, a la tardor es varen identificar 297 parasitoids de lepidòpters on hi ha una reducció de la biodiversitat de parasitoids en algunes zones (Figura X), mantenint-se les famílies Scelionidae, Encyrtidae i Tachinidae com a grups taxonòmics predominants, al igual que durant l'estiu (Taula 3)

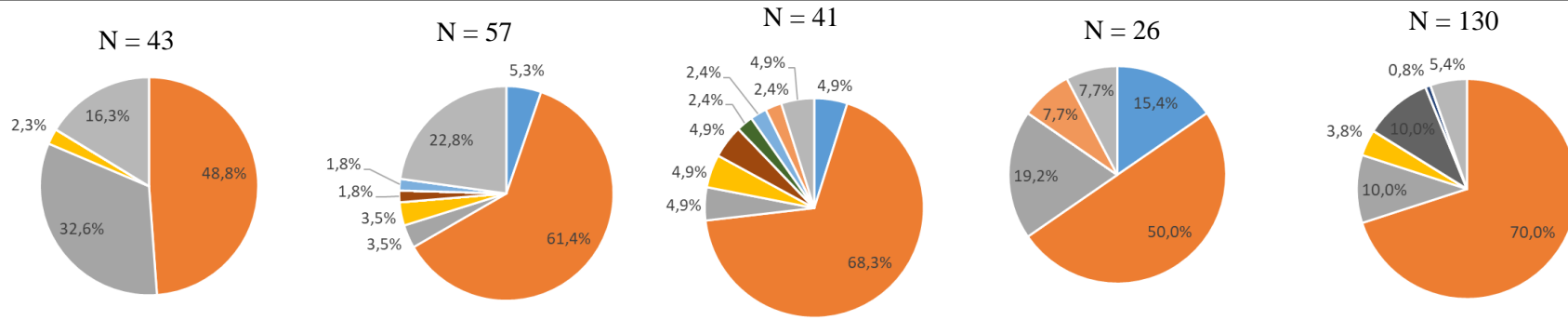
En base a l'ecologia descrita i els percentatges d'abundància s'observa que els principals enemics naturals trobats son hiperparasitoids (Scelionidae) i parasitoids primaris d'ous (Encyrtidae) i larves de lepidòpters (Encyrtidae, Metopiinae i Tachinidae). Per altra banda, els parasitoids de pupes son manco abundants a les zones mostrejades.

Taula 3: Percentatge dels grups taxonòmics observats a les trampes cromàtiques durant els mostrejos de primavera, estiu i tardor.



- Metopiinae
- Scelionidae
- Encyrtidae
- Torymidae
- Eurytomidae
- Phygadeuontinae
- Cheloniinae
- Bethyidae
- Ceraphronidae
- Perilampidae
- Chalcididae
- Ogilinae
- Microgastrinae
- Ctenopelmatinae
- Tachinidae

Tardor (N = 297)



Referent a l'**anàlisi qualitatiu**, durant la primavera es varen registrar valors dispers de Shannon, resultant en diferències estadísticament significatives en la biodiversitat de parasitoids de lepidòpters. Per exemple, Cúber va presentar a la primavera el valor més elevat de biodiversitat de tot l'estudi. No obstant, durant l'estiu i la tardor no hi va haver diferències significatives en l'índex de biodiversitat de Shannon entre les zones mostrejades (Figura 7).

Per a lo que l'índex de Simpson es refereix, presenta una situació molt similar amb l'índex de Shannon. Hi ha diferències significatives entre algunes zones a la primavera, mentre que a l'estiu i la tardor hi ha valors similars entre les diferents zones. Això significa que a la primavera hi ha una major diversitat de parasitoids de lepidòpters a la zona de Cúber (Figura 7), potencials parasitoids per a postes de *Cydalima perspectalis*, però predominen en abundància uns grups taxonòmics concrets (Simpson).

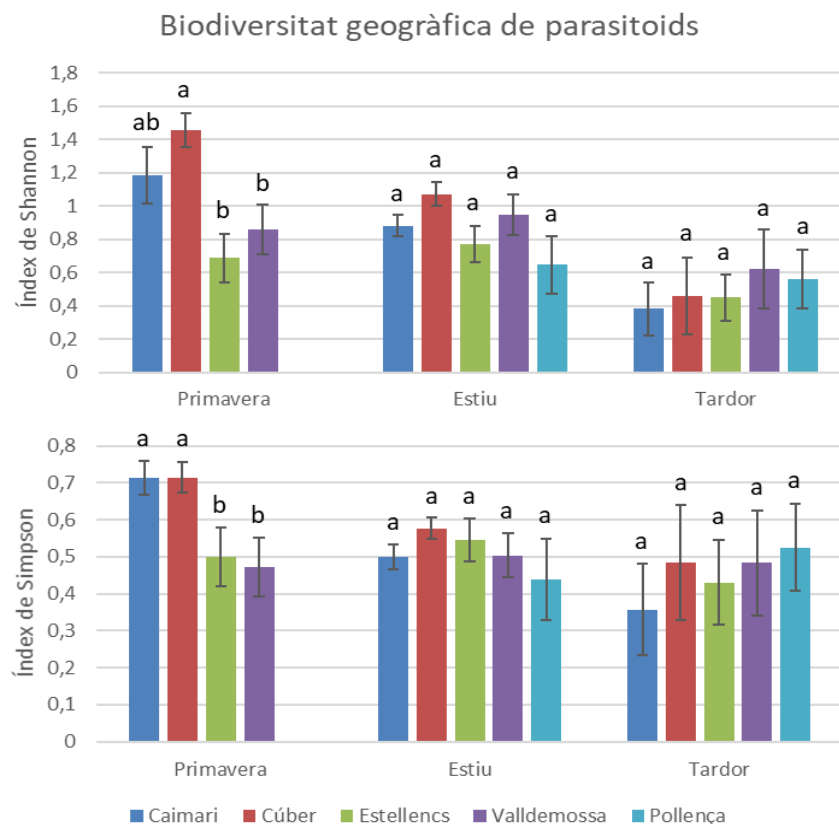


Figura 7: Índex de biodiversitat de Shannon i Simpson de les diferents estacions mostrejades per a cada zona. Lletres diferents reflexa diferències estadísticament significatives (p-value < 0.05).

La Figura 8 mostra que des de la primavera fins a la tardor y ha una reducció del l'índex de Shannon, amb diferències estadísticament significatives en el cas de Caimari y Cúber. Així mateix, hi ha una reducció de l'índex de Simpson. Això significa que, en el mateix cas que la Figura 7, hi predominen uns grups taxonòmics concrets a una zona a cada estació de l'any.

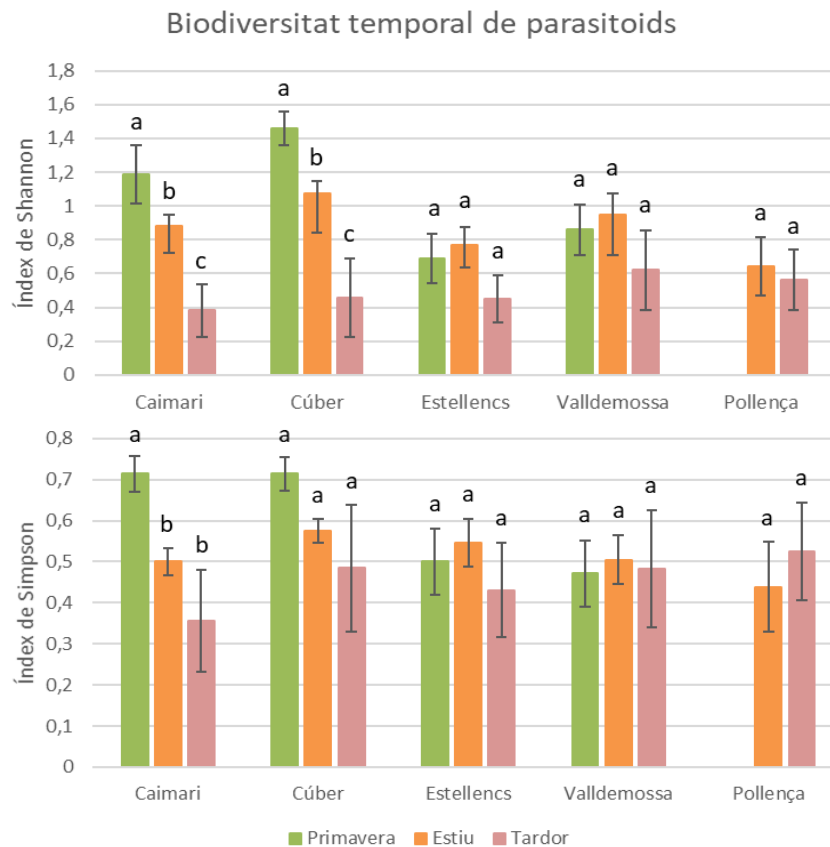


Figura 8: Índex de biodiversitat de Shannon i Simpson de les diferents zones mostrejades per a cada estació de l'any. Lletres diferents reflexa diferències estadísticament significatives (p -value < 0.05).

Tota aquesta informació es molt útil, ja que indica que quan hi ha un alt índex de biodiversitat (Shannon), major nombre de grups taxonòmics de parasitoids hi son presents, i per tant, majors son les possibilitats de que qualche parasiti *Cydalima perspectalis*. No obstant, al predominar un grup taxonòmic concret (Simpson) la taxa de parasitació sota l'indars acceptables dependrà de la especificitat d'aquest per postes de *Cydalima*.

Totes aquestes dades, tant quantitatives com qualitatives, s'han de tenir en compte a l'hora de fer una acurada planificació de control integrat d'aquesta plaga.

S'han contactat amb experts taxonòmics per determinar els exemplars de parasitoids a nivell d'espècie.

Objectiu 2: Avaluar la viabilitat de l'ús en camp de parasitoids comercials

Per poder assolir aquest objectiu es dugueren a terme cinc activitats: a) sol·licitud de dos productes comercials pel control de l'eruga del boix, b) muntatge, conservació i identificació taxonòmica de les espècies contingudes als productes comercials, c) recerca bibliogràfica sobre la informació existent de les espècies identificades als productes comercials, d) avaluar la possibilitat de realització d'una prova de semi-camp per analitzar l'afectació sobre alguna espècie no diana i e) elaborar un document a on figuri la informació referent a les espècies trobades als productes comercials i s'expliquin la viabilitat del seu ús en l'àmbit forestal. A continuació s'explica el material i mètodes de cada una d'aquestes activitats i els principals resultats obtinguts.

Material i Mètodes:

Durant l'execució del projecte s'ha fet la sol·licitud dels següents **productes comercials**:

- Tricholine Buxus (Bioline AgroSciences)
- TrichoKarte (AMW Nützlinge).

Referent a TrichoKarte, es va contactar amb la empresa i ens varen informar de què disposen d'aproximadament de 100 soques de 20 espècies de *Trichogramma* diferents (*T. brassicae*, *T. evanescens*, *T. cacoeciae*, *T. dendrolimi*, etc.) natives i de diferents orígens. A més a més, l'empresa dona la possibilitat de demanar comandes d'espècies úniques o mixtes.

Tot i que la situació sobrevinguda, provocada per la declaració de l'estat d'alarma per la gestió de la situació de crisi sanitària ocasionada per la covid-19, va suposar un retràs en la resposta de les

cases comercials i en la recepció dels productes, es varen poder obtenir els exemplars de *Trichogramma* spp. de **Tricholine Buxus** (Bioline AgroSciences) (Figura 9a), i els exemplars de *Trichogramma evanescens* de **TrichoKarte** (AMW Nützlinge) (Figura 9b). Els exemplars es varen posar en un evolucionari, per a l'obtenció dels adults. Els exemplars de Tricholine Buxus emergiren i foren conservats en etanol 70% per a la seva posterior identificació. Encara romanem a l'espera d'obtenir els adults de TrichoKarte. Quan emergeixin, els conservarem en etanol 70%, els identificarem i elaborarem un annex d'aquest informe a on notificarem els resultats.

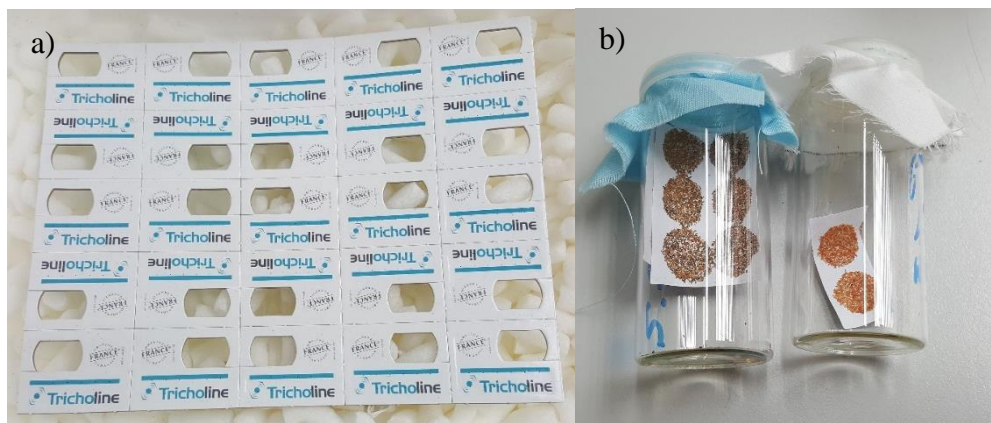


Figura 9: Targetes a) Tricholine Buxus (Bioline AgroSciences) i b) TrichoKarte (AMW Nützlinge) amb postes parasitades per *Trichogramma*. Autor: C. Herrera

Els individus conservats de *Trichogramma* es varen **determinar** segons Gómez (2005). Només la genitalia dels mascles permet la identificació taxonòmica de les espècies de *Trichogramma*. Per això, dels individus conservats en etanol 70%, es varen diferenciar mascles i femelles per característiques morfològiques: els mascles són de mida més reduïda i presenten pèls a les antenes. Una vegada separats els mascles, es submergeixen en KOH 10%, dins la estufa a 40°C, durant 40 min per clarejar-los i poder observar les característiques de la genitalia (Figura 10, a). Seguidament, es deixen durant tota una nit en etanol 10% (1,5% Triton-X). Al següent dia, es realitza una deshidratació mitjançant una bateria d'alcohols (20%, 40%, 60%, 80%, 90%, 95% i 100%) 30 min cadascun. Una vegada l'individu ha estat 30 min a la solució d'alcohol 100% es deixa tota una nit submergit a oli de clau. Al dia següent, s'afegeix una gota de solució oli de clau i bàlsam de Canadà (5:1) a un portaobjectes i es col·loca amb molta delicadesa l'exemplar de

Trichogramma. Finalment, es col·loca el cobreobjecte i es procedeix a determinar l'exemplar al microscopi (Figura 10, b) mitjançant les claus taxonòmiques següents:

- Consoli, F.L., Parra, J.R. i Zucchi, R.A. (Eds.). (2010). *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma* (Vol. 9). Springer Science & Business Media.
- García-González, F., Mercado-Hernández, R., González-Hernández, A. i Ramírez-Delgado, M. (2011). Especies nativas de *Trichogramma* (Hymenoptera: trichogrammatidae) colectadas en cultivos agrícolas del norte de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE), 173-181.
- Pintureau, B. (2008). *Les espèces européennes de Trichogrammes*. ILV Edition, InLibroVeritas.
- Querino, R.B. i Zucchi, R.A. (2005). An illustrated key to the species of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) of Brazil. *Zootaxa*, 1073(1), 37-60.

Així mateix, en aquest objectiu, es va realitzar una **recerca bibliogràfica** científica mitjançant diferents motors de recerca com Web of Science (WOS), Scopus (<https://www.scopus.com>) i Google Scholar (<https://scholar.google.es>). Tenint en compte que molts esdeveniments no es publiquen perquè són trobades casuals o aïllades, també hem realitzat una cerca a Google (en anglès, castellà i català). Finalment, atesa la diferent i extensa terminologia utilitzada per estudiar aquest tema, vàrem examinar les referències dels articles que vàrem revisar per obtenir informes addicionals que no es trobaven a les nostres recerques.

Resultats i Discussió:

En base a les característiques morfològiques de la genitalia masculina tots els individus del producte comercial **Tricholine Buxus** varen ser determinats com *Trichogramma brassicae* (= *T. maidis*) (Figura 10). Aquesta espècie ha estat citada com parasitoid d'ous de l'eruga del boix *Cydalima perspectalis* (Göttig i Herz, 2016). A més, ha estat citada com parasitoid d'altres espècies de papallones nocturnes com son *Scrobipalpa ocellatella* (Gelechiidae), *Helicoverpa armigera*, *Mamestra brassicae* (Noctuidae), *Chilo suppressalis*, *Ostrinia nubilalis* (Crambridae), *Apomyelois ceratoniae* (Pyralidae), *Lobesia* sp. (Tortricidae). Així mateix, com parasitoid de

papallones diürnes com *Papilio demoleus* (Papilionidae) i *Pieris brassicae* (Pieridae) (Bezdenko, 1968; Dugast i Voegelé, 1984; Kostadinov, 1987; Pavlik, 1991; Uzun et al., 1995; Ebrahimi et al., 1998).



Figura 10: a) Exemplar de *Trichogramma brassicae* mascle decolorat per observar b) la genitalia al microscopi. Autor: C. Herrera.

T. brassicae es tracta d'una espècie europea amb una distribució geogràfica originària de Bielorússia, Bulgària, Grècia, Hongria, Itàlia, Moldàvia, Rússia, antiga Txecoslovàquia, Ucraïna i antiga Iugoslàvia (Bezdenko, 1968; Yazlovetsky et al., 1981; Kostadinov, 1987; Pintureau, 1990, 1993; Pavlik, 1991). Sembla que l'espècie s'ha aclimatat a diversos països de l'Europa occidental (Alemanya, França, Països Baixos, Suïssa, Espanya, etc.) després de l'alliberament de control biològic, especialment contra la papallona del blat de moro *Sitotoga cerealella* (De Jong, 2013; Russo i Voegelé, 1982; Babendreier et al., 2003). També s'ha citat a Àsia (Iran, Pakistan, Turquia) (Uzun et al., 1995; Ebrahimi et al., 1998).

Per lo que respecta a les mostres de *Trichogramma evanescens*, espècie citada a Balears (Alemany i Miranda, 2008), de la casa comercial AMW Nützlinge de moment no han emergit. Aquesta espècie es tracta d'una espècie àmpliament distribuïda a Europa: Alemanya, Armènia, Bielorússia, Bulgària, Dinamarca, Espanya, França, Geòrgia, Gran Bretanya, Itàlia, Moldàvia, Països Baixos, Polònia, Portugal, República Txeca, Romania, Rússia, Suïssa i Ucraïna (Kostadinov, 1987; Pintureau, 1990, 1993).

Tota la **bibliografia** referent a *Cydalima perspectalis* cita que es coneix que aquesta plaga té enemics naturals en la seva àrea d'origen. De fet, s'han començant a utilitzar diferents metodologies per controlar aquesta plaga que amenaça el boix (Göttig et al., 2017; Goettig i Herz, 2017). Entre d'elles destaca l'ús de parasitoids naturals o comercials, normalment insectes dípters i/o himenòpters. És una metodologia de control biològic amb baix impacte mediambiental i amb bons resultats en el control de plagues, a causa de que cada espècie de parasitoid té un rang d'hostes molt reduït i específic, per la qual cosa es redueix l'impacte sota espècies no diana de l'entorn tractat (Heraty, 2009).

El control biològic és l'ús d'un organisme per reduir o prevenir l'impacte no desitjat d'un altre organisme (Eilenberg et al., 2001). La majoria d'agents biològics són depredadors, parasitoids o patògens, els quals es tracten de consumidors de plagues (Culshaw-Maurer et al., 2020; Kenis et al., 2019). Aquesta metodologia es pot compatibilitzar amb l'ús de programes de control químic, sempre i quan es respectin les taules de comptabilitats, ja que el control químic pot afectar als agents biològics alliberats, pot suposar l'aparició de resistències i pot tenir un impacte sobre la biodiversitat i el medi ambient (Tefera et al., 2019).

Les primeres experiències (2010) de control biològic de *Cydalima* varen ser utilitzant els parasitoids comercials de larves *Bracon brevicornis* i *Bracon hebetor* (Braconidae). Els assajos es varen fer al laboratori i en semi-camp, però aquests parasitoids no van poder completar el seu desenvolupament en aquest nou hoste (Zimmermann i Wührer, 2010).

L'objectiu de tots els programes de control biològic en silvicultura i agricultura és reduir els impactes de les plagues per sota dels llindars acceptables. El control biològic es pot utilitzar sol o en combinació amb altres mètodes de control. Existeixen tres enfocaments principals del control biològic (Kenis et al., 2019; Tefera et al., 2019; Wainhouse, 2005):

1. Control biològic d'augment: augmenta la densitat d'enemics naturals, nadius o no nadius, amb alliberaments periòdics.
2. Control biològic de conservació: la manipulació de l'hàbitat amb l'objectiu de millorar la reproducció, la supervivència i l'eficàcia dels enemics naturals ja presents en una zona afectada.

3. Control biològic clàssic o d'importació: la introducció d'un enemic natural d'origen no nadiu per controlar una plaga, generalment també no nativa, amb l'objectiu d'establir una població de l'enemic natural suficient per aconseguir un control sostenible de la plaga objectiu.

El **control biològic d'augment** consisteix en criar, multiplicar i alliberar contínuament enemics naturals d'una plaga, generalment en gran quantitat al mateix lloc repetidament o un únic alliberament massiu que s'espera que resulti en un control immediat. Els enemics naturals que s'utilitzen en el control biològic de l'augment solen ser subministrats comercialment per empreses especialitzades. Aquest enfocament també inclou l'ús d'entomopatògens com biopesticides (Kenis et al., 2019; Tefera et al., 2019; Wainhouse, 2005).

Per altra banda, el **control biològic de conservació** és l'intent d'augmentar l'eficàcia dels enemics ja presents. Els mètodes inclouen subministrar fonts d'aliment alternatives (per exemple, nèctar o pol·len), canvis en la complexitat del paisatge i/o preservar àrees naturals beneficioses per als enemics naturals o reduir l'efecte que tenen els pesticides sobre els enemics naturals (Culshaw-Maurer et al., 2020; Kenis et al., 2019; Tefera et al., 2019; Wainhouse, 2005). En conjunt, aquests diversos mètodes de control biològic proporcionen serveis ecosistèmics significatius tant en ecosistemes naturals com agrícoles (Losey i Vaughan, 2006).

La forma més coneguda de control biològic és el **control biològic clàssic o d'importació**, on s'importa un enemic natural des d'una regió diferent de la zona objectiu, sovint des de la zona nativa de la plaga. Això implica un **procés de selecció, proves d'eficàcia i proves per avaluar potencials efectes no desitjats** (Bigler et al., 2006).

En el cas de les zones forestals, aquestes poden suportar impactes més elevats ocasionats per les plagues sense pèrdues econòmiques importants, ja que el seu valor per unitat d'àrea es més reduït en comparació amb zones agrícoles. Per tant, poden obtenir beneficis més grans de programes de control biològic que només tenen un èxit parcial (Wainhouse, 2005). És important destacar els ecosistemes insulars són llocs d'alta fragilitat i singularitat pel que fa a dinàmiques ecològiques (Blondel et al., 2010; Traveset et al., 2019). A continuació, es mencionen els pros i inconvenients del control biològic clàssic.

Entre els **pros** que s'argumenten per a l'aplicació del control biològic és la reducció de la despesa contínua de pesticides, mà d'obra, equipament especialitzat i, potencialment, tornar a condicions ecològiques més similars a les que es veien abans de la plaga (Hoddle, 2002). A més, els boscos es consideren com un hàbitat favorable per al biocontrol ja que són relativament 'estables'. Atès que es poden tractar zones extenses i sovint inaccessibles on els mètodes de control més directes poden ser difícils o impracticables (Wainhouse, 2005). És important destacar que s'ha de fer una selecció acurada del mètode de control biològic. Així mateix, un cop establerts, els enemics naturals no autòctons de les plagues específiques no haurien de requerir cap altra intervenció, de manera que es podria produir un estalvi substancial de costos i beneficis econòmics (Kenis et al., 2019).

Un dels principals **inconvenients** que apareixen a l'hora de l'alliberament i l'establiment d'enemics naturals exòtics és que es tracta d'un procés irreversible i, per tant, un objectiu important és minimitzar el risc d'efectes sobre les poblacions no objectius (Culshaw-Maurer et al., 2020; Kenis et al., 2019; Wainhouse, 2005). Aquest risc suposa que l'enemic natural introduït provoqui impactes indirectes sobre les comunitats ecològiques o els processos de l'ecosistema a través de canvis en la composició o l'estructura de la xarxa alimentària (Kenis et al., 2019). Així mateix, que n'hi hagi impactes directes on l'enemic natural introduït hibridi amb espècies autòctones, que ataquí a hostes més comuns que l'espècie diana, que augmenti el seu rang d'hostes més de l'esperat o que mostri preferència per un altra hoste no diana (Hawkins i Marino, 1997; Kenis et al., 2019; Wainhouse, 2005). Per exemple, Boettner et al. (2000) varen demostrar com la introducció *Compsilura concinnata* va provocar la disminució regional dels saturníids autòctons, fins i tot d'una espècie catalogada en perill d'extinció. Aquest tachinid va ser introduït en Nord Amèrica durant 80 anys amb l'objectiu de controlar *Lymantria dispar* i, amb el pas del temps, fins a 13 espècies diferents de plaga (Sanchez, 1995). Fins a Boettner et al. (2000) no es va tenir constància dels impactes negatius de *C. concinnata* a causa de que les regulacions federals en aquell moment no requerien la supervisió dels efectes no desitjats quan es produïa l'alliberament d'un artròpode per controlar un altre artròpode.

El risc d'efectes no desitjats es pot minimitzar limitant les introduccions a biotips partenogenètics o estèrils com a solució al problema de la hibridació i espècies amb rangs d'hostes molt restringits i que no semblen mostrar canvis en la preferència de l'hoste (Greathead, 1995; Kenis et al., 2019;

Wainhouse, 2005). També és important minimitzar el risc d'introduccions per part de particulars i això es pot fer més fàcilment mitjançant una legislació i regulació adequada (Simberloff i Stiling 1996; Samways 1997).

Molts d'aquests efectes de la introducció dels enemics naturals solen aparèixer anys després. Observant-se els efectes desitjats de reducció de la plaga després de multitud de períodes d'alliberament (Ryan, 1990; 1997) i, en altres casos, els efectes no desitjats sota espècies no diana (Boettner et al., 2000).

No obstant, els avantatges econòmics i mediambientals d'un bon control biològic ben plantejat són potencialment molt grans, amb un estalvi derivat del control i operacions associades que s'acumulen any rere any. A més, els programes amb èxit desenvolupats en una regió poden proporcionar la base per al control de la mateixa plaga en una nova regió, permetent estalviar costos de recerca i desenvolupament (Greathead, 1995).

Per establir una correcta **planificació** d'un mètode de control biològic, en primer lloc, el pas inicial és descriure, de la forma més quantitativa possible, la comunitat enemiga natural associada a una plaga objectiu; per a les espècies invasores, això pot implicar fins i tot la descripció de xarxes tròfiques tant a les àrees autòctones com a les envaïdes. I en segon lloc, cal analitzar els agents candidats per determinar l'especificitat a la plaga objectiu per tal d'avaluar els riscos d'impactes no objectius i identificar els agents més prometedors (Culshaw-Maurer et al., 2020). L'objectiu no és reconstruir tota la comunitat enemiga natural associada a la plaga al seu hàbitat natal, sinó triar un o alguns enemics naturals que tinguin un alt nivell d'especificitat de l'hoste i que semblin tenir les millors possibilitats d'èxit (Myers et. 1989; Waage, 1990).

No obstant, la **selecció d'enemics naturals adequats** és tan sols l'inici d'una seqüència d'activitats per a la correcta implementació d'un control biològic clàssic (Taula 4). Una de les principals limitacions es que en molt de casos el rang d'hostes d'un parasitoid en particular es troba poc documentat (Wainhouse, 2005).

Taula 4: Principals activitats relacionades amb la localització i selecció d'enemics naturals per a la correcta implementació d'un control biològic clàssic en silvicultura (Adaptat de Wainhouse, 2005)

Activitat	Informació clau i alguns criteris de selecció
Avaluació de la plaga a la zona envaïda	Identificació taxonòmica
	Zona probable d'origen
	Paper ecològic a la zona envaïda
	Enemics naturals associats
Exploració a la zona nativa	Composició de la comunitat enemiga natural associada
	Grau d'especialització
	Impacte sobre la plaga
Selecció de l'agent de control biològic adequat	Teoria i evidències de alliberacions anteriors
	Estudis pre-introducció
Quarantena i cria	Facilitat de cria
	Eliminació de hiperparasitoides i patògens
Alliberació	Nombre d'espècies, individus i zones d'alliberament
	Variació genètica
Avaluació i seguiment	Establiment dels enemics naturals
	Impacte sobre la plaga
	Seguiment de la població de la plaga
	Impacte en espècies no diana

S'ha suggerit utilitzar parasitoides d'espècies d'insectes relacionades (mateix gènere) o d'espècies ecològicament similars a la plaga objectiu, que es trobin en àrees biogeogràfiques separades amb climes similars i alliberades per establir-les de forma permanent (Paine, 2006).

Els alliberaments massius d'insectes parasitoides, tant a l'agricultura com a zones forestals, han utilitzat principalment els microhimenòpters parasitoides d'ous *Trichogramma* spp. (Newton, 1993).

Els adults de *Trichogramma* utilitzen pistes químiques, com feromones sexuals, i visuals per localitzar un ou de papallona. Altres pistes químiques són les kairomones, les quals es troben en les escates depositades a prop de l'ou per la femella durant l'oviposició (Nordlund et al., 1981).

Una vegada que una femella troba un ou de papallona, fa un forat a través del còrion (closca d'ou) i introdueix de dos a tres ous. La pressió interna força que una petita gota de rovell surti, del qual s'alimenten les femelles, que augmenta la seva longevitat. La capa negra dins del còrion i el forat de sortida són una clara evidència de parasitació per part del *Trichogramma* (Ruberson i Kring, 1993).

A l'hora de implementar un control biològic amb *Trichogramma* cal tenir en compte que els ous de papallona en les primeres etapes del desenvolupament són més adequats per al desenvolupament dels parasitoids. A causa de que els ous de papallona més antics, especialment aquells en què és visible la càpsula principal de la larva, no solen ser parasitats i, si ho són, la supervivència dels parasitoids és inferior (Ruberson i Kring, 1993).

El cicle de vida de *Trichogramma* spp. d'ou a adult requereix aproximadament 9 dies (Figura 11), però pot variar des de 8 dies, quan les temperatures de mitjan estiu són altes (32°C), fins a 17 dies, a 15°C. La temperatura òptima per una major activitat es troba entre els 24 i 30°C (Ruberson i Kring, 1993).

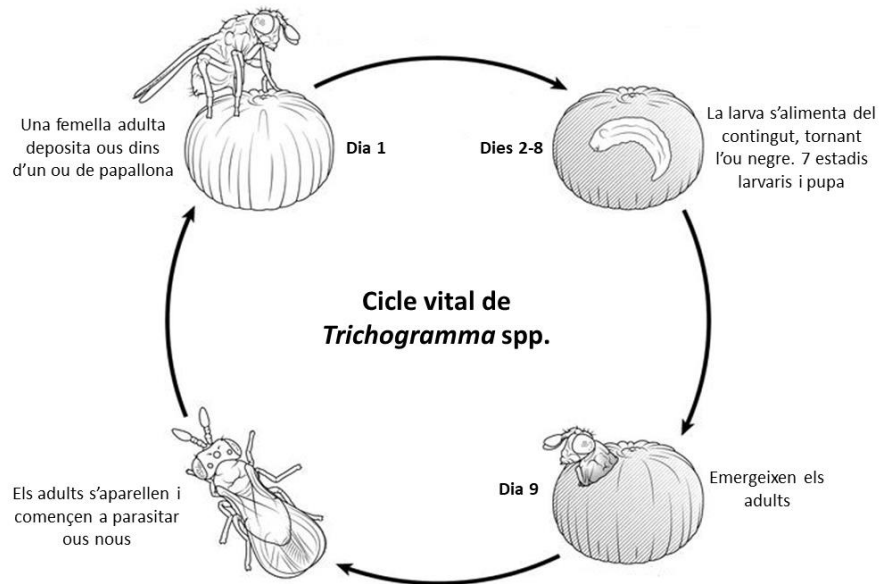


Figura 11: Cicle vital de microhimenòpters del gènere *Trichogramma*. Adaptat de © Sound Horticulture.

D'un sol ou parasitat poden emergir, normalment durant el matí, femelles i mascles de *Trichogramma*. Els mascles emergeixen els primers i queden propers a l'ou per aparellar-se amb les femelles, si n'hi ha, comencen a parasitar nous ous de papallona a les poques hores de l'emergència (Knutson, 1998).

Un altra punt a favor de l'ús de *Trichogramma* com a control biològic, es que les seves fases immadures poden tolerar l'hivern dins els ous parasitats. Per tant, quan la plaga es torna a reactivar a la primavera, els exemplars de *Trichogramma* també (López i Morrison, 1980).

Finalment, l'ús de *Trichogramma* com a control biològic es compatible amb altres estratègies com l'ús de *Bacillus thuringiensis* i alguns reguladors de creixement d'insectes. Per lo que es pot desenvolupar un pla de control i possible erradicació de l'eruga del boix en base a l'ús coordinat de diferents tècniques.

L'ús d'aquest parasitoides s'ha implementat principalment a l'agricultura, pel control de plagues a productes alimentaris, com la col o el blat de moro, o productes tèxtils, com el cotó. A Estats Units es varen desenvolupar mètodes per aturar temporalment el desenvolupament dels parasitoides

mitjançant refrigeració de manera que es poguessin emmagatzemar durant períodes curts de temps. Aquesta diàpauza, juntament amb un equip per alliberar ous des dels avions va garantir que els microhimenòpters adults sortissin dels ous amfitrions en poques hores després de l'alliberament al camp. Aquesta ràpida emergència d'adults era necessària per reduir la mortalitat causada per les altes temperatures del sòl (Bouse, Carlton i Morrison, 1981).

De nou, es important destacar els ecosistemes insulars són llocs d'alta fragilitat i singularitat pel que fa a dinàmiques ecològiques (Blondel et al., 2010; Traveset et al., 2019)

La Organització de les Nacions Unides per la Alimentació i la Agricultura (FAO) va presentar una norma on es donen directrius per al maneig del **risc vinculat amb la importació i alliberació d'agents de control biològic** (NIMF 3, 2005). Les responsabilitats i les recomanacions per als importadors, inclouen proveir la documentació apropiada de la plaga o plagues objectiu i l'agent de control biològic o altres organismes beneficiosos a la Organització Nacional de Protecció Fitosanitària (ONPF) o una altra autoritat responsable del país importador. Així mateix, la NIMF 2 (2007) (Directrius per a l'anàlisi de risc de plagues) i la NIMF 11 (2013) (Anàlisi de risc de plagues per plagues quarantenàries) brinden processos apropiats i fonamentals per dur a terme avaluacions de risc de plagues per als agents de control biològic i altres organismes beneficiosos.

Per exemple, si l'agent de control biològic ja és present al país, potser només es necessiti per assegurar que no hi ha contaminació o infestació d'aquest organisme o que el creuament amb els genotips locals de la mateixa espècie no resulta en riscos fitosanitaris nous. Per aquestes raons, potser es restringeixi l'alliberament per inundació (NIMF 3, 2005). Als documents del ministeri d'agricultura, per a l'ús de productes fitosanitaris, no mencionen l'eruga del boix, però si que fomenten l'ús de parasitoids com a eina per controlar plagues de lepidòpters.

Kenis et al., (2019) descriu dos exemples de programes de control biològic per a papallones que constitueixen una plaga.

El primer cas es tracta de *Operophtera brumata* L. (Lepidoptera: Geometridae), la qual ataca al roure i que va ser introduïda en Nova Escòcia i Canadà per accident. Després d'introduir sis parasitoids diferents, dos es varen establir amb èxit: un Taquínid, *Cyzenis albicans*, i un Ichneumonid, *Agrypon flaveolatum*, cadascun va parasitar diferents densitats de pupes. A més, es

va demostrar que aquestes introduccions va afavorir la depredació per part d'alguns depredadors generalistes de la zona.

El segon cas es tracta de *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae), la qual es coneix que ataca unes 175 plantes ornamentals, forestals i agrícoles diferents. En aquest cas es va implantar un programa d'alliberació massiva de *Chouioia cunea*, una vespa Chalcidoidea parasitoid de pupes.

Finalment, durant la recerca bibliogràfica es varen trobar un total de 45 espècies de parasitoids de lepidòpters presents a les Illes Balears, principalment dípters Tachinids i himenòpters Ichneumonids, i les espècies de papallones que parasiten presents a les Illes Balears (Taula 5). Així mateix, a la Taula X es varen incloure 21 espècies citades com parasitoids de *Cydalima perspectalis* no presents a les Illes Balears i les espècies de papallones que parasiten presents a les Illes Balears (Taula 6). Tota aquesta informació s'ha de tenir en compte a l'hora de fer una acurada planificació de control integrat d'aquesta plaga.

Taula 5: **Parasitoids de lepidòpters citats a Balears** i espècies de lepidòpters que parasita presents a Balears. La distribució de las especies parasitades es va contrastar amb Fauna Europaea (De Jong, 2013).

Ordre	Familia	Espècie citada a Balears	Fase diana	Espècie parasitada present a Balears	Referència
Diptera	Bombyliidae	<i>Villa brunnea</i>	Larva Crisàlida	Thaumetopoeidae ○ <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	CAIB, 1991
	Syrphidae	<i>Xanthandrus comtus</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	Las Heras i Arimany, 2019
Tachinidae	<i>Aplomya confinis</i>	Larva	Lycaenidae ○ <i>Cacyreus marshalli</i>	Tschorsnig, 1992 Vicidomini i Dindo, 2007	
	<i>Buquetia musca</i>	Larva	Papilionidae ○ <i>Papilio machaon</i>	Tschorsnig, 1992	
	<i>Ceromasia rubrifrons</i>	Larva	Pieridae ○ <i>Pieris brassicae</i>	Tschorsnig, 1992 Stanković et al., 2014	
	<i>Chaetolya setigena</i>	NA	NA	Tschorsnig, 1992	
	<i>Clausicella suturata</i>	NA	Pyralidae ○ <i>Cadra figulilella</i>	Scaramozzino et al., 2020 Tschorsnig, 1992	
	<i>Compsilura concinnata</i>	Larva Crisàlida	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Erebidae ○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i> Thaumetopoeidae ○ <i>T. pityocampa</i>	CAIB, 1991, 2019 Scaramozzino et al., 2020 Wan et al., 2014	
	<i>Echinomyia magnicornis</i>	NA	Lymantriidae ○ <i>Lymantria dispar</i> Noctuidae ○ <i>Agrotis segetum</i>	Tschorsnig, 1992 Herting, 2017	
	<i>Ethilla aemula</i>	Larva	NA	Tschorsnig, 1992	
	<i>Exorista decidua</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Noctuoidea ○ <i>Gynaephora sp.</i>	CAIB, 2019 Morewood et al., 2002 Shi i Hu, 2007	
	<i>Gonia atra</i>	Larva	Bombycidae	Tschorsnig, 1992	

			Noctuidae	Herting, 2017
		<i>Linnaemyia comta</i>	NA	Noctuidae
		<i>Lydella grisescens</i>	NA	Nymphalidae
				○ <i>Vanessa cardui</i>
		<i>Lydella thompsoni</i>	NA	NA
		<i>Minthodes numidica</i>	NA	NA
		<i>Nemorilla maculosa</i>	Larva	Tortricidae
				○ <i>Lobesia botrana</i>
		<i>Peleteria rubescens</i>	NA	NA
		<i>Peribaea apicalis</i>	NA	NA
		<i>Peribaea tibialis</i>	NA	NA
		<i>Phryxe caudata</i>	Larva	Thaumetopoeidae
				○ <i>T. pityocampa</i>
Hymenoptera	Bethylidae	<i>Bradepyrus baleariensis</i>	NA	NA
		<i>Epyris insulanus</i>	NA	NA
		<i>Epyris niger</i>	NA	NA
		<i>Mesitius concii</i>	NA	NA
	Braconidae	<i>Apanteles</i> sp.	Larva	Thaumetopoeidae
				○ <i>T. pityocampa</i>
		<i>Bracon illyicus</i>	Larva	NA
		<i>Iphiaulax flavator</i>	Larva	NA
	Chalcididae	<i>Brachymeria tibialis</i>	Crisàlida	NA
		<i>Proconura nigripes</i>	Crisàlida	NA
	Encyrtidae	<i>Metaphycus teteor</i>	NA	NA
		<i>Ooencyrtus kuvanae</i>	Ou	Lymantriidae
				○ <i>Lymantria dispar</i>
		<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	Ou	Thaumetopoeidae
				○ <i>T. pityocampa</i>
	Eulophidae	<i>Baryscapus servadeii</i>	Ou	Thaumetopoeidae
				○ <i>T. pityocampa</i>
		<i>Tetrastichus</i> sp.	Ou	Thaumetopoeidae
				○ <i>T. pityocampa</i>

Eupelmidae	<i>Eupelmus vesicularis</i>	NA	NA	Segú-López i Pujade-Villar, 2000	
Eurytomidae	<i>Eudecatoma mallorcae</i>	Larva	NA	Ceballos, 1964	
Ichneumonidae	<i>Banchus pictus</i>	Larva	NA	Rey del Castillo, 1989	
	<i>Ephialtes manifestator</i>	Larva	NA	Ceballos, 1964	
	<i>Ephialtes carbonarius</i>	NA	NA	Ceballos, 1964	
	<i>Erigorgus femorator</i>	Larva	Thaumetopoeidae	CAIB, 1991	
			○ <i>T. pityocampa</i>		
	<i>Exetastes adpressorius</i>	Larva	NA	Rey del Castillo, 1989	
	<i>Glypta rufiventris</i>	Larva	NA	Rey del Castillo, 1989	
Pteromalidae	<i>Meteorus versicolor</i>	Larva	Geometridae	CAIB, 1991	
			○ <i>Ematurga atomaria</i>	Ghahari, 2015	
			○ <i>Pachycnemia hippocastanaria</i>		
			Lycaenidae		
			○ <i>Callophrys rubi</i>		
			Lymantriidae		
			○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i>		
			Noctuoidea		
			○ <i>Autographa gamma</i>		
			Thaumetopoeidae		
			○ <i>T. pityocampa</i>		
		<i>Pimpla sp.</i>	Crisàlida	NA	Ceballos, 1959; 1964
		<i>Conomorium amplum</i>	Crisàlida	Thaumetopoeidae	CAIB, 1991
			○ <i>T. pityocampa</i>		
	<i>Psychophagus omnivorus</i>	Crisàlida	Noctuoidea	CAIB, 1991	
			○ <i>Chrysodeixis chalcites</i>	Mosson et al., 1997	
			○ <i>Lacanobia oleracea</i>		
			○ <i>Spodoptera exigua</i>		
			Thaumetopoeidae		
			○ <i>T. pityocampa</i>		
Trichogrammatidae	<i>Trichogramma evanescens</i>	Ou	Crambidae	Alemaný i Miranda, 2008	
			○ <i>C. perspectalis</i>	Pintureau, 2008	
			○ <i>Evergestis forficalis</i>		



-
- Geometridae
 - Lasiocampidae
 - *Dendrolimus pini*
 - Lycaenidae
 - *Cacyreus marshalli*
 - Noctuidae
 - *Agrotis segetum*
 - *Chrysodeixis chalcites*
 - *Helicoverpa armigera*
 - *Mamestra brassicae*
 - *Noctua pronuba*
 - Pieridae
 - *Pieris brassicae*
 - *Pieris rapae*
 - Plutellidae
 - *Plutella xylostella*
 - Sphingidae
-

Taula 6: **Parasitoids de *Cydalima perspectalis* no citats a Balears** i espècies de lepidòpters que parasita presents a Balears. La distribució de las especies parasitades es va contrastar amb Fauna Europaea (De Jong, 2013).

Ordre	Familia	Espècie no citada a Balears	Fase diana	Espècie parasitada present a Balears	Referència	
Diptera	Tachinidae	<i>Orius majusculus</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	Göttig i Herz, 2016	
		<i>Pseudoperichaeta nigrolineata</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019	
				Lycaenidae ○ <i>Polyommatus bellargus</i>	Martinez i Reymonet, 1991	
				Lymantriidae ○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i>	Wan, 2014	
				Noctuoidea ○ <i>Spodoptera exigua</i>		
				Pyralidae	○ <i>Etiella zinckenella</i>	
					○ <i>Galleria metlonella</i>	
					○ <i>Myelois circumvoluta</i>	
					○ <i>Ostrinia nubilalis</i>	
				Tortricidae	○ <i>Cacoecimorpha pronubana</i>	
					○ <i>Pammene fasciana</i>	
					○ <i>Ptycholoma fuscocupreana</i>	
				Hymenoptera	Braconidae	<i>Chelonus tabonus</i>
<i>Chelonus sp.</i>	Ou	Crambidae <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019 Cheng, 2005			
<i>Dolichogenidea stantoni</i>	Larva	Crambidae <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019 She i Feng, 2006			
<i>Protapanteles sp.</i>	NA	Crambidae <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019			
<i>Protapanteles mygdonia</i>	NA	Crambidae <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019			

Chalcidae	<i>Brachymeria lasus</i>	Crisàlida	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Thaumetopoeidae ○ <i>T. pityocampa</i>	Belokobylskij i Gninenko, 2016 CAIB, 2019 Chen et al., 2005
Encyrtidae	<i>Tyndarichus sp.</i>	Ou	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Thaumetopoeidae ○ <i>T. pityocampa</i>	CAIB, 2019 Zhao et al., 2004
Ichneumonidae	<i>Apechthis compunctator</i>	Crisàlida	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019 Wan et al., 2014
	<i>Casinaria sp.</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019 Zhao et al., 2004
	<i>Meteorus pendulus</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Noctuoidea ○ <i>Mythimna sp.</i> ○ <i>Noctua janthe</i> ○ <i>Noctua pronuba</i> ○ <i>Plusia festucae</i> ○ <i>Spodoptera exigua</i>	CAIB, 2019 Ghahari, 2015 Sangerman, 2018
	<i>Stibeutes sp.</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>	CAIB, 2019 Sangerman, 2018
	Scelionidae	<i>Amblyscelio striaticeps</i>	Larva	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i>
Trichogrammatidae	<i>T. brassicae</i>	Ou	Crambidae ○ <i>C. perspectalis</i> Noctuidae ○ <i>Helicoverpa armígera</i> ○ <i>Mamestra brassicae</i> Pieridae ○ <i>Pieris brassicae</i>	Göttig i Herz, 2016 Pintureau, 2008

<i>T. bourarachae</i>	Ou	Crambidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>C. perspectalis</i> Erebidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i> Nymphalidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Vanessa cardui</i> Praydinae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Prays oleae</i>
<i>T. cacoeciae</i>	Ou	Crambidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>C. perspectalis</i> ○ <i>Loxostege sticticalis</i> Erebidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i> Lasiocampidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Dendrolimus pini</i> Noctuidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Acontia trabealis</i> ○ <i>Acronicta rumicis</i> ○ <i>Agrotis segetum</i> ○ <i>Helicoverpa armígera</i> ○ <i>Noctua pronuba</i> Totricidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Cacoecimorpha pronubana</i> Praydinae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Prays oleae</i>
<i>T. cordubensis</i>	Ou	Crambidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>C. perspectalis</i> Erebidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i> Noctuidae <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Helicoverpa armígera</i> Pieridae

		○ <i>Gonepteryx</i> sp
		Praydinae
		○ <i>Prays oleae</i>
		Sphingidae
		○ <i>Acherontia atropos</i>
<i>T. dendrolimi</i>	Ou	Crambidae
		○ <i>C. perspectalis</i>
<i>T. nerudai</i>	Ou	Crambidae
		○ <i>C. perspectalis</i>
<i>T. pintoii</i>	Ou	Crambidae
		○ <i>C. perspectalis</i>
		○ <i>Loxostege sticticalis</i>
		Erebidae
		○ <i>Euproctis chrysorrhoea</i>
		Nymphalidae
		○ <i>Vanessa cardui</i>
		Noctuidae
		○ <i>Agrotis segetum</i>
		○ <i>Helicoverpa armigera</i>
		○ <i>Mamestra brassicae</i>
		○ <i>Plusia festucae</i>
		Pieridae
		○ <i>Pieris brassicae</i>
		Praydinae
		○ <i>Prays oleae</i>
		Pyralidae
		○ <i>Ostrinia nubilalis</i>

Objectiu 3: Avaluar l'eficàcia dels parasitoids comercials

Per poder assolir aquest objectiu es dugueren a terme tres activitats: a) alliberació controlada d'exemplars de *Trichogramma* spp. comercials, b) recollida i anàlisi del nombre d'individus *Cydalima* desenvolupats i c) càlcul del percentatge de parasitació. A continuació s'explica el material i mètodes de cada una d'aquestes activitats i els principals resultats obtinguts.

Material i Mètodes:

Per avaluar l'**eficàcia dels parasitoids comercials** es necessitaven ous de *Cydalima* ja que *Trichogramma* spp. només parasita els ous de lepidòpters. Com s'ha descrit a l'objectiu 1, la localització d'ous en camp és molt difícil. Per això, tot i que no està contemplat al projecte, es va decidir criar en condicions ambientals controlades tota una generació de *C. perspectalis* (Figures 12 i 13), amb l'objectiu d'obtenir un nombre elevat d'adults i, per tant, d'ous per tal avaluar *Trichogramma* spp. com a possible control biològic de *C. perspectalis*. Per això, es varen fer mostrejos en camps, amb l'objectiu de capturar adults. A més, els individus obtinguts en camp per a l'objectiu 1, dels quals no va emergir cap parasitoid, també es varen utilitzar per aquesta activitat. Tots aquests individus varen ser introduïts en una gàbia entomològica.

Les fases immadures varen ser alimentades amb exemplars de *Buxus microphylla*, els quals eren regats cada dia. Per altra banda, els adults varen ser alimentats amb una esponja mullada amb una dissolució de mel amb aigua 1:5 i col·locada en la part apical de la gàbia. Aquesta metodologia, a més de permetre l'obtenció d'ous, ha permet obtenir informació sobre el cicle biològic de *C. perspectalis* sota les nostres condicions.

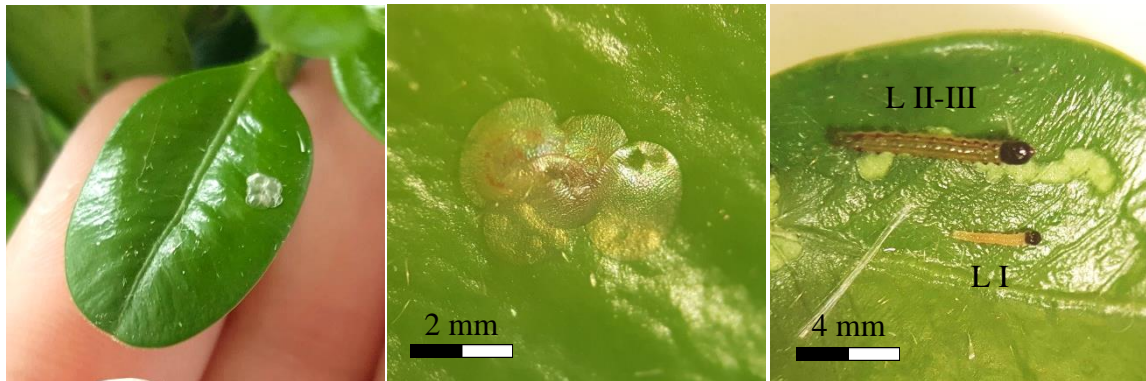


Figura 12: Ous i primeres fases larvàries sota una fulla de *Buxus microphylla* de *C. perspectalis* criades en condicions ambientals controlades. Autor: C. Herrera



Figura 13: Darreres fases larvàries alimentant-se de *Buxus microphylla* i adults de *C. perspectalis*. Autor: C. Herrera

Per a dur a terme l'alliberació controlada d'exemplars de *Trichogramma* spp. comercials, es varen infectar artificialment 6 boixos (*B. microphylla*) amb masses d'ous obtinguts de la generació criada de *Cydalima* en condicions controlades al camp experimental de la UIB (Figura 14). En tot l'experiment es varen emprar un total de 505 ous.



Figura 14: Boixos infectats artificialment amb masses d'ous per avaluar *Trichogramma* spp. comercials com a possible control biològic de *C. perspectalis*. Autor: C. Herrera

A cada boix es varen distribuir en tres altures (part baixa, mitja i alta), 15 fulles amb masses d'ous, 5 a la part baixa, 5 a la part mitja i 5 a la part alta. Les fulles es varen fixar utilitzant agulles entomològiques acuradament per tal de no eliminar les escates de les ales deposites per la femella de *C. perspectalis* durant l'ovoposició (Göttig i Herz, 2016) (Figura 15). Els boixos es varen mantenir en tendes de campanya que no permeten l'entrada ni la sortida d'individus. Seguidament, a 3 boixos, es va fer una alliberació controlada de *Trichogramma* spp. controlada amb una dosi de 10.000 individus per boix (Figura 9).



Figura 15: Infecció dels *Buxus* amb masses d'ous i alliberació controlada de *Trichogramma* sp. comercials. Autor: C. Herrera.

Primer de tot es va analitzar que cada altura i tractament disposava del mateix nombre d'ous de *Cydalima* disponibles per parasitar. El primer pas va ser realitzar un test de Shapiro per analitzar la normalitat de les dades i un test de Barlett per analitzar la homogeneïtat de les variàncies. Finalment, es va realitzar un T-test y test de Wilcoxon Mann Whitney per observar si hi havia diferències estadísticament significatives en el nombre d'ous entre les diferents altures dels tractaments.

Transcorregudes dues setmanes es va calcular el percentatge de larves desenvolupades com a indicador de l'eficiència del parasitoides alliberats (Figura 16). Es va realitzar un test de Shapiro per analitzar la normalitat de les dades i un test de Barlett per analitzar la homogeneïtat de les variàncies. Finalment, es va realitzar un T-test y test de Wilcoxon Mann Whitney per observar si hi havia diferències estadísticament significatives en el percentatge de larves desenvolupades després d'una alliberació controlada de parasitoides comercials del gènere *Trichogramma*.



Figura 16: Femella de *Trichogramma* sota ous de *Cydalima* (esquerra) i exemplar de *Trichogramma* emergit d'un ou parasitat de *Cydalima* (dreta). Autor: C. Herrera.

Resultats i Discussió:

Els resultats no varen presentar diferències estadísticament significatives entre el nombre d'ous disponibles per a cada tractament i altura ($p\text{-value} > 0.05$) (Figura 17 i 18).

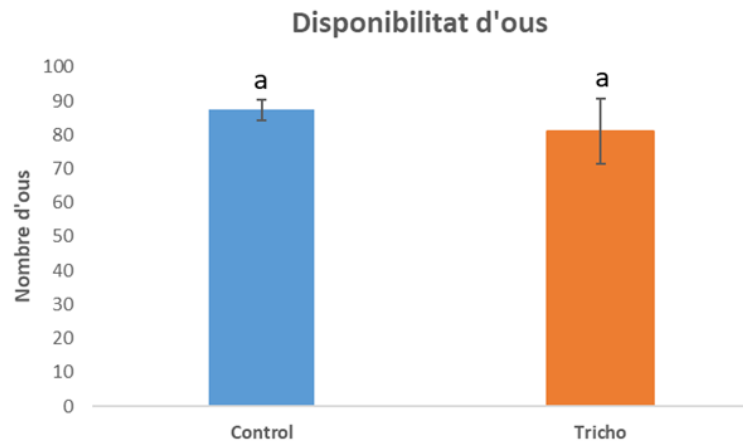


Figura 17: Disponibilitat d'ous de *Cydalima perspectalis* entre tractaments.

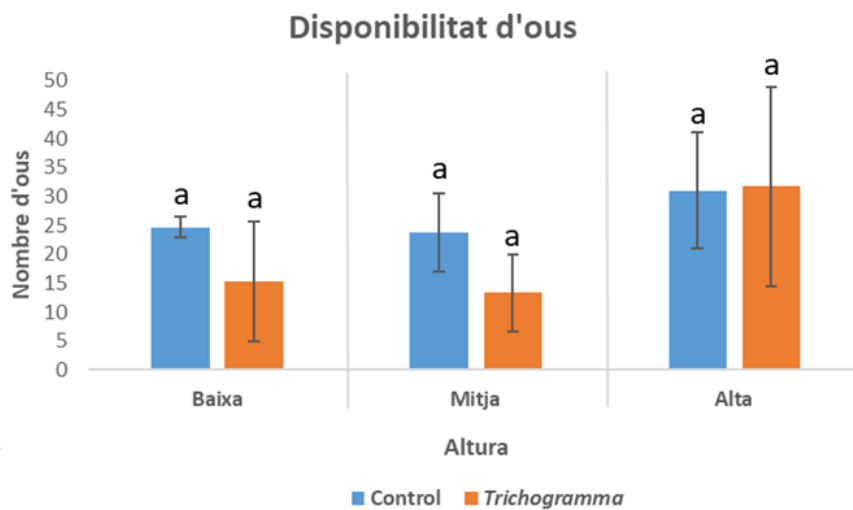


Figura 18: Disponibilitat d'ous de *Cydalima perspectalis* distribuïts a la part baixa, mitja i alta del boix.

Aquests resultats determinen que les diferències en el percentatge de larves de *Cydalima* desenvolupades es a causa de la parasitació per part de *Trichogramma* i no pel nombre d'ous utilitzats a l'experiment.

En el cas dels *Buxus* os es va realitzar l'alliberació controlada del parasitoid, es va obtenir un percentatge de larves desenvolupades del $24,50 \pm 5,56$ %. Aquest resultat presenta un descens estadísticament significatiu del percentatge de larves de *Cydalima* desenvolupades (p.value = 0.017) en comparació als *Buxus* control ($46,78 \pm 6,80$ %). Estandarditzant el percentatge de larves desenvolupades del control al 100%, suposa un descens del 47.61% després de l'aplicació de *Trichogramma* (Figura 19).

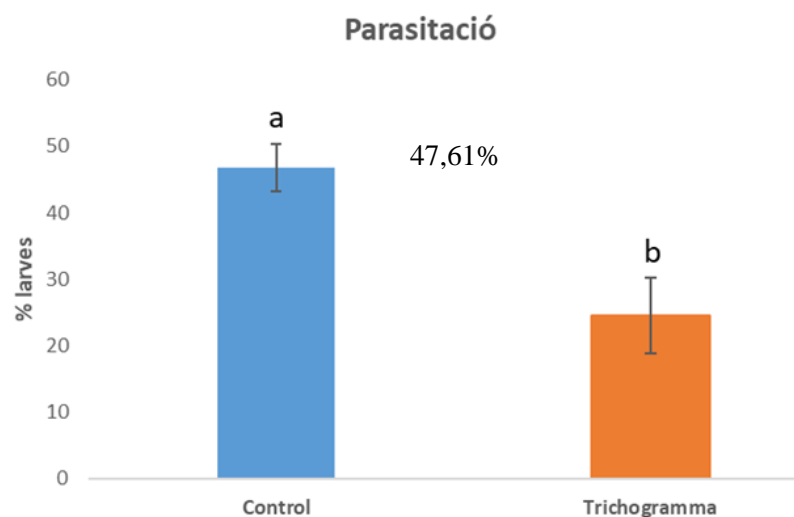


Figura 19: Efecte de la introducció de parasitoides comercials del gènere *Trichogramma* sota el percentatge de larves desenvolupades de l'eruga del boix *Cydalima perspectalis*. Lletres diferents reflexa diferències estadísticament significatives (p-value < 0.05).

Aquest descens en el percentatge de larves desenvolupades es va veure reflectit en la part mitjana del boix (Figura 20), part on es varen disposar les targetes TrichoBuxus segons indicacions de la empresa i on es va registrar un descens del 59,83 % en comparació a la part mitja del control; un descens del 48,90% a la part baixa; i un descens del 9.60% a la part alta. No obstant, no hi va haver diferències estadísticament significatives en el percentatge de larves desenvolupades segons l'altura dels ous (Figura 21).

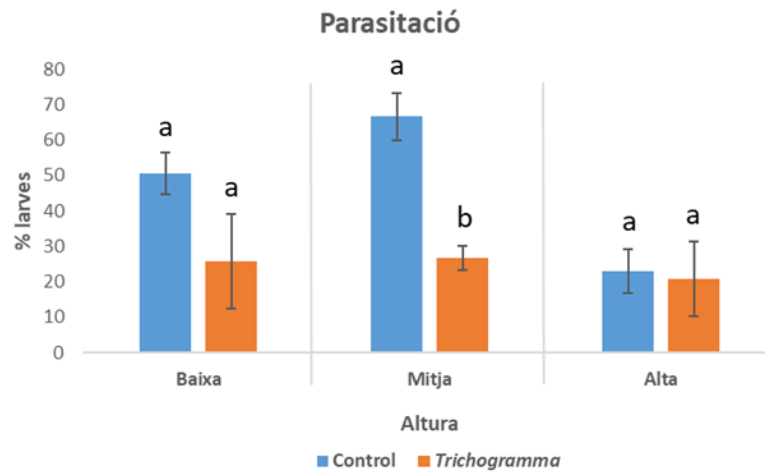


Figura 20: Efecte de la introducció de parasitoides comercials del gènere *Trichogramma* sota el percentatge de larves desenvolupades de l'eruga del boix *Cydalima perspectalis* a tres altures diferents (baixa, mitja i alta). Lletres diferents reflexa diferències estadísticament significatives (p-value < 0.05).

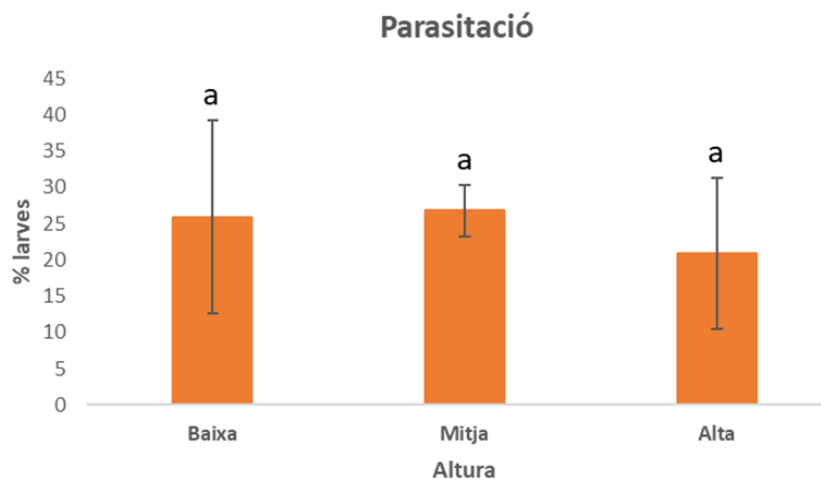


Figura 21: Percentatge de larves desenvolupades de l'eruga del boix *Cydalima perspectalis* a tres altures diferents (baixa, mitja i alta). Lletres diferents reflexa diferències estadísticament significatives (p-value < 0.05).

Hi ha pocs estudis de parasitació de *Trichogramma* sota ous de *Cydalima*. No obstant, es varen trobar dos treballs: un únic article científic en condicions de laboratori (Göttig i Herz, 2016) i un informe tècnic realitzat en condicions urbanes (Las Heras i Arimany, 2019).

Per una banda, referent a l'article científic, la mateixa espècie identificada al producte comercial TrichoBuxus, *T. brassicae*, va parasitar fins i tot menys del 10% dels ous oferts de *Cydalima* amb un màxim del 13%, un percentatge inferior al registrat en aquest estudi (47.61 %). No obstant, s'ha de tenir en compte que les espècies en condicions de laboratori no tenen el mateix comportament que en condicions naturals. Per tant, es valora positivament el fet de que en condicions de semi camp el percentatge de parasitació hagi estat superior al de laboratori.

Per altra banda, referent a l'informe tècnic es va dur a terme a Girona on realitzaren una alliberació de TrichoBuxus en condicions urbanes on varen registrar un 61.7% de parasitació als ous monitoritzats. En aquest cas varen realitzar dues alliberacions separades per 15 dies i monitoritzant 3 grups de postes diferents, concloent que el parasitació va ser menor la primera setmana de monitoratge (45% de parasitació) i va anar augmentant en funció de les setmanes (75% de parasitació) (Las Heras i Arimany, 2019).

Es té constància que depenent de la espècie de *Trichogramma* es té major o menor preferència per ous de *Cydalima* (Göttig i Herz, 2016). Per exemple, en Göttig i Herz (2016) es va investigar la idoneïtat de vuit espècies de *Trichogramma* (*T. bourarachae*, *T. brassicae*, *T. cacoeciae*, *T. cordubensis*, *T. dendrolimi*, *T. evanescens*, *T. nerudai* i *T. pintoï*) per postes de *Cydalima*.

Aquest estudi suggereix que les femelles de diverses espècies de *Trichogramma* poden acceptar els ous de *Cydalima* com a hoste potencial. Ja que més del 50% de les femelles de la majoria de les espècies van trobar els ous i presentaven signes de parasitació. L'èxit de la producció de progenies també va indicar que *C. perspectalis* podria ser un hoste adequat, ja que les taxes d'emergència d'ous parasitats varen ser elevades (fins a 2-3 ous parasitoides per ou hoste) (Göttig i Herz, 2016).

Per una banda, cada femella de la espècie identificada al producte comercial TrichoBuxus, *T. brassicae*, va parasitar 1.50 ± 0.24 ous de *Cydalima*, corresponent a la segona espècie que més ous per femella va parasitar de les espècies estudiades (Göttig i Herz, 2016). Per altra banda, cada

femella de la espècie citada a Balears, *T. evanescens*, va parasitar 1.17 ± 0.18 ous de *Cydalima*, corresponent a la quarta espècie que mes ous per femella va parasitar de les espècies estudiades (Göttig i Herz, 2016). L'anàlisi no va presentar diferències estadísticament significatives en el nombre d'ous parasitats entre *T. brassicae* i *T. evanescens*. Així mateix, totes dues espècies varen posar entre 2 y 3 ous a un ou hoste de *Cydalima*, sent una de les majors taxes registrades de les espècies estudiades (Göttig i Herz, 2016).

Factors importants per a l'acceptació dels ous d'hoste per part dels parasitoids són la forma, la mida i el moviment en combinació amb compostos químics sota i a l'interior dels ous, com ara olors d'estimulació quimiosensorial, toxines, enzims citolítics i nutrients (Vinson, 1976; Vinson i Iwantsch, 1980). Les plantes del gènere *Buxus* contenen metabòlits vegetals secundaris (alcaloides) altament tòxics. Leuthardt et al., (2013) varen determinar que les larves de *Cydalima* emmagatzemen grans quantitats d'alcaloides dibàsics al seu cos, el qual podria comprometre el desenvolupament dels parasitoids. No obstant, de moment no es té constància de si els ous en presenten. Així mateix, als ous de *Cydalima* poden produir mecanismes de defensa basats en productes químics o immunitaris que impedeixen el desenvolupament exitós del parasitoid (Göttig i Herz, 2016). Això, també podria explicar la reduïda taxa de parasitació registrat al objectiu 1 del present estudi, ja que les principals postes obtingudes varen ser larves.

Agraïments

Els autors volen agrair als enginyers forestals Miguel Amador Buñola i Tomeu Orient per acompanyar-nos les primeres sortides de camps. A la Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca i al Servei de Sanitat Forestal per el seu suport durant la realització del projecte. Un agraïment especial a Toni Capó i Marc Flexas com estudiants col·laboradors del Laboratori de Zoologia per la seva col·laboració, als tècnics del laboratori per ajudar-nos en les tasques de laboratori, i als tècnics de l'hivernacle pel suport en el manteniment dels boixos.

Bibliografia

- Akıncı, H.A. i Kurdoğlu, O. (2019) Damage Level of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) on Naturally Growing and Ornamental Box Populations in Artvin, Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(2), 144-151.
- Alemaný, A. i Miranda, M.A. (2008). Enemigos naturales de la procesionaria del pino: importancia de los parasitoides. Jornada Técnica sobre la Procecionaria del Pino (*Thaumetopoea pityocampa* Den & Schif) en Menorca.
- Arnaud, P.H. (1978). A Host-Parasite Catalog of North American Tachinidae (Diptera). 1319, U.S. *Science and Education Administration*, Washington, DC.
- Askew, R.R. i Nieves-Aldrey, J.L. (2004). Further observations on eupelminae (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eupelmidae) in the Iberian peninsula and Canary Islands, including descriptions of new species. *Graellsia*, 60(1): 27-39.
- Babendreier, D., Rostás, M., Höfte, M.C.J., Kuske, S. i Bigler, F. (2003). Effects of mass releases of *Trichogramma brassicae* on predatory insects in maize. *Entomologia experimentalis et applicata*, 108(2), 115-124.
- Badano, D., Caracciolo, D., Mariotti, M. i Raineri, V. (2019). Destruction of a protected habitat by an invasive alien species: the case of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in the box tree formations of Liguria (North-West Italy)(Lepidoptera: Crambidae). *SHILAP Revista de Lepidopterologia*, 47(185).
- Baldock, D.W., Lovory, A. i Owens, N.W. (2020). *The bees and wasps of the balearic islands. (Hymenoptera: Chrysidoidea, Vespoidea, Apoidea) with a discussion of aculeate diversity and endemism in Mediterranean and Atlantic archipelagos*. Ed: Schwarz, S. Entomofauna, Supplementum, 25. ISSN-Nr. 0250-4413

- Barrientos, J.A. (Ed.). (2004). *Curso práctico de entomología* (Vol. 41). Univ. Autònoma de Barcelona.
- Bebendreier D., Kuske S. i Bigler F. (2003). Overwintering of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* in Northern Switzerland. *BioControl*, 48 : 261-273.
- Belokobylskij, S.A., i Gninenko, Y.I. (2016). A solitary endoparasitoid (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) of the severe *Buxus* pest *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the North Caucasus of Russia. *Zoosystematica Rossica*, 25(2): 248–254.
- Bezdenko T.T. (1968). Méthode de lutte biologique contre les ravageurs des cultures fruitières. Izdatelstvo «Ouradjai», Minsk, 160 pp.
- Bigler, F. Babendreier, D. i Kuhlmann, U. (2006). Current status and constraints in the assessment of non-target effects. *Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment* (eds Bigler, F. Babendreier, D., i Kuhlmann, U.). CABI Publishing, Cambridge, MA.
- Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J.-Y. i Boeuf, G. (2010). *The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time*, Oxford: Oxford University Press, New York.
- Boettner, G.H., Elkinton, J.S., i Boettner, C.J. (2000). Effects of a biological control introduction on three nontarget native species of saturniid moths. *Conservation Biology*, 14(6), 1798-1806.
- Bouse, L.F., Carlton, J.B. i Morrison, R.K. (1981). Aerial application of insect egg parasites. *Transactions of the ASAE*, 24(5), 1093-1098.
- CAIB. (1991). *La procesionaria del pino*. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Direcció General de Producció i Indústries Agràries. 11p. <http://www.caib.es/sites/sanitatforestal/f/142154>
- CAIB. (2019). “*Cydalima perspectalis*, l'eruga del Boix”. Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca. Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat. Servei de Sanitat Forestal.
- Ceballos, G. (1959). Primer suplemento al Catálogo de los Himenópteros de España.
- Ceballos, G. (1964). Segundo suplemento al Catálogo de los Himenópteros de España.
- Chen, H.L., Gao, Z.G., Zhou, J.M., i Chen, H.M. (2005). Bionomics of the box-tree pyralis, *Diapania perspectalis* [J]. *Jiangxi Plant Prot*, 4, 21-24.
- Cheng, S.P. (2005). Studies on the box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* (Walker). *Anhui Agri. Sci. Bull*, 11, 107-108.

- Culshaw-Maurer, M., Sih, A., i Rosenheim, J.A. (2020). Bugs scaring bugs: enemy-risk effects in biological control systems. *Ecology Letters*, 23(11), 1693-1714.
- De Jong, Y.S.D.M. (ed.) 2013. Fauna Europaea, version 2.6. Accesible (2014) en: <http://www.faunaeur.org>
- Dugast J.F. i Voegelé J. (1984). Les Trichogrammes parasites des vers de la grappe; découverte d'une nouvelle espèce: *Trichogramma daumalae* (Hym., Trichogrammatidae). *Actes Inst. Agron. Vét. Hassan II*, 4 : 11-21.
- Ebrahimi E., Pintureau B. i Shojai M. (1998). Morphological and enzymatic study of the genus *Trichogramma* in Iran (Hym. Trichogrammatidae). *Appl. Entomol. Phytopath.*, 66 : 39-42.
- EEA. (2007). European Environment Agency. Technical report 11/2007: Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. EEA, Copenhagen. URL https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_11
- EEA. (2012). European Environment Agency. Technical report 16/ 2012: The impacts of invasive alien species in Europe. EEA, Copenhagen. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/impacts-of-invasive-alien-species>
- Eilenberg, J., Hajek, A., i Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400.
- EPPO. (2020a). European and Mediterranean Plant Protection Organisation. Global Database. *Cydalima perspectalis*. URL <https://gd.eppo.int/taxon/DPHNPE/distribution>
- EPPO. (2020b). European and Mediterranean Plant Protection Organisation. Global Database. Alert List. URL https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list
- Feldtrauer, J.F., Feldtrauer, J.J. i Brua, C. (2009). Premiers signalements en France de la Pyrale du Buis *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotique envahissante s'attaquant aux Buis (Lepidoptera, Crambidae). *Bull. Soc. Entomol. Mulhouse*, 65, 55-58.
- Fernández, J. (2017). Nuevos táxones animales descritos en la península Ibérica y Macaronesia desde 1994. *Graellsia*, 73(1): e058.
- Fora, C.G. i Poșta, D.S. (2015). *Cydalima perspectalis* Walk. (Lepidoptera: Crambidae), a dangerous pest of *Buxus sempervirens* in Timis County, Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 19 (3), 26-31.

- Fora, C.G., i Pošta, D.S. (2015). *Cydalima perspectalis* Walk. (Lepidoptera: Crambidae), a dangerous pest of *Buxus sempervirens* in Timis County, Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 19(3), 26-32.
- Ghahari, H. (2015). A faunistic study on the subfamily Euphorinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea, Braconidae) from Iran. *Arquivos Entomol6xicos*, (14), 149-156
- Gninenko, Y.I., Shiryaeva, N.V. i Shurov V.I. (2014). The box tree moth - a new invasive pest in the Caucasian forests. *Plant Health Research and Practice*, 7, 32-39.
- G6mez, M.R. (2005). Tcnica para montar especimenes de *Trichogramma* spp (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista Chapingo Serie Zonas 1ridas*, 4(2), 51-53.
- G6ttig, S. (2017). Development of eco-friendly methods for monitoring and regulating the box tree pyralid, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), an invasive pest in ornamentals (Doctoral dissertation, Technische Universit1t).
- G6ttig, S. i 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.
- G6ttig, S. i Herz, A. (2017). Observations on the seasonal flight activity of the box tree pyralid *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in *Journal of Cultivated Plants the Rhine-Main Region of Hessia.*, 69(5), 157-165.
- Goulet, H. i Huber, J.T. (1993). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Ontario. 668 pp.
- Greathead, D. (1986). Parasitoids in classical biological control. *See Ref. 158a*, pp. 289–318
- Greathead, D.J. (1995). *Benefits and risks of classical biological control*. In *Biological Control: benefits and risks* (eds. H. M. T. Hokkanen and J. M. Lynch), pp. 53–63. Cambridge University Press, Cambridge.
- Grenier, S. (1988). Applied biological control with tachinid flies (Diptera, Tachinidae): a review. *Anz. Schadling. Pfl. Umw.* 51:49–56
- Gu, G. (1970). On the Box tree pyralid *Glyphodes perspectalis* (Lepidoptera; Pyralidae) from Korea. *Korean Journal of Zoology*, 13(2), 57-60.
- Hawkins, B.A. i Marino, P.C. (1997). The colonisation of native phytophagous insects in North America by exotic parasitoids. *Oecologia*, 112, 566–571
- Heraty, J. (2009). Parasitoid biodiversity and insect pest management. *Insect biodiversity: science and society*, 445-462.

- Herting, B. (2017). A critical revision of host records of Palearctic Tachinidae (Diptera) until 19371. *Integrative Systematics: Stuttgart Contributions to Natural History*, 10(10), 41-173.
- Hoddle, M.S. (2002). *Classical biological control of arthropods in the 21st century*. In Keynote Presentation held on the 1. International Symposium on Biological Control of Arthropods (pp. 14-18).
- Inoue, H., Sugi, S., Kuroko, H., Moriuti, S., Kawabe, A. i Owada, M. (1982). *Moths of Japan 1 & 2*. Kodansha, Tokyo, Japan.
- John, R. i Schumacher, J. (2013). Der Buchsbaum-Zünsler (*Cydalima perspectalis*) im Grenzach-Wyhlener Buchswald–Invasionschronik und Monitoringergebnisse. *Gesunde Pflanzen*, 65(1), 1-6.
- Johnson, S.J., Pitre, H.N., Powell, J.E. i Sterling, W.L. (1986). Control of *Heliothis* spp. by conservation and importation of natural enemies. In *Theory and Tactics of Heliothis Management: Cultural and Biological Control*. pp. 132-154. Southern Cooperative Series. Bull. 316.
- Kenis, M., Auger-Rozenberg, M-A., Roques, A., Timms, L., Péré, C., Cock, M.J.W., Settele, J., Augustin, S. i Lopez-Vaamonde C. (2009). Ecological effects of invasive alien insects. *Biological Invasions*, 11, 21-45.
- Kenis, M., Hurley, B.P., Colombari, F., Lawson, S., Sun, J., Wilcken, C., Weeks, R. i Sathyapala, S. (2019). *Guide to the classical biological control of insect pests in planted and natural forests*, FAO Forestry Paper No. 182. Rome, FAO.
- Kenis, M., Nacambo, S., Leuthardt, F. L. G., Domenico, F. D. i Haye, T. (2013). The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster?. *Aliens: The Invasive Species Bulletin*, (33), 38-41.
- Knutson, A. (1998). The *Trichogramma* manual. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service; no. 6071.
- Kostadinov, D.N. (1987). Species of *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in Bulgaria with description of a new species. *Acta Zool. Bulgarica*, 33 : 78-82.
- Krüger, E.O. (2008). *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859)-new for the European fauna (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Zeitschrift mit Insekten-Börse*, 118(2), 81-83.
- Las Heras, S., i Arimany, M. (2019). Desenvolupament de mètodes per monitoritzar i controlar *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) plaga exòtica defoliadora de boixos, a parcs i jardins. Disponible a http://nou.apevc.com/wp-content/uploads/2020/02/APEVC_metodes-de-control-Cydalima-Manuscrit-final.pdf

- Lázaro, A. i Traveset, A. (2006). Reproductive success of the endangered shrub *Buxus balearica* Lam.(Buxaceae): pollen limitation, and inbreeding and outbreeding depression. *Plant Systematics and Evolution*, 261(1-4), 117-128.
- Leuthardt, F.L.G., Billen, W. i Baur, B. (2010). Ausbreitung des Buchsbaumzünslers *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in der Region Basel – eine für die Schweiz neue Schädlingsart. *Entomo Helvetica*, 3, 51-57.
- Leuthardt, F.L. i Baur, B. (2013). Oviposition preference and larval development of the invasive moth *Cydalima perspectalis* on five European box-tree varieties. *Journal of Applied Entomology*, 137(6), 437-444.
- Leuthardt, F.L.G. i Ramin S. (2011). The Box-Tree Pyralid *Diaphania perspectalis* - Occurrence, Dispersal and Impact of an Invasive Species in Switzerland. *Jahrbuch der Baumpflege*, 255-260.
- Leuthardt, F.L.G., Glauser, G. i Baur, B., (2013). Composition of alkaloids in different box tree varieties and their uptake by the box tree moth *Cydalima perspectalis*. *Chemoecology*, 23, 203-212.
- Lodge, D.M., Simonin, P.W., Burgiel, S.W., Keller, R.P., Bossenbroek, J.M., Jerde, C.L., Kramer, A.M., Rutherford, E.S., Barnes, M.A, Wittmann, M.E., Chadderton, W.L., Apriesnig, J.L., Beletsky, D., Cooke, R.M., Drake, J.M., Egan, S.P., Finnoff, D.C., Gantz, C.A., Grey, E.K., Hoff, M.H., Howeth, J.G., Jensen, R.A., Larson, E.R., Mandrak, N.E., Mason, D.M., Martinez, F.A., Newcomb, T.J., Rothlisberger, J.D., Tucker, A.J., Warziniack, T.W. i Zhang, H. (2016). Risk analysis and bioeconomics of invasive species to inform policy and management. *Annual Review of Environment and Resources*, 41.
- López, J.D. i Morrison, R.K. (1980). Overwintering of *Trichogramma pretiosum* in central Texas. *Environmental Entomology*, 9(1), 75-78.
- Losey, J.E. i Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323.
- Mally, R. i Nuss, M. (2010). Phylogeny and nomenclature of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) comb. n., which was recently introduced into Europe (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae: Spilomelinae). *European journal of Entomology*, 107(3).
- Martin, J. C. Brinquin, A. S. Morel, E. Tabone, E. i Guerin, M. (2015). *Nouvel outil de regulation de la pyrale du buis, Cydalima perspectalis (Walker): un kit piege et pheromone hautement attractif*. 5th Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives de Protection des Plantes, Nouveau Siècle, Lille, France.
- Martinez, M. i Reymonet, C. (1991). Les hôtes de *Pseudoperichaeta nigrolineata* et de *P. palesoidea* [DIPT.: Tachinidae]. *Entomophaga*, 36(2), 227-233.

- Maruyama, T. (1992). Difference in injury levels caused by the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) on various box-trees. *Nihon oyo dobutsu konchu gakkaiishi*, 36(1), 56-58.
- Maruyama, T. i Shinkaji, N. (1987). Studies on the life cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker)(Lepidoptera: Pyralidae). I. Seasonal adult emergence and developmental velocity. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 31(3), 226-232.
- Maruyama, T. i Shinkaji, N. (1991). The life-cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker)(Lepidoptera: Pyralidae). II. Developmental characteristics of larvae. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 35(3), 221-230.
- Matošević, D. (2013). Box tree moth (*Cydalima perspectalis*, Lepidoptera; Crambidae), new invasive insect pest in Croatia. *South-east European forestry*, 4(2), 89-94.
- Mitchell, R., Chitanava, S., Dbar, R., Kramarets, V., Lehtijärvi, A., Matchutadze, I., Matsiakh, I., Nacambo, S., Papazova-Anakieva, I., Sathyapala, S., Tuniyev, B., Véték, G., Zukhbaia, M. i Kenis, M. (2018). Identifying the ecological and societal consequences of a decline in *Buxus* forests in Europe and the Caucasus. *Biological invasions*, 20(12), 3605-3620.
- Morewood, D.W. i Wood, M.D. (2002). Host utilization by *Exorista thula* Wood (sp. nov.) and *Chetogena gelida* (Coquillett)(Diptera: Tachinidae), parasitoids of arctic *Gynaephora* species (Lepidoptera: Lymantriidae). *Polar Biology*, 25(8), 575-582.
- Mosson, H.J., Marris, G.C. i Edwards, J.P. (1997). The comparative biology of the pupal endoparasitoid *Psychophagus omnivorus* (Hym.: Pteromalidae) on three candidate lepidopteran hosts. *Entomophaga*, 42(3), 367-376.
- Muus, T.S.T., Van Haften, E.J. i Van Deventer, L.J. (2009). The box-tree pyralid *Palpita perspectalis* (Walker) in The Netherlands (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Berichten*, 69(2), 66-67.
- Myers, J. H., Higgins, C. i Kovacs, E. (1989). How many insect species are necessary for the biological control of insects? *Environmental Entomology*, 18, 541-547
- Nacambo, S. (2012). *Parasitació, desenvolupament, model·le climàtic i impacte de Cydalima perspectalis en Europa*. MSc-thesis University of Neuchâtel, Switzerland.
- Nacambo, S., Leuthardt, F.L., Wan, H., Li, H., Haye, T., Baur, B., Weiss, R.M. i Kenis, M. (2014). Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 138(1-2), 14-26.
- Naranjo, S.E. (1993). Life history of *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), an egg parasitoid of pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae), with

- emphasis on performance at high temperatures. *Environmental Entomology*, 22(5), 1051-1059.
- Newton, P.J. (1993). Increasing the use of trichogrammatids in insect pest management: A case study from the forests of Canada. *Pesticide science*, 37(4), 381-386.
- NIMF 11. 2013. *Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias*. Roma, CIPF, FAO
- NIMF 2. 2007. *Marco para el análisis de riesgo de plagas*. Roma, CIPF, FAO
- NIMF 3. 2005. *Directrices para la exportación, el envío, la importación y liberación de agentes biológicos y otros organismos benéficos*. Roma, CIPF, FAO
- Nordlund, D. A., Lewis, W. J., Gross, J. H. i Beevers, M. (1981). Kairomones and their use for management of entomophagous insects: XII. The stimulatory effects of host eggs and the importance of host-egg density to the effective use of kairomones for *Trichogramma pretiosum* Riley. *Journal of chemical ecology*, 7(6), 909-917.
- Otero, R.P., Vázquez, J.P.M. i Vidal, M. (2014). *Cydalima perspectalis* Walker, 1859 (Lepidoptera, Crambidae): una nueva amenaza para *Buxus* spp. en la Península Ibérica. *Archivos entomológicos*, (10), 225-228.
- Paine, T. D. (2006). Invasive forest insects, introduced forest trees, and altered ecosystems. *Ecological Pest Management in Global Forests of a Changing World*. Springer
- Pan S.-B., Luo Q.-H., Long J.-K., Zhang Z.-Y., Mang D.-Z. i Shu M. (2011). Discovery of melanous adult of *Diaphania perspectalis* in Guizhou, China and preliminary survey of the wing colour stripes change of normal adults. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1), 212-213.
- Pavlik J. (1991). The oviposition activity of *Trichogramma* spp., the effect of temperature. *Les Colloques*, 56 : 85-87.
- Pinto, J.D. i Stouthamer, R. (1994). *Systematics of the Trichogrammatidae with emphasis on Trichogramma*. In *Biological Control with Egg Parasitoids*, eds. E. Wajnberg and S. A. Hassan, pp. 1-36. Oxon, U.K. CAB International.
- Pintureau B. (1990). Polymorphisme, biogéographie et spécificité parasitaire des Trichogrammes européens (Hym. Trichogrammatidae). *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, 95 : 17-38.
- Pintureau B. (1993). Enzymatic analysis of the genus *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) in Europe. *Entomophaga*, 38 : 411-431.
- Pintureau, B. (2008). *Les espèces européennes de Trichogrammes*. ILV Edition, InLibroVeritas.

- Pons, G. X. (2015). *Els invertebrats endèmics de les illes Balears: actualització del seu catàleg i apunts per a la seva conservació*. Llibre Verd de Protecció d'Espècies a les Balears, 181-206.
- Pujade-Villar, J., Ros-Farré, P., Segade, C. i Delvare, G. (1997). Primeros datos de calcididos en las Islas Baleares (Hymenoptera, Chalcididae). *Bolletí de la Societat d'Historia Natural de les Balears*, 35.
- Rey del Castillo, C. (1989). Especies paleárticas de Banchini y Glyptíni (Hym., Ichneumonidae) representadas en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. *Boletín Asoc. esp. Entom.* 13: 183-193.
- Riba, J.M. i Pujade, J. (2008). *Colecta de Puestas de Lymantria dispar L. (Lep.: Lymantriidae) en Zonas Tratadas y no Tratadas Químicamente en los Encinares de Menorca y Estudio de los Parasitoides de Huevos: Perspectivas de Futuro*. 21 pp
- Ribas, E. (2017). *Parasitació a les postes de Thaumetopoea pityocampa a Mallorca*. Treball de Fi de Grau, Universitat de les Illes Balears.
- Ruberson, J.R. i Kring, T.J. (1993). Parasitism of developing eggs by *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae): host age preference and suitability. *Biological Control*, 3(1), 39-46.
- Russo, J. i Voegelé J. (1982). Influence de la température sur quatre espèces de Trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hübn. (Lép. Pyralidae). I. Développement préimaginal. *Agronomie*, 2 : 509-516.
- Ryan, R.B. (1990). Evaluation of biological control: introduced parasites of larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) in Oregon *Environmental Entomology*, 19, 1873-1881.
- Ryan, R.B. (1997). Before and after evaluation of biological control of the larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) in the Blue Mountains of Oregon and Washington, 1912-1995. *Environmental Entomology*, 26, 703-715.
- Sáfián S. i Horváth B. (2011). Box tree moth - *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), new member in lepidoptera fauna of Hungary (Lepidoptera: Crambidae). *Natura Somogyiensis*, 19, 245-246.
- Sáfián, S. i Horváth, B. (2011). Box tree moth (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)) - a potential garden pest - new member in the Hungarian lepidoptera fauna (Lepidoptera: Crambidae). *Növényvédelem*, 47(10), 437-438.
- Salisbury, A., Korycinska, A. i Halstead, A. J. (2012). The first occurrence of larvae of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in private gardens in the UK. *British Journal of Entomology and Natural History*, 25(1), 1.

- Samways, M.J. (1997). Classical biological control and biodiversity conservation: What risks are we prepared to accept? *Biodiversity and Conservation*, 6, 1309–1316.
- Sanchez, V. (1995). *The genetic structure of northeastern populations of the tachinid Compsilura concinnata (Meigen), an introduced parasitoid of exotic forest defoliators of North America*. Ph.D. Dissertation. University of Massachusetts, Amherst
- Sangerman, M. (2018). *Evolució de la plaga a nivell europeu. Estratègies de lluita i control a França. Situació actual, resultats dels seguiments i propostes de gestió de la papallona del boix (Cydalima perspectalis) a Catalunya*. Jornada tècnica. 29 de novembre Olot. https://ruralcat.gencat.cat/c/document_library/get_file?uuid=66973f57-110c-49ed-9260-32eccc7dfeeb&groupId=20181
- Scaramozzino, P. L., Di Giovanni, F., Loni, A., Gisondi, S., Lucchi, A. i Cerretti, P. (2020). Tachinid (Diptera, Tachinidae) parasitoids of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775)(Lepidoptera, Tortricidae) and other moths. *ZooKeys*, 934, 111.
- Segú-López, G. i Pujade-Villar, J. (1997). Noves aportacions dels eupèlmids braquípters col·lectats a la península ibèrica i les illesbalears. (hymenoptera: chalcidoidea: eupelmidae). *Ses. Entom. ICHN-SCL*, 10: 71-77.
- Segú-López, G. i Pujade-Villar, J. (2000). Noves aportacions dels eupèlmids braquípters col·lectats a la Pensínsula Ibèrica i les Illes Balears.(Hymenoptera: chalcidoidea: eupelmidae). *Sessió Conjunta d'Entomologia*, 71-77.
- Seljak, G. (2012). Six new alien phytophagous insect species recorded in Slovenia in 2011. *Acta entomologica slovenica*, 20(1), 31-44.
- Shaw, M.R, i Huddleston, T. (1991). *Classification and biology of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae)*. Handbooks for the Identification of British Insects, Vol. 7. Royal Entomological Society of London, London, England. 126 pp.
- She, D.S. i Feng, F.J. (2006). Bionomics and Control of *Diaphania perspectalis*. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 26(6), 47.
- Shi, H.Z. i Hu, K.F. (2007). Occurrence regulation and control techniques of *Diaphania perspectalis*. *Hubei Agric Sci*, 46, 76-78.
- Simberloff, D. i Stiling, P. (1996). Risks of species introduced for biological control. *Biological Conservation*, 78, 185–192
- Stanković, S.S., Žikić, V., Hric, B. i Tschorsnig, H. P. (2014). Several records of Tachinidae (Diptera) reared from their hosts in Serbia and Montenegro. *Biologica Nyssana*, 5(1), 71-3.

- Stireman III, J.O., O'Hara, J.E. i Wood, D.M. (2006). Tachinidae: evolution, behavior, and ecology. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 525-555.
- Straten, M.J. i Muus, T.S. (2010). The box tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae), an invasive alien moth ruining box trees. *In Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*, 21, 107-111.
- Székely L. (2011). *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859), a new species for the Romanian fauna (Lepidoptera: Crambidae: Spilomelinae). *Buletin de informare entomologica* , 22(3-4), 73-77
- Tang, M.Y. (1993). Determination of biological characteristics, starting point of development and effective accumulated temperature of box tree caterpillar and their implications for control. *Entomol. Knowledge*, 30, 350-353.
- Tefera, T., Goftishu, M., Ba, M. i Muniappan, R. 2019. *A Guide to Biological Control of Fall Armyworm in Africa Using Egg Parasitoids*. First Edition, Nairobi, Kenya.
- Traveset, A., Escribano-Avila, G., Gómez, J.M. i Valido, A. (2019). Conflicting selection on *Cneorum tricoccon* (Rutaceae) seed size caused by native and alien seed dispersers. *Evolution* 73(11): 2204-2215.
- Tschorsnig, H.P. (1992). Tachinidae (Diptera) from the Iberian Peninsula and Mallorca. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A (Biologie)*. Nr. 472
- Uzun S., Bulut H., Ozpinar A., Kiliçer N., Oncüler C. i Kornosor S. 1995. *Trichogramma* species associated with some lepidopterous pests in Turkey. *Les Colloques*, 73 : 211-213.
- Valles, S. M., Capinera, J. L. i Teal, P. E. A. (1991). Evaluation of pheromone trap design, height, and efficiency for capture of male *Diaphania nitidalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in a field cage. *Environmental entomology*, 20(5), 1274-1278.
- Vicidomini, S. i Dindo, M. L. (2007). Prima segnalazione europea di parassitizzazione di *Cacyreus marshalli* (Butler)(Lepidoptera: Lycaenidae) da parte di un dittero tachinide indigeno. *Annali del Museo civico di Rovereto*, 22(2006), 213-218.
- Vinson, S. (1976). Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 21, 109-133.
- Vinson, S. i Iwantsch, G. (1980). Host suitability for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 25, 397-419.
- Waage, J. (1990). *Ecological theory and the selection of biological control agents*. In *Critical issues in biological control* (eds. M. Mackauer, L. E. Ehler, and J. Roland), pp. 135–157. Intercept, Andover.

- Wainhouse, D. (2005). *Ecological methods in forest pest management*. Oxford University Press Inc., New York.
- Walker F. (1859). Part XVIII. Pyralides - List of Specimens of Lepidopterous Insects in the Collection of the British Museum (Vol. 18, pp. 509-798): British Museum (Natural History), Department of Zoology, London
- Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. i 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.
- Wittenberg, R., i Cock, M. J. (Eds.). (2001). *Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Xiao, H., Xin, H., Zhu, X. i Xue, F. (2011). Photoperiod and temperature response of diapause induction in *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1), 116-120.
- Yazlovetsky I.G., Sumenkova V.V., Ageeva L.I. i Dyrich G.F. (1981). Species identification of *Trichogramma* by electrophoresis in polyacrylamide gel. *Dokl. Vses. Akad. s. Kh. Nauk im. Lenina*, 9 : 27-29.
- Zhao, P.B., Ren, A.Z. i Du, X.L. (2004). Studies on regularity of outbreak and control of *Diaphania perspectalis* (Walker). *Shandong Agric. Sci.* 6, 43-44 (in Chinese).
- Zimmermann, O. i Wührer, B. (2010). Initial investigations on the ability of the indigenous larval parasitoid *Bracon brevicornis* to control the Box Tree Pyralid *Diaphania perspectalis* in Germany. *DGaaE Nachrichten*, 24, 25-26.
- Zimmermann, O. i Wührer, B. (2010). Initial investigations on the ability of the indigenous larval parasitoid *Bracon brevicornis* to control the box-tree pyralid *Diaphania perspectalis* in Germany. *DGaaE-Nachrichten* 24, 25-26.