

Biologia i cicle biològic de *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796)(Lepidoptera: Gracillariidae) en els conreus de pomera de Lleida, I: Morfologia i dinàmica poblacional

Elisenda Olivella

Tarragona, 106, 1r 1a; E- 08015 Barcelona

eolivell@xtec.cat

Abstract. The biology and life cycle of *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Gracillariidae) in apple orchards in Lleida I: morphology and population dynamics. *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796) is the commonest species of leafminers that feed on apple trees *Malus domestica* (Borkh.) in the orchards of the Lleida plain. Nevertheless, it is not considered to be a pest in the area (NE Spain). In order to improve our knowledge of this species, extensive studies were carried out in Lleida during 1992-2007. Details of the life history and behaviour of the species are given. Morphological studies using a scanning electron microscope of immature stages are presented. The phenology of the developmental stages (eggs, sap-feeders, tissue-feeders and adults) were used to determine the number of generations of *P. corylifoliella* that occur in the Lleida plain. There are three generations per year: the first consists of few individuals; the larvae of the second generation develop slowly during the summer. Measurements of the head capsule indicate that the number of instars range from five to six during this generation. The larvae of the third generation develop from October to November, overwintering as mature larvae in a silk chamber inside the leaf mine. They then start to pupate at the end of February and the first adults fly at the beginning of March.

Resum. *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796) és l'espècie més comú dels minadors que s'alimenten de les fulles de pomera (*Malus domestica* (Borkh.)) a la plana de Lleida, encara que mai ha causat danys d'importància econòmica en aquesta àrea. A fi de millorar el coneixement sobre aquesta espècie s'han dut a terme estudis durant 1992-2007. En aquest article es proporcionen dades sobre el cicle biològic i comportament de *P. corylifoliella*. Es presenten imatges al microscopi electrònic de rastreig dels estadis immaturs de l'espècie. La fenologia dels diversos estadis de desenvolupament (ous, larves i adults) va ser utilitzat per a determinar el nombre de generacions de *P. corylifoliella* a la plana. Hi ha 3 generacions anuals. La primera generació és molt reduïda, les larves de la segona generació es desenvolupen durant els mesos d'estiu i les mesures de les càpsules cefàliques indiquen que el nombre d'estadis larvaris varia de cinc a sis durant aquesta generació. Les larves de la tercera generació es desenvolupen entre octubre i novembre i hibernen com a larva madura en un compartiment de seda dintre de la mina. La pupació comença a finals de febrer i el primer vol d'adults comença a primers de març.

Key Words: *Phyllonorycter*, *P. corylifoliella*, Gracillariidae, lepidoptera, leafminers, life cycle, electron microscope morphology, apple orchards, Lleida, Catalonia, Spain, Iberian Peninsula.

Introducció

Els minadors de fulla són freqüents als conreus de fruiters europeus. Les mines o galeries fetes per les larves entre les dues capes epidèrmiques de les fulles provoquen una reducció de la taxa fotosintètica potencial de l'arbre i, si el nombre de mines per fulla és molt elevat, és a dir, si l'atac és sever, es pot produir la caiguda prematura de les fulles afectades (Pottinger & Leroux 1971; Maier 1983; Hespenheide 1991). A més, es pot reduir el creixement final del fruit i el nombre de fruits que presenta l'arbre l'any següent (Tomow & Pelov 1998).

D'entre les diverses espècies minadores de pomera, *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796) (Gracillariidae) és una de les més comunes als pomerars de la plana de Lleida, però mai hi ha causat danys d'importància econòmica (Servei de Protecció dels Vegetals (SPV) 1964-81, 1989-91). Si bé la seva presència es coneix des d'antic, hi ha poca informació sobre la seva biologia i dinàmica poblacional. Hi ha treballs anteriors sobre el parasitisme que l'afecta (Bellostas *et al.* 1998) o que proporcionen dades generals sobre la seva biologia (Olivella 2007). Malgrat això, val la pena ampliar el coneixement sobre aquesta espècie, en concret pel que fa referència a la descripció i evolució dels estadis immaturs. A partir de les dades obtingudes es determinarà la fenologia de l'espècie en aquesta zona.

P. corylifoliella pertany al conjunt de quaranta-set espècies (10%) del gènere *Phyllonorycter* a nivell mundial que s'alimenten de rosàcies durant el desenvolupament larvari. D'aquestes, només se'n coneixen quatre a la zona Neàrtica i cinc a l'oriental, la resta són paleàrtiques i les seves larves s'alimenten preferentment dels gèneres cultivats *Malus*, *Pyrus* i *Prunus* (Triberti 2007). Únicament les larves de *P. corylifoliella* poden també alimentar-se de *Betula* spp. (Betulàcies), i això constitueix un cas excepcional dintre de l'oligofàgia d'aquest grup. Com que, a més, la majoria de les espècies minadores de rosàcies presenten disseny alars molt semblants, han estat nombroses les determinacions errònies al llarg dels anys. Sortosament, la recent publicació de l'article de Triberti (2007) pot ajudar en la determinació de les espècies d'aquest grup. L'ordenació final de les espècies proposada per aquest autor s'ha fet atenent a diversos caràcters, entre ells els de la genitèlia masculina, com ja havien proposat Pierce i Metcalfe (1935).

Triberti (2007) inclou *P. corylifoliella* en el grup d'espècies en què la valva de la genitèlia masculina és ampla, quasi rectangular, amb processos basals que surten dels sàculs simètrics. De les set espècies del grup, únicament dues, *P. turanica* (Gerasimov, 1931), que està distribuïda per l'Àsia central (Kuznetsov 1981; Noreika & Puplisis 1993), i *P. corylifoliella* fan mines a l'anvers de les fulles. Segons López-Vaamonde *et al.* (2003), que han estudiat l'especialització ecològica del gènere *Phyllonorycter*, el fet de construir mines a l'anvers de les fulles no té un significat filogenètic i s'ha produït de forma independent en els diversos grups de *Phyllonorycter* spp. que minen rosàcies.

P. corylifoliella està distribuïda per tot Europa, la Gran Bretanya inclosa (Hering 1957; Buszko 1996). És una de les espècies amb distribució més àmplia, segurament a causa de la seva polifàgia. La distribució a la península Ibèrica, i, en concret, a

Catalunya, ja va ser indicada en treballs anteriors (Larrañaga *et al.* 1986; Sarto i Monteys & Vives de Quadras 1991; Olivella 1997). La primera citació d'aquesta espècie a la península Ibèrica és Terras Vedras (Mendes 1910), i, a Espanya, Salamanca (Mendes 1918). Agenjo (1965) la va incloure en el seu catàleg.

La morfologia general de la larva de *Phyllonorycter* spp. i els canvis que pateix en la hipermetamorfosi han estat profusament descrits pels autors tant a nivell general com particular d'alguna espècie (Jayewickreme 1940; Hering 1951; Principi 1952; Emmet 1985; Watkinson 1985; Landry & Wagner 1995; Davis & Deschka 2001; Triberti 2007, entre d'altres). Jayewickreme (1940) compara la morfologia de les peces bucals en les larves plasmòfagues (xucladores de saba) i històfagues (menjadors de teixit) en *Phyllonorycter* spp. en relació amb el canvi en els seus hàbits alimentaris. Principi (1952) va fer un estudi molt detallat de la morfologia dels estadis immaturs de la minadora del plàtan (*P. platani* (Staudinger, 1870)), incloent-hi les peces bucals i les insercions de les setes de tots els estadis larvals.

També hi ha descripcions detallades dels ous de diverses espècies de *Phyllonorycter*: *P. platani* per Principi (1952), *P. blancardella* per Pottinger & LeRoux (1971) i *P. harrisella* i *P. quercifoliella* (Zeller, 1839) per Miller (1973), però encara no s'havia descrit en detall la morfologia dels ous i larves de *P. corylifoliella*. Recentment, Davis & Deschka (2001) han presentat l'estructura al microscopi de rastreig dels ous de diverses espècies d'aquest gènere.

Les característiques fonamentals dels adults de *Phyllonorycter* són semblants a tot el gènere. La morfologia de les crisàlides de *Phyllonorycter* spp. ja va ser descrita per Hering (1951). Altres autors, com Wilson (1985) i Gregor & Patocka (2001), han usat els caràcters pupals, com el cremàster, per determinar les espècies i també per indicar les diferències entre aquest gènere i *Cameraria* (De Prins *et al.* 2003). Malauradament, l'estructura i la forma del cremàster no són suficients per determinar els *Phyllonorycter* minadors de rosàcies (Wilson 1985; Gregor & Patocka 2001), ja que la forma, grandària i posició dels garfis del cremàster no tenen valor taxonòmic i no reflecteixen la filogènia dels *Phyllonorycter*. Recentment, Triberti (2007) fa una comparació entre les crisàlides de diverses espècies de *Phyllonorycter* minadores de rosàcies: *P. spinicolella* (Zeller, 1846), *P. blancardella*, *P. ringoniella* (Matsumura, 1910), *P. corylifoliella* i *P. leucographella* (Zeller, 1850), i proposa una petita clau per identificar les crisàlides incloent-hi altres caràcters pupals.

L'objectiu d'aquest treball és determinar les característiques del desenvolupament de *P. corylifoliella* i la seva dinàmica poblacional, a més de conèixer la morfologia dels estadis immaturs a partir d'imatges amb el microscopi de rastreig de les larves, crisàlides i ous d'aquesta espècie. En un treball anterior ja es van indicar les característiques generals de *P. corylifoliella* (vegeu Olivella 2007).

Material i mètodes

Els estudis es van dur a terme del 1992 al 2007 en sis finques amb conreu de pomeres situades a la comarca del Segrià, a la plana de Lleida. Els trets climàtics

d'aquesta comarca són els típics de la zona continental de Catalunya, amb estius secs i calorosos i hiverns freds, però amb poca precipitació. Els primers conreus de pomera hi van ser plantats durant els anys quaranta del segle XX. En aquell moment, la canalització del riu Ebre i dels seus afluents (Segre, Noguera Pallaresa, etc.) va permetre regar els camps de forma permanent, i, com a conseqüència, els conreus de regadiu es van estendre per la zona, entre ells la pomera, la perera i el presseguer. A poc a poc, les pomeres van esdevenir majoritàries a les zones on el sòl no permetia la plantació de presseguer (SPV dades no publicades).

Els pomerars estudiats van ser cinc: dos al terme municipal d'Alcarràs (31TBG9108, 176 m), dos al de Lleida (31TCG0109, 149 m) i un a Malpartit, al terme municipal de Torrefarrera (31TBG9319, 237 m). Una de les finques d'Alcarràs (Alcarràs 3) va ser tractada segons l'estratègia de lluita integrada (IPM). Les de Lleida no van rebre cap tractament insecticida i una d'elles (Lleida 2) va ser talada el 1993 per construir la variant de l'autopista Barcelona-Saragossa. La resta va rebre tractaments insecticides convencionals. Malaauradament, les pomeres d'una finca d'Alcarràs (Alcarràs 1) i de Malpartit van ser arrencades durant el 2007. Les finques eren petites (<1 ha), a excepció de Malpartit (sis ha). A totes les finques excepte Alcarràs 3, la varietat de pomera plantada era Golden Delicious. En aquesta última s'alternava una filera d'aquesta amb una de la varietat Starking.

Morfologia i desenvolupament larvari: La mesura de l'envergadura alar dels adults només es pot fer sobre individus perfectament estirats, i, com que això pot donar lloc a imprecisions, vam decidir, com s'ha fet en moltes altres espècies, mesurar les llargades i les amplades de les ales de 30 femelles i 46 mascles (provinents de la segona i tercera generació). Els adults van ser mantinguts en petites capsetes i alimentats amb aigua i sucre *ad libitum* per determinar la durada de la seva vida.

El desenvolupament larvari i la morfologia dels estadis immaturs es van determinar a partir de la recollida setmanal de fulles a l'atzar, a una alçada d'entre 1,25 i 1,75 m, durant tot el període vegetatiu de la pomera (de març a octubre). Van ser observades amb un estereomicroscopi i es va anotar la presència d'ous i mines. Les mines van ser disseccionades i es va mesurar tant la càpsula cefàlica de la larva present com les càpsules procedents de mudes anteriors. En aquest cas només es van utilitzar mines que sense cap dubte estiguessin fetes per un sol individu. Si la larva era morta, es van determinar les causes de la mort (parasitisme, depredació o desconegut). Durant el període no vegetatiu es van recollir fulles caigudes a terra a fi de determinar l'estadi hibernant de l'espècie. A cada mostreig es va recollir un nombre suficient de fulles per obtenir trenta mines amb larva viva. Es tracta d'un mètode àmpliament utilitzat per estudiar la biologia d'altres espècies minadores, com, per exemple, *P. blancardella* (Fabricius, 1781) (Trimble 1983; Maier 1984, entre d'altres).

Imatges microscòpiques. Els mètodes utilitzats en l'obtenció de les imatges al microscopi electrònic de rastreig Hitachi 570 de la Universitat de Barcelona estan descrits per Ribes (1985) i Masó & Ribes (1990), entre d'altres.

La fenologia dels adults a les cinc finques es va determinar a partir dels recomptes de mascles capturats setmanalment amb les trampes delta fent servir una substància

atractiva sexual proporcionada per l'Institut de Recerca per a la Protecció de les Plan-tes (Wageningen, Holanda).

Resultats i discussió

Adult. Presenta un disseny alar clarament diferenciable del de la resta d'espècies mi-nadores de la fulla de pomera presents a la zona. El color ataronjat i la distribució de les franges alars són característics. No té dimorfisme sexual. Segons Watkinson (1985) i Jiménez (1966), els adults presenten entre 8-9 mm d'envergadura alar. Aquestes dades coincideixen amb les llargades alars obtingudes, especialment si hi afegim les dades d'amplada del tòrax, determinades a partir de mesures de les crisàli-des (vegeu l'apartat «crisàlide»). No hi ha diferència significativa entre les grandàries alars de mascles i femelles (ANOVA 1-factor, LSD test $p>0.05$) (taula 1). Jiménez (1966) indica que les llargades del cos varien entre 3 i 3,5 mm, valors molt semblants als obtinguts en les mesures de les crisàlides (vegeu l'apartat «crisàlide»).

Taula 1 Llargada i amplada de les ales anteriors de *P. corylifoliella*. No hi ha diferències significati-ves entre sexes ($p>0,05$).

N= Nombre d'individus observats	llargada (mm)	amplada (mm)
Femelles (N=30)	$3,90 \pm 0,06$	$0,95 \pm 0,08$
Mascles (N=46)	$4,12 \pm 0,07$	$0,93 \pm 0,01$

Els adults són poc bellugadissos i presenten el màxim d'activitat al capvespre i primeres hores de la nit, moment en què es desplacen fent vols curts entre branca i branca o arbre i arbre. En el laboratori, els adults s'alimenten gairebé sempre en les hores nocturnes. La durada de la vida dels adults, en condicions de laboratori, és d'onze dies ($11,21 \pm 1,11$ dies, $n=33$) per a tots dos sexes (a temperatura ambient i amb aigua amb sucre *ad libitum*). No hi ha informació sobre quin és el moment del dia adequat per a l'emergència dels adults; en el laboratori van emergir tant al matí (8 h 30 min hora solar) com al capvespre (21 h). Les femelles comencen a pondre ous al cap d'unes hores d'haver emergit (al voltant de 24 h). Els ous són postos aïlladament a l'anvers de les fulles, usualment a prop de les nerviacions (dades no publicades).

Ou. Els ous són blancs gairebé transparents immediatament després de la posta i ad-quireixen tons que van d'opalins a groc cremós un o dos dies després, durant el des-envolupament embrionari. Es van observar al microscopi electrònic de rastreig tres ous fecundats mantinguts de tres a quatre dies a temperatura ambient. Són el·líptics, amb un bombament al centre; és a dir, tenen forma de llentia. La part inferior està enganxada fermament a l'epidermis superior de la fulla (fig. 1). La superfície externa del còrion presenta una estructura rugosa, amb crestes i valls. Les mesures de les crestes volten els 0,007 mm ($n=10$). L'ou de *P. corylifoliella* presenta dimensions

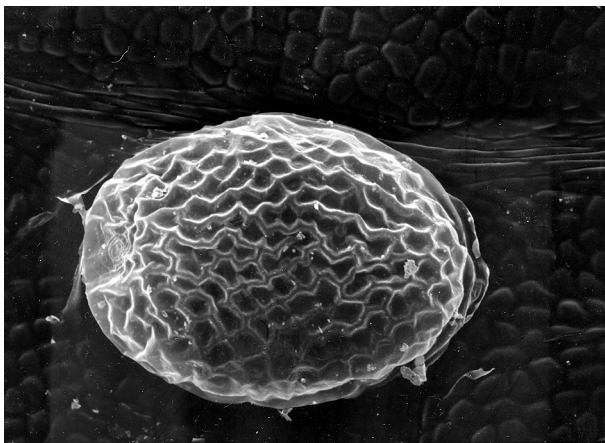


Fig. 1 Ou de *P. corylifoliella* (200x) situat sobre un nervi foliar. El micròpil està situat a la banda esquerra.

Taula 2 Mida dels ous de *P. corylifoliella*.

	Llargada (mm)	Amplada (mm)
Mitjana	$0,304 \pm 0,001$	$0,243 \pm 0,002$
Valor màxim i mínim	0,275-0,350	0,200-0,275
Desviació estàndard	0,014	0,016
N	100	100

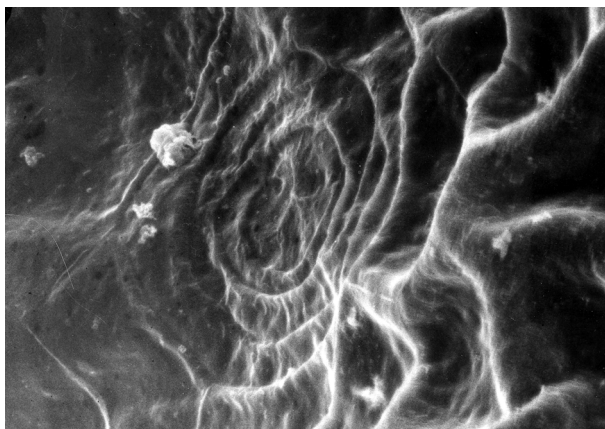


Fig. 2 Detall de l'àrea micropilar d'un ou de *P. corylifoliella* (2.000x).

màximes (taula 2) semblants a les indicades per a altres espècies (vegeu Davis & Deschka 2001).

L'àrea micropilar és circular i està lleugerament enfonçada en un dels pols de l'ou. Està formada per sèries de plaques disposades concèntricament, que deixen al centre una àrea més petita constituïda per quatre plaques triangulars que conflueixen. Presenta, per tant, una estructura en roseta o margarida típica dels Ditrisia (vegeu Ribes 1985), encara que no present en tots ells (vegeu Baixeras *et al.* 1985). És semblant a la indicada per Davis & Deschka (2001) per a *P. salicicolella* (Sircom, 1848). S'hi poden distingir almenys quatre orificis micopilars. S'observen orificis que podrien ser aeròpils sobre la rugositat que envolta l'àrea micropilar (fig. 2). Davis & Deschka (2001) indiquen fins i tot diferències entre els pocs ous de *Phyllonorycter* estudiats, (*P. apparella* (Herrich-Schäffer, 1855), *P. salicicolella* i *P. nipigon* (Freeman, 1970), tots minadors de salicàcies). Això podria explicar les diferències més importants observades en *P. corylifoliella*.



Fig. 3 Larves plasmòfaga (3a) i històfaga (3b) de *P. corylifoliella* (30x).

Morfologia de la larva. La figura 3 mostra una larva històfaga (3b) i una de plasmòfaga (3a) al microscopi electrònic de rastreig. Les adaptacions de la larva plasmòfaga a la vida endofítica són: el cap prognat, en forma de tascó, amb els marges laterals laminars, amb reforços endocranials i amb el marge posterior prolongat en dos processos laminars que s'immergeixen en el protòrax. El cos és molt aplanat, sense potes toràciques (fig. 3a). Les larves històfagues són típicament eruciformes (fig. 3b). Una imatge detallada d'una càpsula plasmòfaga mostra els ocells (o), les antenes (a), les sutures epistomials (se) i una part del complex bucal adaptat a tallar de forma horitzontal, com el labre (lb) i la prefaringe (r) (fig. 4). En una visió ventral es pot observar la forma triangular de la càpsula i els processos laminars dorsals, que quan la larva és viva estan immersits en el protòrax (fig. 5).

Una visió dorsal de la càpsula cefàlica històfaga mostra les antenes (a), els ocells (o), les sutures epistomials (se), els palps maxil·lars (pm) i el labre bilobat (lb) adaptat

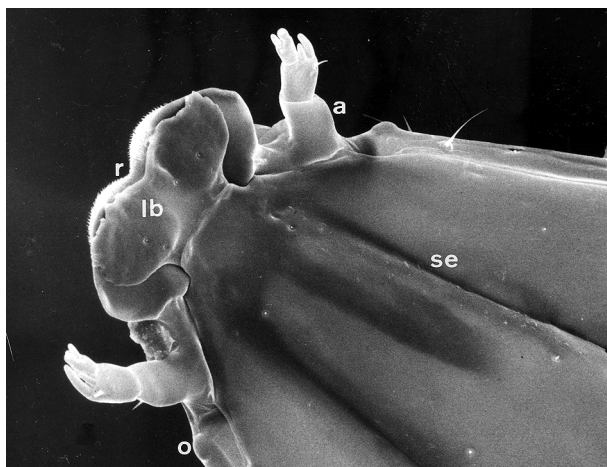


Fig. 4 Detall de la càpsula cefàlica d'una larva plasmòfaga de *P. corylifoliella* (400x). Vegeu el text per a les abreviatures.

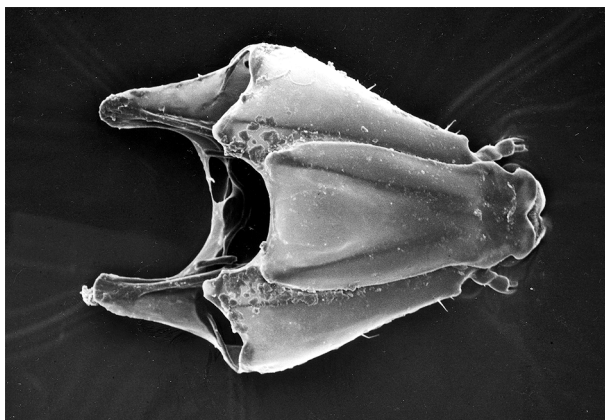


Fig. 5 Càpsula cefàlica en visió ventral d'una larva plasmòfaga de *P. corylifoliella* de 3r. estadi suplementari (200x). S'observen els llargs processos laminars dorsals.

a mastegar (fig. 6). Els canvis més evidents respecte a la larva plasmòfaga són el gruix de la càpsula cefàlica i l'absència dels processos laminars dorsals.

Per últim es va determinar el pes de les larves. Tenint en compte les petites dimensions de les larves, només s'ha pogut determinar el pes de larves madures. El pes mitjà va ser $1,65 \pm 0,090$ g (desviació estàndard 0,38, $n=18$).



Fig. 6 Càpsula cefàlica en visió dorsal d'una larva històfaga de *P. corylifoliella* (200x). Vegeu el text per a les abreviatures.

Determinació dels estadis larvaris

L'amplada de les càpsules cefàliques presenta uns valors fixos per a cada estadi, i, així, s'ha utilitzat profusament per determinar el nombre d'estadis larvaris d'una espècie, d'acord amb la Llei de Dyar (Imms 1957). Generalment, els autors indiquen que *Phyllonorycter* spp. presenta tres estadis de larva plasmòfaga i dos de larva històfaga (Davis & Deschka 2001; Emmet 1985, entre d'altres). Tanmateix, les nostres observacions mostren que el nombre d'estadis larvaris de *P. corylifoliella* és variable, i la fase plasmòfaga presenta de tres a quatre estadis, segons les generacions. És a l'estiu quan és més freqüent aquest estadi suplementari i no l'hem detectat en la primera generació. No ha estat possible determinar si existeix a tota la població, ja que no sempre s'han pogut aïllar les càpsules cefàliques abandonades a les mines. Les mesures de la càpsula d'aquest estadi (que anomenarem tercer estadi suplementari) es troben entre les de segon i tercer estadi.

Hi ha diferències significatives entre les amplades i llargades dels sis estadis (ANOVA 1 factor LSD test $p < 0,05$). Els errors estàndard són baixos i això indica que hi ha poca variabilitat en les mesures de les càpsules cefàliques. Les amplades del tercer i quart estadis se solapen, però aquests estadis es poden distingir per la morfologia. Les mesures de la llargada de la càpsula cefàlica presenten la mateixa tendència que les de l'amplada. Les mesures de les càpsules cefàliques s'ajusten a una progressió geomètrica d'acord amb la Llei de Dyar. El millor ajust es produeix per a una raó d'1,3 (que és un valor proper a l'indicat per Dyar: 1,4). L'ajust és bo entre els quatre primers estadis i, posteriorment, entre els dos últims, però es perd en el canvi de l'estadi tercer al quart. El desajust és més acusat en les llargades que no pas en les amplades, ja que les mesures de les llargades inclouen les apòfisis cefàliques (molt variables en mida) i això accentua les diferències morfològiques entre els dos tipus de càpsula cefàlica.

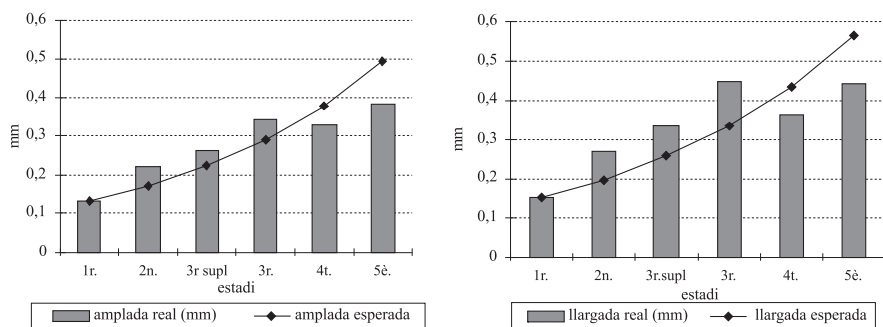


Fig. 7 Amplades i llargades reals de les càpsules cefàliques de *P. corylifoliella* enfront de les esperades per a cada estadi segons la Llei de Dyar.

Els resultats coincideixen parcialment amb els de Principi (1952) sobre *P. platani*. Aquesta autora va determinar el nombre de mudes de cada larva a partir de l'estudi sota estereomicroscopi binocular de mines marcades (des de la fase d'ou) de *P. platani* i va proposar que es tractaria d'una variació interna de l'espècie. Hi havia mines amb tres càpsules cefàliques plasmòfagues i d'altres amb quatre. Altres explicacions suggeririen que el sexe influeix en el desenvolupament (en altres lepidòpters, el sexe afecta el polimorfisme, i els mascles, generalment, es desenvolupen en menys estadis que no pas les femelles (Eizaguirre 1989)). Si això fos així, també s'hauria detectat en la primera generació, i no ha estat el cas. Podria ser que els parasitoides interns afectessin al nombre de mudes que presenta la larva, i així s'ha descrit per a parasitoides interns gregaris o poliembrionics, però el parasitisme d'aquest tipus és molt baix en aquesta zona (dades no publicades).

En el cas de *P. corylifoliella* pensem que probablement es tracta d'un estadi suplementari degut a una diàpauza estival, tal com ens va suggerir C. Naumann (com. pers.). El nombre d'estadis depèn en gran part dels factors externs (com la temperatura i l'aliment), i, durant les generacions d'estiu i tardor, la qualitat de l'aliment i la temperatura són menys adequades i, per tant, la larva triga més a desenvolupar-se. Aquest fenomen està reforçat pel fet que, a les finques abandonades (on les fulles són d'inferior qualitat d'aliment), la quasi totalitat de les larves trobades durant els mesos d'estiu presentaven aquest tercer estadi suplementari. No obstant, moltes van morir abans d'arribar a estat adult (pels parasitoides o per la manca d'aliment) i no sabem si aquest és el desenvolupament normal de la larva en aquests mesos o és l'últim intent de la larva de finalitzar el desenvolupament. Aquest fet ha estat observat en altres espècies de lepidòpters i s'ha demostrat que el nombre de mudes pot estar determinat per factors ambientals, com són la dieta i la temperatura. Per exemple, les poblacions hivernals d'*Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) es desenvolupen en set estadis, mentre que la resta de generacions anuals ho fa en sis (Twine 1978). En aquest cas seria la diàpauza hivernal la que determinaria l'increment del nombre d'estadis.

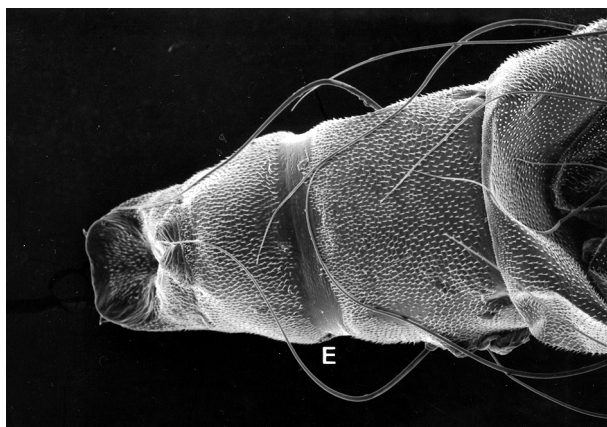


Fig. 8 Detall d'una crisàlide de *P. corylifoliella* en què s'observen les petites espines que cobreixen l'epiteli i els llargs filaments que ajuden al moviment dintre de la mina (100x). S'observa la presència d'un espiracle (E).

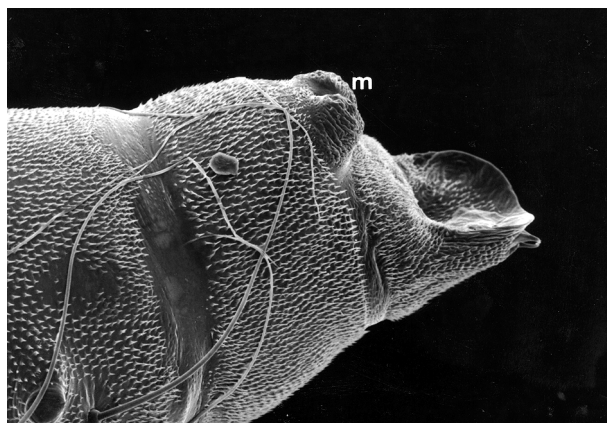


Fig. 9 Detall de l'extrem d'una crisàlide de mascle de *P. corylifoliella* (150x). Presenta una protuberància característica (m).

Crisàlide. La crisàlide és allargada i cilíndrica, de color ambre a l'inici, que vira a marró poc abans de l'emergència. La superfície està coberta per espines ($<10\ \mu\text{m}$) amb funció de protecció. A la zona entre els segments, no hi apareixen espines i l'epiteli està rebregat per permetre el moviment de la crisàlide. L'abdomen de *P. corylifoliella*, format per deu segments, presenta setes dorsals. Segons Triberti (2007), les cinc espècies mencionades presenten tres setes en els segments 3-6 i dues en els 7-8. Cadascun dels vuit primers segments abdominals porta també un espiracle (E) situat ventrolateralment (fig. 8). Final-

ment, els segments 9 i 10 no porten setes i estan modificats perquè s'hi troben els orificis anal i genital. El segment 10 presenta a l'extrem distal una sèrie de garfis (el cremàster).

En el mascle, l'orifici genital, situat al centre del segment 9, està format per una ranura situada entre dues protuberàncies rugoses (m, fig. 9). La femella presenta els dos orificis genitals, l'orifici copulador i l'orifici de posta, situats als segments 8 i 9, respectivament. Tots dos estan formats per una ranura situada al punt mitjà del segment i sense cap protuberància propera (fig. 10). Les diferències entre els dos tipus de disposició dels orificis genitals permeten sexar els individus abans de l'emergència de l'adult, ja que també es poden detectar a menys augments (30x).

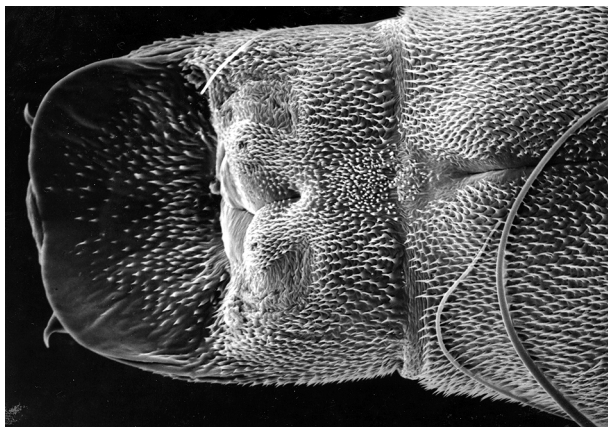


Fig. 10 Detall de l'extrem d'una crisàlide de femella de *P. corylifoliella* (300x). S'observen els dos orificis genitals, situats en segments diferents.

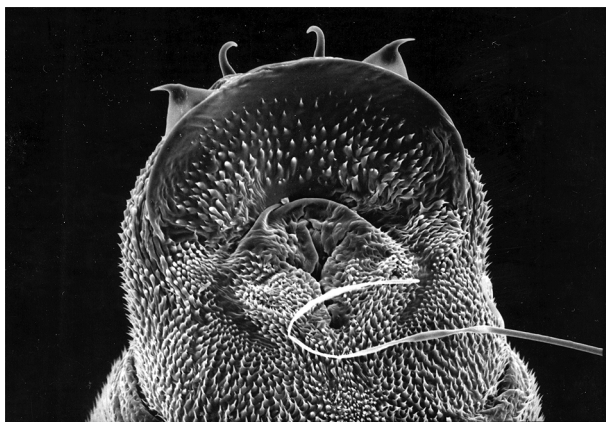


Fig. 11 Cremàster d'una crisàlide de *P. corylifoliella* (300x). Presenta quatre garfis: dos dirigits cap a l'interior i dos cap a l'exterior.

Els garfis del cremàster i les setes abdominals funcionen com a òrgans de moviment, que ajuden la crisàlide en el seu camí cap a l'exterior, perforant l'epidermis de la fulla, durant l'emergència. El cremàster se situa al final del desè segment de l'abdomen i és llis i arrodonit, amb dos petits parells de garfis d'aparença molt feble (fig. 11). Fins a l'actualitat no s'havien presentat imatges al microscopi de rastreig del cremàster de *P. corylifoliella* (encara que Wilson (1985) i Triberti (2007) presenten dibuixos esquemàtics d'aquesta zona).

Es van mesurar les llargades i les amplades de 26 crisàlides de femelles i 21 de mascles de la segona generació i es van pesar amb una balança de precisió (fins a 10^{-6} g) 20 crisàlides de femelles i 9 de mascles de la mateixa generació. No es van detectar diferències entre les dimensions de les crisàlides de mascles i les de les crisàlides de femelles (taula 3). La crisàlide es troba en un dels extrems de la mina, dintre d'un capoll blanc teixit per la larva madura.

Taula 3 Dimensions de les crisàlides de *P. corylifoliella* masculines i femenines de la segona generació.

Sexe	Llargada (mm)	Amplada (mm)	Pes (mg)
Femelles	3,691±0,052	0,845±0,021	1,218±0,056
Mascles	3,532±0,048	0,841±0,013	1,233±0,080

Hibernació. Contràriament al que s'indica en la bibliografia (Watkinson (1985); Triberti (2007) entre d'altres), *P. corylifoliella* no hiberna en fase de crisàlide, sinó que passa l'hivern en fase de larva madura (prepupa) dintre de la mina, situada a les fulles caigudes. La larva es manté inactiva a l'interior d'una cambra fortament entapissada de seda, secretada per la mateixa larva poc abans de començar la hibernació. La cambra està perfectament aïllada de la resta de la mina, on hi ha tots els excrements apilats, i n'ocupa dos terços.

En les nostres observacions, durant més de deu hiverns, no hem trobat cap crisàlide abans de finals de febrer. Així, per exemple, l'1.12.2007 es van recollir 35 mines i no es van obrir esperant l'emergència dels adults. Com que cap encara no havia pupat, van morir sense poder crisalidar. Les recollides el 24.02.2008 van emergir totes (havien crisalidat poc abans). Aquests resultats suggereixen que la pupació pot estar induïda per les condicions climàtiques i que, a la nostra zona, les condicions són favorables perquè la larva hiberni i, en canvi, en regions més fredes, la crisalidació es produeix a finals de la tardor, quan cauen les fulles dels arbres.

Fenologia.

Vol dels adults. Les captures de mascles amb trapes delta a les cinc finques confirmen que *P. corylifoliella* presenta tres pics de vol, corresponents a tres generacions anuals, tal com es va suggerir en un treball anterior (Olivella 2007). Com a exemple presentem els resultats del 1991 i el 1992 (figs. 12 i 13).

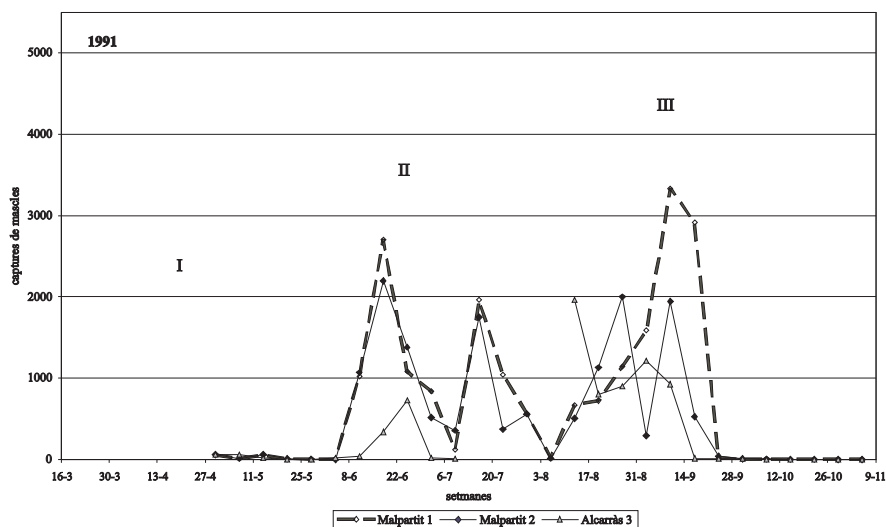


Fig. 12 Captures de mascles durant el 1991 a Malpartit (dues trampes) i Alcarràs 3. Les dades per a A3 són incompletes.

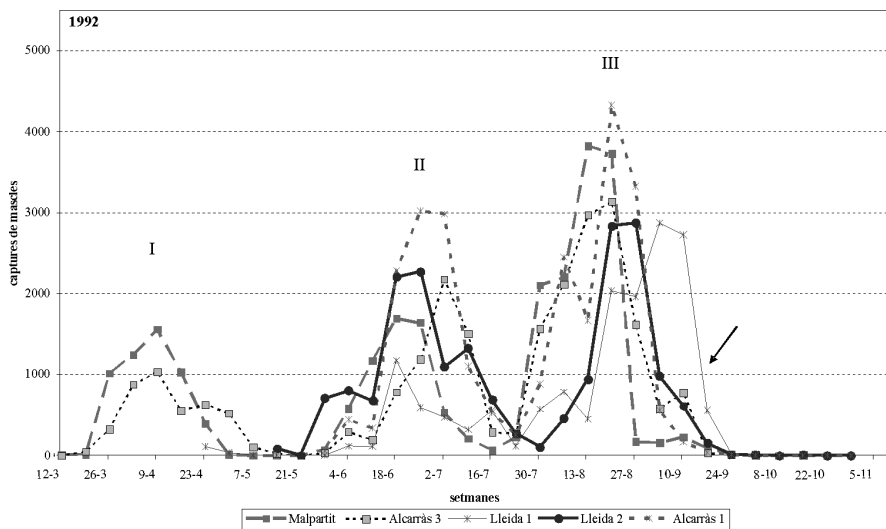


Fig. 13 Captures de mascles durant el 1992 a Malpartit (dues trampes), Lleida (1 i 2) i Alcarràs 3.

La pauta es repeteix en tots els anys estudiats, encara que, de vegades, si les condicions climàtiques són adequades, apareix un petit pic de vol a finals de setembre (fig. 13, indicat amb una fletxa), que podria ser d'una quarta generació parcial formada pels individus que s'han escapat de la diapausa o d'una tercera generació excepcionalment àmplia. Els vols de les dues finques abandonades de Lleida presenten un cert retard en l'aparició del tercer vol.

A partir de les fulles amb mina recol·lectades i observades amb l'estereomicroscopi durant el període 1992-93 es va fer un estudi de la correlació entre el desenvolupament temporal dels ous i altres estadis immaturs i el vol dels adults a les finques. Això es va utilitzar per determinar la durada de les generacions. Com a exemple s'indica el gràfic de les captures d'adults i el percentatge d'ous vius en cada mostreig setmanal en el cas de Malpartit durant el 1992 (fig. 14). Els pics de vol de mascles coincideixen amb el període d'aparició dels d'ous, ja que els adults fan la posta pocs dies després de l'emergència (entre un i set dies, que és la diferència entre dues dates consecutives de mostreig).

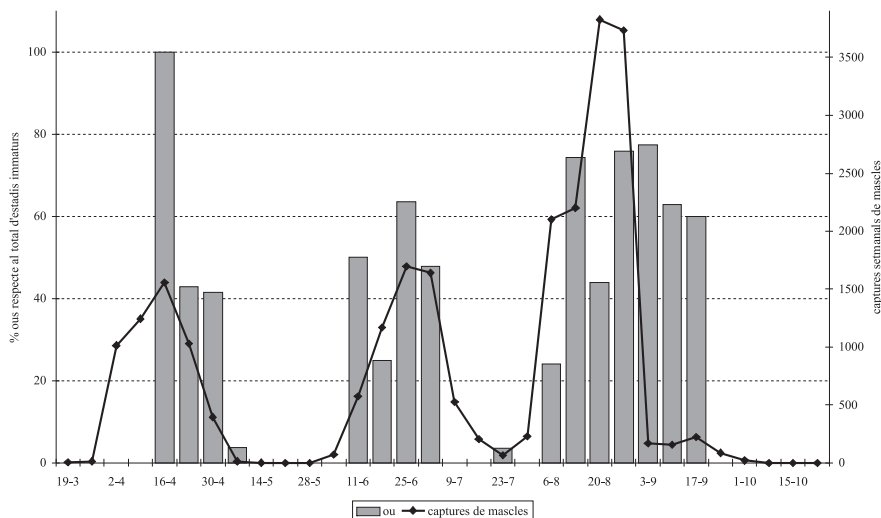


Fig. 14 Captures de mascles i percentatge d'ous vius en cada mostreig setmanal en el cas de Malpartit durant el 1992.

Durada del desenvolupament larvari. El temps necessari per al desenvolupament larvari d'una generació, com per a l'embriogènesi, depèn de factors externs (com la temperatura i el fotoperíode) i altres d'interns a la mateixa població. Es pot determinar la durada, el nombre de generacions anuals d'una determinada espècie i el moment de l'emergència dels adults de la generació hibernant a partir del mètode de la suma dels graus-dia (molt utilitzat en entomologia aplicada en l'estudi de les espècies

plaga). Això requereix conèixer la temperatura llindar de desenvolupament, que és la temperatura per sota de la qual l'insecte no es desenvolupa. Normalment, aquest llindar s'estableix a partir de la cria d'immats a temperatura constant. Com que no hi ha fins a l'actualitat treballs sobre la biologia de *P. corylifoliella* en el laboratori, s'ha estimat la durada mitjana del desenvolupament larvari com el temps que transcorre des que el 50% dels ous han eclosinat fins que el 50% de les larves han crisalidat. En el cas de la tercera generació, fins que el 50% de les larves fossin prepupes. Com que aquestes no crisaliden fins al febrer de l'any següent, la durada real del seu desenvolupament és més llarga (taula 4).

Taula 4 Durada, en dies, del desenvolupament larvari de *P. corylifoliella* per a cadascuna de les generacions anuals, a les finques mostrejades durant el 1992 i el 1993.

Generació	Total 1992	Total 1993
1a.	45-47 dies	44 dies
2a.	49-56 dies	46-50 dies
3a.	70-75 dies	63-68 dies
Total	164-178 dies	118-143 dies

Els resultats van ser semblants a totes les finques. La diferència màxima es va produir en la segona generació de Lleida 1, que va ser més llarga, però es va compensar amb la tercera generació, que va ser més curta. Observi's que la durada del desenvolupament de la segona i tercera generacions va ser més llarga que la de la primera. Això està en concordança amb el que indica Hering (1951). Segons aquest autor, el desenvolupament larvari en la primera generació (a la primavera) acostuma a ser més curt que el de la segona o tercera, ja que, a la primavera, les fulles són suaus i plenes de saba, i ofereixen a la larva menjar abundant i, al mateix temps, poca resistència a l'acció de les mandíbules, i el menjar conté poca substància indigerible; posteriorment, a ple estiu o a la tardor, la fulla és més dura i resistent, amb les parets cel·lulars més engruixides i, per tant, la larva ha de consumir un aliment amb més percentatge de substàncies indigeribles i requereix més temps fins que el menjar necessari per al seu desenvolupament travessa el tub digestiu.

Embriogènesi. Es va estimar la durada màxima i mínima de cada generació, a partir dels màxims de posta i de larves de primer estadi.

1) En la primera generació, els resultats són variables: de 17 a 22 dies a Alcarràs i Alcarràs 3 (a causa, potser, de les temperatures més fredes), i, en canvi, a Malpartit i Lleida 1, els valors van ser de 9 i 13 dies.

2) En la segona generació, l'embriogènesi va durar entre 6 a 14 dies a totes les zones (del 13 al 26 de juny).

3) En la tercera generació, va durar entre 6 i 11 dies a Alcarràs 1, Lleida 1 i Malpartit (del 10 al 21 d'agost). En canvi, a Lleida 2 va durar menys de 6 dies (del 16 al 21 d'agost).

Els resultats presentats en aquest article pretenen ser útils per ampliar el coneixement sobre la morfologia i dinàmica poblacional d'una espècie relativament comuna en aquesta zona: *P. corylifoliella*. Treballs posteriors intentaran completar el coneixement sobre altres aspectes de la seva biologia.

Agraïments

Al Servei de Sanitat Vegetal de Lleida i Barcelona, en especial a Josep Maria Vives de Quadras i Ramon Torà, per l'ajut donat en la recerca de finques i en el treball de camp i per les facilitats rebudes durant la realització d'aquest treball. A Victor Sarto i Monteyés, del mateix servei, per l'ajut en els diversos aspectes científics. A Ramon Albajes i a tot el seu equip de l'Àrea de Protecció de Conreus del Centre UdL-IRTA de R+D, per la seva càlida acollida en el laboratori. En especial, a Jesús Avilla i Matilde Eizaguirre, del mateix departament, per la inestimable ajuda durant les llargues estades en el laboratori de Lleida.

Les fotografies al microscopi de rastreig han estat fetes pels Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. Agraïxo especialment a Ramon Fontarnau tota l'ajuda rebuda en les llargues sessions passades en aquests serveis.

Referències bibliogràfiques

- Agenjo, R. 1965. Catálogo ordenador de los Lepidópteros de España. Decimoquinta familia: Lithocolletidae. *Graellsia*, 21: suplement sense paginar.
- Baixeras, J., Masó, A. & Ribes, E. 1985. Estudi morfològic i biogeogràfic de *Brithys crini pancratii* (Noctuidae Hadeninae). *Treb. Soc. Cat. Lep.*, 7(1984-1985): 27-38.
- Bellostas, J.J., Olivella, E., Verdú, M.J., Sarasúa, M.J., Avilla, J. 1998. Fauna parasitoide de *Phyllonorycter* spp. en plantaciones de manzano de Lleida. *Boln. San. veg. Plagas*, 24: 313-320.
- Buszko, J. 1996. Gracillariidae. In: *The Lepidoptera of Europe. A Distributional Checklist* (Karsholt O. & Razowski. J. eds): 380 pp. Apollo Books, Stenstrup.
- Davis, D.R. & Deschka, G. 2001. Biology and Systematics of the North American *Phyllonorycter* Leafminers on Salicaceae, with a synoptic Catalog of the Palearctic Species (Lepidoptera: Gracillariidae). *Smithson. Contr. Zool.*, 614: 1-89.
- De Prins, J., De Prins, W. & Conninck, E. 2003. The pupal morphology of *Cameraria ohridella* compared with that of the genus *Phyllonorycter* (Lepidoptera; Gracillariidae). *Anz. Schädlingssk.*, 76: 145-150.
- Emmet, A.M. 1985. Gracillariidae. In: *The moths and butterflies of Great Britain and Ireland* (Heath, J. & Emmet, A. M. eds), 2: 244-294. Harley Books, Colchester.
- Eizaguirre, M. 1989. *Inducció de la diapausa en Sesamia nonagrioides Lef. (Lepidoptera: Noctuidae) y su papel en el ciclo biológico en las comarcas de Lérida*. 128 pp. Tesis doctoral - UPC. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida.
- Gregor, F. & Patocka, J. 2001. Die puppen der Mitteleuropäische Lithocolletinae (Lepidoptera). *Mitt. Int. Ent. Vereins e. V. Frankfurt a. M.*, suppl. 8: 1-152.
- Hering, E.M. 1951. *Biology of the Leaf Miners*. 421 pp. Uitgeverij Dr. W. Junk. 'S-Gravenhage.
- Hering, E.M. 1957. *Bestimmungstabellen der Blattminen von Europa*. Volumes 1-3. 1185 pp. Uitgeverij Dr. W. Junk. 'S-Gravenhage.
- Hespenheide, H.A. 1991. Bionomics of leaf-minig insects. *A. Rev. Ent.*, 36: 535-60.

- Imms, A. D. 1957. *A general textbook of entomology*. (Revisat per O. W. Richards & R.G. Davies). 418 pp. Methuen, Londres. 10a. edició (1994).
- Jayewickreme, H. 1940. A comparative study of the larval morphology of leafmining lepidoptera in Britain. *Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 90(4): 63-105.
- Jiménez, A. 1966. Notas sobre orugas minadoras foliares de árboles frutales. *Boln Patol. veg. Ent. agric.*, 29: 63-87.
- Kuznetsov, V.I. 1981. Gracillariidae (Lithocolletidae). In: *Keys to the insects of the European part of the USSR*. (Medvedev, G.S. ed.). 4(2): 199-411 pp. E. J. Brill. Leiden. Reimpressió 1990.
- Landry, J.F. & Wagner, D.L., 1995. Taxonomic review of apple-feeding species of *Phyllonorycter* Hübner (Lepidoptera, Gracillariidae) in North America. *Proc. ent. Soc. Wash.*, 97(3): 603-625.
- Larrañaga, I. J., Berra, D. & Hernández, J. 1986. *Plagas y enfermedades de los manzanos de Guipúzcoa*. 128 pp. Edición Gobierno Vasco, Diputación Foral de Guipúzcoa.
- López-Vaamonde, C., Godfray, H. C. J. & Cook, J.M. 2003 Evolutionary dynamics of hostplants use in a genus of leafmining moths. *Evolution*, 57(8): 1804-1821
- Maier, C.T. 1983. Effect of the apple blotch leafminer (Lepidoptera: Gracillariidae) on apple leaf abscission. *J. econ. Ent.*, 76: 1265-1268
- Maier, C.T. 1984. Seasonal development and flight activity of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella*, in Connecticut. *Can. Ent.*, 116: 435-441.
- Masó, A. & Ribes, E. 1990. Morfologia externa del huevo de *Sesia apiformis* (Cl., 1759) con microscopio electrónico de barrido. (Lepidoptera: Sesiidae). *SHILAP Revta lepid.*, 18(72): 309-315.
- Mendes, C. 1910. Lepidópteros de Portugal I. Lepidópteros de Terras Vedras. *Brotéria série Zoológica*, 9: 110-129. Mendes, C. 1918. Lepidópteros de Salamanca. *Brotéria série Zoológica*, 16:111-119.
- Miller, P.F. 1973. The biology of some *Phyllonorycter* species (Lepidoptera: Gracillariidae) mining leaves of oak and beech. *J. nat. Hist.*, 7: 391-409.
- Noreika R. & Puplesis R. 1993. Review of the Gracillariidae (Lepidoptera) of the Gissarskiy Ridge (Central Asia. Tajikistan) with descriptions of two new species of *Phyllonorycter*. *Nota lepid.*, 15: 123-147.
- Olivella, E. 1997. Estudi comparatiu de les espècies de microlepidòpters minadores de fulles presents als conreus de pomera de la plana de Lleida (Lepidoptera, Gracillariidae, Lyonetiidae). *Treb. Soc. Cat. Lep.*, 14 (1995-1996): 7-25.
- Olivella, E. 2007. Primeres observacions sobre la biologia de *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner, 1796) (Lepidoptera, Gracillariidae) en els conreus de pomera de Lleida. *Sessió conjunta Ent. ICHN-SCL*, 14 (en premsa).
- Pierce, F.N. & Metcalfe J.W. 1935. *The genitalia of the Tineid Families of the Lepidoptera of the British Islands*. 116 pp. Oundle. Northants. Reimpressió 1968.
- Pottinger R.P. & LeRoux E.J. 1971. The biology and dynamics of *Phyllonorycter blancardella* (Lepidoptera: Gracillariidae) on apple in Quebec. *Mem. ent. Soc. Can.*, 77: 1-437.
- Principi, M.M. 1952. Sviluppo postembrionale ed etologia della *Lithocolletis platani* Stgr. (Lepidoptera Gracillariidae). *Boll. ent. Bologna*, 19: 13-250.
- Ribes, E. 1985. External morphology of the egg of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Sessió conjunta Ent. ICHN-SCL*, 4: 17-26.
- Sarto i Monteys, V. & Vives de Quadras, J. M. 1991. Introducció a l'estudi de les plagues de lepidòpters a Catalunya. *Treb. Soc. Cat. Lep.*, 11: 105-120.
- SPV (Servei de Protecció dels Vegetals, Generalitat de Catalunya) 1964-81, 1989-91. *Memoria de la Estación de Avisos*. Lleida. Sense paginació.
- Tomow, R. & Pelov, V. 1998. List of leaf miners (Lepidoptera) feeding on rosaceous fruit trees and their hosts in Bulgaria. *Acta ent. bulg.*, 1: 19-24.
- Triberti, P. 2007. The *Phyllonorycter* species from Palearctic region feeding on rosaceae (Lepidoptera, Gracillariidae). *Boll. Mus. Civ. Stor. nat. Verona*, 31: 147-221.

- Trimble, R.M. 1983. Diapause termination and the thermal requirements for postdiapause development in six Ontario populations of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Can. Ent.*, 115: 387-392.
- Twine, P.H. 1978. Variation in the number of larval instars of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Aust. ent. Soc.*, (17): 289-292.
- Watkinson, I.A. 1985. *Lithocolletinae*. In: *The moths and butterflies of Great Britain and Ireland* (Heath, J. & Emmet, A.M. eds.), 2: 294-302, 306-36062. Harley Books, Colchester.
- Wilson, M. R. 1985. Key to the pupae of the Genus *Phyllonorycter*: Gracillariidae. In: *The moths and butterflies of Great Britain and Ireland* (Heath, J. & Emmet, A.M. eds), 2: 302-305. Harley Books, Colchester.

Data de recepció: 31 de gener de 2008

Data d'acceptació: 13 de maig de 2008