La processionària del pi, una plaga en expansió.

ÀMBIT DE LES CIÈNCIES EXACTES I EXPERIMENTALS

ÍNDEX

Pàg.

1. INTRODUCCIÓ 1
2. OBJECTIUS 4
3. HIPÒTESIS 5
4. METODOLOGIA 8
5. CARACTERÍSTIQUES DE LA PROCESSIONÀRIA DEL PI *(Thaumetopoea pytocampa)* 12
   5.1. Taxonomia 12
   5.2. Descripció 12
      5.2.1 L'adult 13
      5.2.2 La posta. Els ous. 15
      5.2.3 L'eruga 15
      5.2.4 La crisàlide o pupa 18
   5.3. Biologia 19
      5.3.1. Cicle biològic 19
      5.3.2. Intervals tèrmics de supervivència 27
      5.3.3. Viure en colònia: avantatges i inconvenients 29
      5.3.4. Mecanismes de defensa 33
   5.4. Distribució geogràfica 34
6. FACTORS AMBIENTALS QUE AFECTEN LA PLAGA 36
   6.1. El clima i els fenòmens meteorològics 36
   6.2. Resposta de la processionària del pi al canvi climàtic 37
   6.3. Disponibilitat d'aliment. Tipus d'arbres, estructura del bosc i estat de defoliació 42
   6.4. Incendis forestals 43
   6.5. Enemics naturals 44
7. IMPACTE ECOLÒGIC DE LA PLAGA 48
8. REPERCUSSIONS ECONÒMIQUES DE LA PLAGA 52
9. URTICÀRIES PROVOCADES PER LA PROCESSIONÀRIA DEL PI 54

10. MECANISMES DE CONTROL I PREVENCIÓ DE LA PLAGA 57
10.1. Control mecànic..... 58
10.1.1 Eliminació de les bosses de les erugues 58
10.1.2 Barreres físiques..... 59

10.2. Control biològic..... 60
10.2.1. Captures de mascles adults amb trampes de feromones sexuals..... 60
10.2.2. Els insecticides microbiològics preparats a base de *Bacillus thurigiensis var. Kurstaki*..... 61
10.2.3. Actuació sobre l'estructura de la massa forestal..... 62
10.2.4. Control de la processionària mitjançant enemics naturals 62

10.3 Control químic 63
10.3.1. Destrucció de les bosses amb balins insecticides 63
10.3.2. Inhibidors del creixement 64
10.3.3. Piretroides sintètics..... 65

10.4. Mètodes d'aplicació dels tractaments químics i microbiològics 65
10.5. Impacte dels productes químics de control en l'ecosistema..... 66
10.6. Altres mètodes indirectes de control i prevenció..... 67

TREBALL DE CAMP

11. TREBALL DE CAMP 69
11.1. Observació del cicle biològic: del cinquè estadi a l'emergència dels adults 71

11.2. Anàlisi dels resultats del seguiment del cicle biològic (des del cinquè estadi larvari fins a l'emergència de les papallones)..... 82

11.3. Disseny experimental per comprovar com varia el cicle biològic de la processionària del pi i el comportament de les larves en funció de la temperatura 86

11.4. Observació del cicle biològic des de la posta fins a l'enterrament. Estudi comparatiu del desenvolupament larvari de tres grups d'erugues sotmeses a temperatures diferents 92

11.5. Efecte de la lluminositat en el comportament de l'espècie 104

11.6. Captura de mascles adults utilitzant trampes de feromones sexuals 105

11.7. Previsió de les dates de naixement de les erugues en funció de l'altitud 114

11.8. Entrevista a Mariano Rojo, Tècnic del Servei de Sanitat Vegetal 116

11.9. Fumigació aèria 124

11.10. Entrevista a Leonardo López de Hierro, tècnic de Forestal Catalana 126

12. CONCLUSIONS 129
13. AGRAÏMENTS 137
14. GLOSSARI 138
15. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES 141
ANNEX I: REPORTATGE GRÀFIC 150
ANNEX II: CARTOGRAFIA DE LES ZONES TRACTADES A CATALUNYA (ANY 2010) 166
ANNEX III: VÍDEO DE LA BIOLOGIA I TRACTAMENT DE LA PROCESSIONÀRIA DEL PI ..... (Complement)

1. INTRODUCCIÓ

El present treball de recerca està centrat en l'estudi biològic de l'espècie *Thaumetopoea pytocampa*, un insecte popularment conegut amb el nom de processionària del pi. Aquest lepidòpter apareix, habitualment, a les pinedes mediterrànies i s'identifica fàcilment gràcies a les característiques bosses blanques que confecciona a les branques dels pins i cedres, i per les llargues processons que realitza en un moment determinat del seu cicle.

Uns mesos abans de començar aquest treball, a partir de les notícies publicades en alguns diaris, em vaig assabentar que, en els últims anys, s'havia detectat una major proliferació d'aquesta espècie, així com la infestació d'àrees forestals extenses situades en altituds de fins a 1800 m, potser com a conseqüència de l'augment de la temperatura global. Això em va cridar molt l'atenció i vaig voler saber-ne més. En iniciar el treball, era conscient del fet que la processionària del pi s'ha convertit en una plaga en algunes zones i coneixia alguns dels efectes negatius que provoca, ja que, molts hiverns, havia observat les pinedes del Lluçanès envaïdes per un munt de nius blancs d'aquest insecte. Tot i així, desconeixia tot el que fa referència a la seva biologia i distribució, i els mitjans de lluita que s'utilitzen.

La curiositat que sempre m'ha despertat aquest animal, així com la meva preocupació pels efectes perjudicials que pot ocasionar el canvi climàtic, m'han empès a focalitzar la recerca experimental d'aquest treball en l'estudi del cicle biològic de la processionària del pi, els efectes que provoquen els canvis de temperatura sobre el desenvolupament, ritme de creixement i comportament de les larves, així com els diferents mecanismes de control de la plaga.

Quan veia aquestes bestioles, pensava: una eruga darrere l'altra, tothora en fila i ordenades; però, per què? La processionària del pi sempre havia captat la meva atenció, però m'havia mantingut allunyada de l'ella per por a patir possibles al·lèrgies. Volia esbrinar si havia de continuar vivint al marge de d'aquest insecte o en podia fer un estudi científic a fons. Després de consultar

diferents fons d'informació, vaig arribar a la conclusió que era viable observar i manipular aquesta espècie, adoptant les mesures de precaució adients.

El fet que aquest animal patís tants canvis morfològics al llarg de la seva vida constituïa una motivació més per a mi. Passa d'eruga a papallona, la qual cosa permet observar el fascinant procés de la metamorfosi. D'altra banda, també em vaig decidir a fer aquest estudi perquè m'agrada la natura, podia realitzar el treball de camp en un entorn proper i estava relacionat amb la modalitat de batxillerat científic que estic cursant.

Un dels condicionaments que ha comportat el fet de treballar amb éssers vius, ha estat el seguiment continu i constant que requerien les experiències realitzades al llarg del treball de camp: controlant diàriament els canvis patits per la processionària del pi durant el seu cicle biològic i, posteriorment, posant en pràctica un disseny experimental propi que em va permetre determinar, dia a dia, l'efecte de diferents temperatures en el desenvolupament de tres grups de larves de la mateixa edat i procedència. A banda d'això, per poder assolir tots els objectius del treball, també vaig realitzar prospeccions al camp per determinar el grau d'infestació de dues àrees forestals del Lluçanès i, a fi d'estudiar les principals actuacions de control de la processionària del pi, vaig comprovar el grau d'eficàcia de les trampes amb feromones sexuals per a la captura de mascles adults al bosc, i vaig participar en intervencions reals de lluita contra la plaga realitzades per tècnics forestals, utilitzant mitjans aeris.

Pel que fa a la bibliografia, no vaig trobar gaires llibres amb suficient informació sobre la processionària del pi, per la qual cosa vaig haver de cercar publicacions específiques sobre la biologia, lluita i control d'aquest insecte en diferents entitats dedicades a la gestió forestal i realitzar vàries entrevistes a tècnics del Servei Forestal del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de Catalunya.

D’altra banda, cal indicar que totes les fotografies del treball són pròpies, ja que les vaig realitzat al bosc o bé als meus terraris, excepte aquelles en què s’indica la font de manera explícita.

En definitiva, aquest és un treball realitzat amb il·lusió i interès que pretén donar a conèixer un insecte curiós, defoliador dels pins, que ocasiona danys de consideració en extensions importants, tot esbrinant les conseqüències que pot ocasionar el canvi climàtic pel que fa a la proliferació d’espècies que han esdevingut plaga, com ara la processionària del pi, en indrets on abans no ocasionaven danys, així com els possibles mecanismes de lluita i control, i algunes solucions factibles per a la reducció de les emissions de CO_2 i altres gasos amb efecte hivernacle, responsables de l’augment de la temperatura global.

2. OBJECTIUS

Els objectius que hauré d'assolir al llarg de la realització d'aquest treball de recerca són els següents:

- Conèixer les característiques morfològiques i la biologia de *Thaumetopoea pytocampa* en cadascuna de les fases del seu cicle vital.
- Determinar la distribució de la processionària del pi i identificar les principals espècies vegetals atacades.
- Descobrir quins danys i perills provoquen les erugues.
- Conèixer els diferents mètodes de control i lluita.
- Identificar els enemics naturals de la processionària del pi.
- Analitzar quina relació hi ha entre l'expansió de l'espècie i el canvi climàtic.
- Realitzar un seguiment del cicle biològic de la processionària del pi a partir de colònies d'erugues capturades al bosc.
- Fer un disseny experimental per tal de comprovar l'efecte de la temperatura sobre la durada del cicle vital, tot analitzant com varia el creixement i comportament de les larves.
- Col·locar trampes de feromones al bosc per tal d'elaborar la corba de vol de les papallones.
- Conèixer, de primera mà, l'impacte de la processionària als boscos catalans, realitzant entrevistes a tècnics del Servei Forestal i participant en actuacions de control fitosanitari.
- Documentar el treball amb fotografies pròpies, sempre que sigui possible.
- Analitzar i interpretar els resultats de la recerca experimental.

3. HIPÒTESIS

Amb la informació obtinguda a partir de diferents fonts bibliogràfiques i el treball de camp realitzat, podré corroborar si les següents hipòtesis resulten certes o no.

1. L'espècie s'ha convertit en una plaga a Catalunya i no es disposa dels mitjans suficients per tal d'eradicar-la.
2. La processionària del pi provoca al·lèrgies i altres malalties.
3. Sense els mecanismes de control adients, la processionària del pi ocasiona importants danys al bosc i comporta pèrdues econòmiques.
4. Les variacions de la temperatura afecten el desenvolupament, el comportament de les larves i la durada del cicle vital.
5. Un augment de la temperatura en l'ambient permet la proliferació de la processionària del pi en estrats forestals situats per sobre de 1400 m sobre el nivell del mar, on fa 25 anys, a causa d'un clima més fred, no causava defoliacions importants als pins.
6. La processionària del pi és un bon bioindicador dels efectes del canvi climàtic sobre els ecosistemes.
7. Hi ha mètodes de control efectius, com ara les trampes amb feromones sexuals i les fumigacions amb insecticides selectius.

He formulat la primera hipòtesi perquè, durant anys, he observat com es realitzen tractaments de lluita contra aquesta espècie, però, malgrat això, sempre he cregut descobrir nous nius als pins, la qual cosa em fa pensar que les actuacions de lluita contra la processionària del pi resulten insuficients, o bé la gestió forestal pel que fa al control fitosanitari dels boscos no és del tot adequada i eficient. Al llarg d'aquest treball, hauré d'esbrinar si la meva hipòtesi és o no correcta.

Partint de la segona hipòtesi, hauré de comprovar si la processionària del pi produeix o no afeccions al·lèrgiques. Aquesta és una afirmació que he sentit sovint a casa, però hauré d'investigar fins a verificar-la, per tal de poder

manipular l'insecte amb seguretat, adoptant les mesures de precaució que calgui.

He formulat la tercera hipòtesi perquè m'he adonat que, alguns anys, diverses pinedes d'Osona presentaven un aspecte deplorable, plenes de nius de processionària del pi, amb moltes branques defoliades i, fins i tot, amb alguns pins secs, aparentment morts. Altres anys, però, els nius eren escassos i les pinedes presentaven un aspecte saludable, potser perquè s'havien portat a terme actuacions de control de la plaga. Per tal de corroborar si els danys que causa la processionària són realment importants a les nostres contrades, caldrà fer un estudi quantitatiu del grau d'infestació dels boscos, els damnatges mediambientals que se'n deriven i els possibles perjudicis econòmics. D'altra banda, vull saber si són necessaris gaires insectes d'aquesta espècie per destruir una zona i de quins altres factors depèn el grau de defoliació. També caldrà esbrinar si sempre són necessaris mecanismes de lluita i control per tal de mantenir sanes les pinedes.

Quan vaig començar a cercar informació envers aquest lepidòpter, vaig descobrir que, en els últims anys, la processionària del pi accelerava el seu cicle biològic i envaïa estrats forestals situats cada vegada a més altitud. Alguns autors relacionen aquest fet amb el canvi climàtic. He decidit comprovar aquesta hipòtesi a partir d'un disseny experimental, mitjançant el qual podré realitzar un estudi comparatiu del desenvolupament, al llarg del temps, de tres grups de larves de processionària de pi, tots de la mateixa procedència, sotmesos, respectivament, a temperatura ambient, a temperatures cada vegada més baixes, i a temperatures progressivament més altes, a fi d'establir alguna relació entre el ritme de creixement i el canvi de temperatura.

Vaig plantejar la sisena hipòtesi perquè la processionària del pi és un animal dependent de la temperatura ambiental i, a més, de temps generacionals curts, la qual cosa em fa pensar que aquest insecte podria resultar un bon bioindicador dels efectes del canvi climàtic sobre els éssers vius. A partir del

disseny experimental i de la investigació bibliogràfica, determinaré la validesa de la sisena hipòtesi.

Finalment, em plantejo quins mètodes de lluita i control de la plaga s'utilitzen i en quin grau resulten efectius. D'aquí l'última hipòtesi.

4. METODOLOGIA

- **Cerca d'informació**

  Per poder elaborar el treball he consultat diferents fonts bibliogràfiques procedents, bàsicament, del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de Catalunya i pel Servei de Sanitat Forestal de les Illes Balears. Alguns d'aquests documents han estat publicats en forma de revistes o quaderns informatius i d'altres els he pogut consultar mitjançant Internet. També he tingut accés a llibres que m'han aportat informació sobre la morfologia, ecologia i el cicle biològic de la processionària del pi. D'altra banda, he visualitzat reportatges i documentals sobre aquest insecte. A més, m'he basat en la informació obtinguda a partir del treball de camp realitzat, el qual inclou una entrevista al tècnic del Servei de Sanitat Vegetal i expert en el control de plagues, Mariano Rojo, i una altra a Leonardo López de Hierro, assistent de camp per a la realització de treballs aeris. Així mateix, el seguiment i l'observació personal del cicle biològic de la processionària del pi m'han proporcionat informació de primera mà.

- **Obtenció de nius de processionària del pi, preparació d'un terrari i seguiment del cicle biològic d'aquesta espècie**

  De seguida vaig veure clar que no em seria fàcil observar la vida d'aquest animal al bosc. Per aquest motiu, vaig decidir endur-me'n alguns exemplars per poder estudiar-los acuradament a casa. Era a finals d'hivern de 2010, les erugues ja començaven a formar les llargues cues i sabia que no podia tocar-les si no volia patir els efectes al·lèrgics que provoquen. Així doncs, vaig concloure que la forma més senzilla que hi havia de transportar els animals era dins de les seves bosses o nius, presents a les branques de pi.

  Un cop aconseguides branques d'un pi de Santa Maria de Merlès amb vàries bosses de processionària, vaig preparar un terrari que reproduís amb la màxima fidelitat possible l'hàbitat natural de l'insecte: vaig constatar que

les branques dels pins on hi havia les bosses-niu contenien suficients fulles per alimentar l'espècie durant tot el procés i vaig omplir el terrari amb la mateixa terra que hi havia sota els pins. En tot cas, sempre podria subministrar noves branquetes fresques com a aliment a les erugues. Finalment, vaig comprovar que no hi hagués diferències significatives de temperatura i humitat respecte al bosc d'on procedia l'animal. Ja estava tot a punt per fer el seguiment del cicle biològic de l'espècie, el qual quedaria enregistrat mitjançant fotografies i vídeos que podria fer periòdicament, a fi de documentar tots els canvis observats.

Més endavant, quan l'espècie estava arribant al final del procés de metamorfosi, vaig cobrir el terrari amb tela mosquitera per evitar que s'escapessin les papallones i poder, així, continuar el seguiment del cicle. D'altra banda, vaig assegurar-me que aquests animals no poguessin sortir a l'exterior i causar danys en zones que encara no s'havien vist afectades.

- **Estudi experimental de l'efecte de la temperatura en el ritme de desenvolupament de les larves de la processionària del pi**

Un cop les papallones van fer les postes a les branques de pi, vaig procedir a repartir-les en tres terraris. Quan les noves erugues van construir les primeres bosses-niu, vaig sotmetre els tres terraris a diferents temperatures: vaig mantenir el primer a temperatura ambient, vaig incrementar gradualment la temperatura en el segon i, en el tercer, la vaig baixar progressivament fins a determinar la temperatura mínima letal. Vaig observar com es veia afectat el desenvolupament de les erugues pel canvi de temperatura, prenent nota del ritme de creixement, el grau d'activitat i el comportament de les larves, entre d'altres factors. Vaig procurar que els tres terraris estiguessin il·luminats durant el dia i immergits en la foscor durant la nit, simulant així les condicions naturals.

Portant a la pràctica aquest disseny experimental, podia comprovar si l'augment de temperatura, dins uns límits vitals establerts, podia accelerar o

no el cicle vital de la processionària del pi i, per tant, si havia alguna relació entre el canvi climàtic i la proliferació d'aquesta plaga en pinedes situades cada cop a major altitud, atès que la temperatura global s'ha incrementat en els últims anys.

- **Determinació del grau d'infestació en boscos del Lluçanès**

  Mitjançant l'ajut del GPS, vaig acotar dues zones del Lluçanès, afectades per la processionària del pi, on vaig poder establir el grau d'infestació que patien mitjançant la prospecció del bosc, localitzant les bosses niu, quantificant les àrees perifèriques i centrals de la pineda afectades, i determinant el nivell de defoliació que presentaven els pins. Aquest procés em va permetre comprovar els efectes que causa la plaga al medi natural.

- **Col·locació de trampes de feromones, recompte dels mascles adults capturats i elaboració de corbes de vol**

  A les àrees forestals on havia determinat el nivell d'infestació que patien, vaig penjar trampes de feromones sexuals per tal d'atrapar mascles adults d'aquesta espècie i poder elaborar, així, la corba de vol d'aquest lepidòpter en aquestes zones. D'altra banda, això em va permetre determinar el grau d'eficàcia d'aquest mètode per al control de la processionària del pi.

- **Participació en actuacions de lluita i control de la processionària del pi, portades a terme per tècnics de l'empresa pública Forestal Catalana.**

  Vaig tenir l'oportunitat de participar en tractaments de boscos del Bages, amb un insecticida específic, mitjançant fumigacions des d'una avioneta. Aquesta experiència em va permetre seguir tot el procés de control de la processionària amb mitjans aeris i poder acabar de resoldre dubtes, de caire pràctic, amb una entrevista a Leonardo López de Hierro, l'assistent de camp que supervisa les actuacions de control aèries.

- **Elaboració d'un reportatge fotogràfic i un vídeo com a síntesi del treball de camp.**

  Atès que tota la part pràctica del treball ha estat documentada amb fotografies i vídeos d'elaboració pròpia, vaig decidir adjuntar un annex en forma de resum visual de tota la tasca experimental realitzada, a fi de presentar-la de forma sintètica i entenedora, a partir d'una selecció de les fotografies més representatives de cada procés i un vídeo complementari sobre la biologia de la processionària del pi i els tractaments de control.

- **Anàlisi dels resultats obtinguts, a fi de contrastar les hipòtesis inicials i elaborar les conclusions finals.**

  Un cop finalitzat el treball, he analitzat els resultats obtinguts, fruit de la recerca bibliogràfica realitzada al llarg de tot el procés i de la part experimental, per tal de corroborar o no les hipòtesis plantejades en iniciar el treball. Això m'ha permès arribar a unes conclusions finals que comento al final del treball.

5. CARACTERÍSTIQUES DE LA PROCESSINÀRIA DEL PI (*Thaumetopoea pytocampa*)

5.1. Taxonomia

Espècie: *Thaumetopoea pytocampa* (Denis i Schiffermüller, 1775)
Nom comú: processionària del pi o cuc del pi
Gènere: *Thaumetopoea*
Subfamília: Thaumetopoeinae
Família: Notodontidae
Superfamília: Noctuoidea
Subordre: Glossata
Ordre: Lepidoptera
Superordre: Endopterygota
Infraclasse: Neoptera
Subclasse: Pterigota
Classe: Insecta
Fílum: Arthropoda
Regne: Animalia

Figura 1. Eruga de la procesionària del pi.

5.2. Descripció

La processionària del pi, o cuc del pi, és un insecte que pertany a l'ordre dels lepidòpters heteròcers (papallones nocturnes). Té forma d'eruga en la fase larvària i l'adult és una papallona que vola de nit. Durant la fase de larva tenen lloc els danys sobre els pinars, ja que les erugues són herbívores i s'alimenten de les fulles dels pins i cedres.

Pel que fa a la reproducció, cal dir que és un animal ovípar. És un insecte holometàbol, és a dir, pateix una metamorfosi completa, passant per quatre fases: neix d'un ou, passa per cinc estadis larvaris en què presenta forma

d'eruga, queda inactiu durant una fase de crisàlide i es converteix en papallona (fase d'imago o adult), la qual és sexualment madura i realitza la posta d'ous, començant, així, el cicle vital de nou.

5.2.1. L'adult

Les papallones de la processionària del pi posseeixen dos parells d'ales cobertes d'escates, com la resta del cos. El primer parell és de color grisós i el segon és blanquinós, tot i que la coloració és variable segons el clima, de forma que els adults adquireixen tons més foscos a les zones més fredes. El tòrax presenta una abundant pilositat llarga i gris i l'abdomen és cilíndric, amb l'últim segment recobert d'escates. Ambdós sexes presenten quatre quilles transversals en una protuberància còrnia que es localitza a la regió frontal del cap i tenen una espiritrompa, un aparell bucal modificat, disposat en espiral. Malgrat tots els adults comparteixen aquestes característiques comunes, hi ha dimorfisme sexual, de manera que les papallones mascles i les femelles presenten certes diferències morfològiques que permeten distingir-les perfectament.

- **La femella adulta**

Les dimensions de les papallones femenines són de 34-49 mm. Les seves antenes són pectinades (en forma de pinta), però d'aspecte filiforme. Les ales anteriors són de color gris cendrós, amb una nervadura destacada, vores fosques i tres franges transversals menys aparents que en els mascles. Les ales posteriors són blanquinoses, amb vores grises i una taca fosca a la regió anal (a la part inferior). Presenten pèls grisencs recobrint el tòrax, els quals esdevenen més clars a les zones càlides. L'abdomen és cilíndric, gruixut i acabat amb un casquet rodó; està cobert d'abundants escates daurades al seu extrem, que la femella va col·locant sobre la posta, per tal de protegir-la.

- **El mascle adult**

L'envergadura de les papallones masculines és de 30-39 mm; per tant, els mascles són més petits que les femelles. Tenen les antenes ben pectinades, amb aspecte plomós i el tòrax densament pilós. L'abdomen del mascle és més prim que el de la femella i lleugerament cònic a la part posterior, on presenta un plomall de pèls de color marró clar. Les ales anteriors són de color grisós, d'intensitat variable, on destaquen tres franges transversals, més fosques que en les femelles. Les ales posteriors són com les de la femella: blanquinoses i amb la part pròxima al cos molt pilosa.

Figura 2. Femella adulta.

Figura 3. Mascle adult .

Font: La processionària del pi. Thaumetopoea pityocampa Schiff. *Butlletí 01. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Fotografies de Mariano Rojo i Josep Mª. Vives*

Figura 4. Papallona femella.

Figura 5. Papallona mascle.

5.2.2. La posta. Els ous

La femella pon els ous envoltant, de forma helicoïdal, dues acícules d'una mateixa beina del branquilló d'un pi. Després, recobreix la posta amb les escates daurades de l'extrem de l'abdomen, de manera que la posta adquireix l'aspecte d'un cilindre de color palla.

Cada posta consta de 100 a 300 ous, els quals són esfèrics, de color blanquinós, durs i d'una mida d'1 mm. Es poden observar fàcilment quan es treuen les escates que els cobreixen.

Figura 6. Posta d'ous.

5.2.3. L'eruga

En la seva fase d'eruga, la processionària del pi té un aspecte cruciforme i està dotada d'un potent aparell bucal mastegador. Té 3 parells de potes toràciques, a més d'alguns petits apèndixs abdominals que actuen com a falses potes. Està recoberta de pèls i dards urticants, que utilitza com a òrgans de defensa.

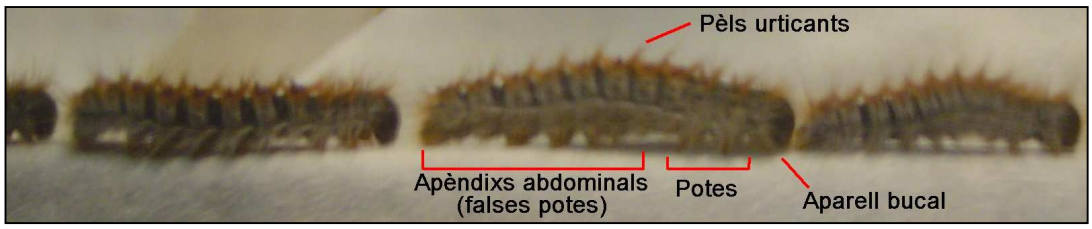


Figura 7. Morfologia de les erugues.

L'eruga experimenta quatre mudes, passant per cinc estadis larvaris.

La longitud d'una eruga acabada de néixer és de 2,5 mm aproximadament i en el seu primer estadi pot arribar a mesurar 5-6 mm. És de color verdós i presenta taques fosques a la part dorsal dels segments abdominals i més clares en els toràcics. La pilositat és relativament escassa a simple vista, i la càpsula cefàlica és negra en tots els estadis. Després d'aquesta etapa, l'animal realitza la primera muda de pell.

En el segon estadi larvari, les erugues poden assolir 10-12 mm de longitud. A la part dorsal, presenten abundants pèls de color groc-ataronjat i de color blanquinós al lateral. Entre aquests flocs de pèls curts apareixen unes petites taques negres, a cada segment, que corresponen als futurs receptacles dels diminuts dards urticants que es formaran en estadis posteriors.

Figura 8. Segon estadi larvari.

Després de la segona muda, ja en el tercer estadi, la larva adquireix el seu aspecte típic definitiu, amb el tegument de color gris blavós una mica més clar a la part ventral, tot i que varia en funció de les condicions climàtiques, ja que el color del tegument és més fosc quan habiten en zones més fredes. També en aquesta fase, es formen els dards urticants, anomenats tricomes, molt petits i de coloració ataronjada, agrupats a l'interior de dispositius formats pel replegament del tegument. Els pèls dorsals, estan situats al dispositiu urticant i

al seu voltant. Els dispositius urticants romanen tancats quan la larva no es mou, però s'obren quan l'eruga s'agita i alliberen milers de dards urticants, que contaminen l'ambient i poden produir urticàries i greus afeccions al·lèrgiques a les persones i alguns animals. Cada eruga té milers de tricomes o dards urticants.

Figura 9. Tercer estadi larvari.

A partir del tercer estadi, es produeix l'emplaçament definitiu de la colònia, formant les característiques bosses o nius d'hivern.

En el quart i cinquè estadi augmenten el nombre i la longitud dels pèls urticants, de color taronja brillant. En finalitzar el cinquè estadi, les erugues arriben a assolir longituds de 25-40 mm. El cap de la femella fa uns 3,4 mm, mentre que el del mascle pot arribar a mesurar 4,8 mm.

Figura 10. Quart estadi larvari.

Figura 11. Cinquè estadi larvari.

5.2.4. La crisàlide o pupa

Una vegada finalitzades les fases larvàries, la processionària del pi inicia la nimfosi, és a dir, l'etapa en què s'enterra i fabrica un capoll sedós de color blanc, on es reclou, i entra en fase de prepupa, en la qual només es donen canvis interns i, finalment, muda per convertir-se en crisàlide o pupa. Aquesta és de color marró vermellós, ovalada, d'uns 20 mm de longitud, tot i que la seva llargada varia en funció de la temperatura. El mascle és més petit que la femella. Durant aquest estadi, l'insecte resta immòbil, però es manté viu dins del seu refugi, consumeix les reserves orgàniques i, finalment, es transforma en papallona.

Figura 12. Capoll de la processionària del pi. Fase de prepupa.

Figura 13. Crisàlide de la processionària del pi.

Figura 14.

Una crisàlide femella (la gran) i una crisàlide mascle (la petita).

Un cop la crisàlide s'ha convertit en papallona o adult, l'insecte s'allibera del seu embolcall i, removent el sòl, surt a l'exterior, mostrant un aspecte humit i tou. El cos de la papallona s'endureix en contacte amb l'aire i les ales s'estenen a mesura que l'oxigen penetra en les tràquees. La mida d'aquestes papallones és definitiva, ja que no creixen més.

5.3. Biologia

5.3.1. Cicle biològic

En general, la processionària del pi presenta un cicle anual, hivernant en forma de crisàlide. En ocasions, el cicle vital pot allargar-se alguns anys a causa de la diapausa embrionària o fase de letargia de la crisàlide.

La processionària del pi neix als mesos de setembre i octubre. Els ous eclosionen 30-40 dies després de la posta, sense que els progenitors en tinguin cura. De cada ou, neix una eruga, formant-se una colònia d'uns 100-300 exemplars. Just després de néixer, aquests insectes comencen a alimentar-se de les fulles dels branquillons del pi on es troben, ja que, malgrat la seva petita mida, estan dotats d'unes mandíbules extremadament potents. Aquestes erugues romanen sempre juntes, vivint de forma gregària i unides a l'arbre per fils de seda.

Aquesta espècie és activa durant els mesos més freds de l'any. En els primers estadis, les erugues són nòmades; volten i abandonen els seus lleugers refugis elaborats amb fils sedosos, buscant noves fulles de pi fresques i toves.

Al llarg del primer estadi larvari, realitzen petits desplaçaments i construeixen nius provisionals, de poca consistència, a cada conjunt d'acícules on es detenen per alimentar-se. Aquests nius són confeccionats a les zones més assolellades i càlides de l'arbre, orientades cap al sud o sud-oest. En aquest estadi, les erugues només devoren les parts tendres de les fulles, per la qual cosa els pins afectats presenten plomalls d'acícules mig menjades i seques. La primera muda es produeix als 8-12 dies, passant al segon estadi larvari.

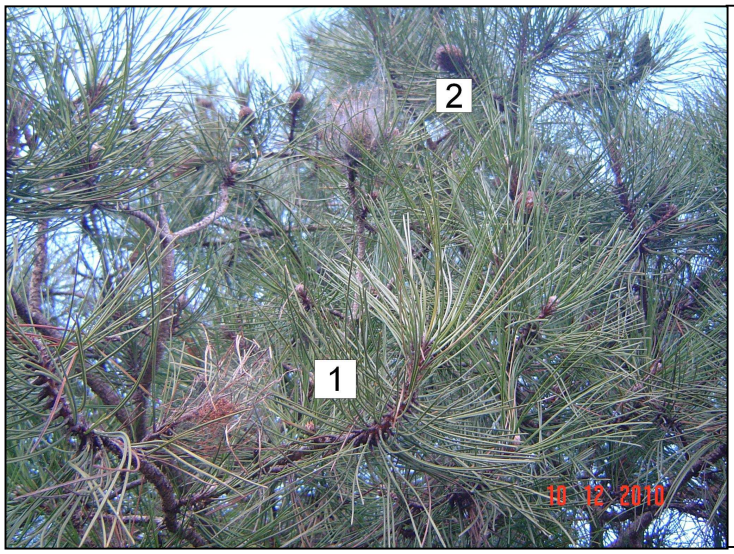
Figura 15. A l'esquerra, un niu de poca consistència, en un pi d'un bosc de Santa Maria de Merlès (N 42º00.732' E002º00.710), confeccionat per les erugues dels primers estadis larvaris. A la dreta, fils de seda secretats per de les larves en un terrari.

En el segon estadi, segueixen presentant les mateixes pautes de comportament, tot i que realitzen desplaçaments menys freqüents, però de més recorregut. Els danys que produeixen a les fulles del pi són més evidents en aquest estadi. Aquesta fase té una durada de 12 a 18 dies.

En començar el fred de l'hivern, les erugues ja han fet la segona muda i es troben al tercer estadi. En aquesta fase, que sol durar 30 dies aproximadament, s'afanyen a construir una bossa o niu definitiu on resguardar-se de les baixes temperatures; així, aconsegueixen viure a una temperatura de 5 a 20ºC superior a la de l'exterior. Per tant, al tercer estadi, es produeix l'emplaçament definitiu de la colònia.

Figura 16. Bosses o nius definitius, fabricats per *Thaumetopoea pityocampa*. El de l'esquerra, en un bosc de Santa Maria de Merlès (N 42º00.732' E002º00.710) i, el de la dreta, en un terrari.

El niu no té cap obertura definida que permeti entrar i sortir a les erugues. Tot i així, les erugues s'obren pas a través de les diferents capes del niu i arriben a l'exterior amb facilitat per tal d'alimentar-se. Els excrements i els residus vegetals, expulsats per les erugues, s'acumulen al fons de la bossa.



Exemple dels desplaçaments realitzats per les erugues, al llarg dels diferents estadis, per trobar aliment, fins a fer l'emplaçament definiu.

1. **Niu provisional corresponent als primers estadis larvaris.**
2. **Al final del tercer estadi, les erugues es desplacen per construir el niu definitiu en una zona assolellada del pi.**

Figura 17. Pi de la zona boscosa de Santa Maria de Merlès (N 42° 00.732' E002° 00.709' S).

Normalment, construeixen els nius en zones que reben alta radiació solar, de manera que les altes temperatures que assoleix el niu, durant el dia, són òptimes per mantenir-les actives i digerir tot l'aliment que han ingerit al llarg de la nit. La radiació solar actua sobre el niu, augmentant la temperatura màxima diària en 1,5ºC per hora d'insolació. L'aglomeració de moltes erugues dins el niu, permet mantenir una temperatura suficientment alta durant els dies freds d'hivern, ja que s'escalfen les unes a les altres i, alhora, es redueixen les pèrdues de calor per dissipació. Així, les larves poden fer front al fred diürn.

El quart estadi larvari és de durada variable perquè depèn de la climatologia de la zona, de manera que, a les zones càlides, les erugues superen aquesta fase en un mes; però, a les localitats fredes, les erugues poden passar tot l'hivern en aquest estadi. Al llarg d'aquesta fase, les erugues surten cada nit del niu per alimentar-se de les acícules del pi i, a més, continuen teixint el niu, de manera que aquest agafa cos i s'acaba convertint en una bossa blanca i compacta, tot i que, a les zones càlides, aquesta presenta una estructura més feble.

Les observacions realitzades al bosc durant la nit, amb monitors i càmeres de raigs infrarojos que permeten la visió nocturna, han demostrat que les erugues abandonen els seus nius poc després de la posta de sol i es desplacen a altres branques del mateix arbre per alimentar-se. L'energia resultant del metabolisme dels nutrients els proporciona la calor suficient per suportar el fred nocturn i, d'altra banda, la foscor de la nit protegeix les erugues dels depredadors. Quan es fa de dia, deixen de menjar i retornen al niu. Durant els mesos més freds de l'hivern, també són capaces de sortir de la bossa a temperatures sota zero, tot i que movent-se lentament.

Figura. 18. Erugues alimentant-se durant la nit.

Cap al març, les erugues arriben al cinquè i últim estadi larvari. En aquesta fase, les erugues s'alimenten de forma molt activa i poden arribar a menjar-se totes les acícules del pi en què han construït el niu. Si es dóna el cas que es queden sense aliment, formen processons per baixar a terra i canviar de pi, a fi de buscar més aliment. Quan surten del niu, van seguint un fil de seda, segregat per cada eruga, fent la processó, i només se separen per alimentar-se. Després de menjar, tornen totes juntes al niu, seguint els rastres dels fils de seda.

Durant els mesos de febrer i març, les erugues del cinquè estadi arriben a la maduresa i, quan s'assoleixen temperatures de 10-22ºC, es preparen per abandonar el niu i enterrar-se al sòl, on es convertiran en crisàlides, les quals, al seu torn, es transformaran en papallones adultes. El comportament gregari, fa que, després de la posta de sol, baixin totes en processó, l'una darrere l'altre, dirigides per una eruga femella capdavantera que segrega un fil de seda que serveix de guia per a la resta de les erugues, conduint-les, així, cap al lloc més idoni per a l'enterrament.

Figura 19. Processó d'erugues.

S'han observat processons de més de 300 erugues. Aquests animals poden arribar a viatjar grans distàncies per trobar l'indret adequat on enterrar-se. Un cop triat el lloc idoni, les erugues es reagrupen en espiral i comencen a soterrar-se, cadascuna pel seu compte. La temperatura òptima del lloc de l'enterrament és d'uns 20ºC. Generalment, l'enterrament té lloc a la perifèria del bosc o en àrees clares d'aquest, per tal que els arribi l'escalfor del sol un cop estiguin enterrades. En algunes zones molt càlides, canvien l'emplaçament i s'enterren en llocs ombrejats. La profunditat a la que s'enterren, normalment, és de 5 a 20 cm, tot i que depèn de l'estructura i composició del sòl.

Figura 20. Reagrupació en espiral de les erugues, just abans de l'enterrament.

El cinquè estadi larvari sol durar uns 30 dies. Un cop ha tingut lloc l'enterrament, cada eruga teixeix el seu capoll sedós, passant llavors a la fase de prepupa, la durada de la qual oscil·la entre 21 i 30 dies, en funció de la temperatura. Durant aquesta fase es produeixen grans canvis en la conformació interna, per donar lloc, després d'una nova muda, a la crisàlide.

El desenvolupament de la crisàlide té lloc en tres fases:

- Durant la primera fase, de 10-15 dies de durada, es produeix una intensa divisió cel·lular.

- A la segona fase, etapa de diapausa, el desenvolupament s'atura totalment durant un període de temps molt variable segons les condicions climàtiques (de 30 dies en localitats càlides, fins a 2-5 anys en zones fredes), per tal que l'emergència dels adults coincideixi amb les condicions més apropiades per a la supervivència de les postes i de les noves generacions larvàries. Per tant, la diapausa constitueix un retard en el desenvolupament, en resposta a períodes de condicions mediambientals adverses. En aquesta

fase, les crisàlides poden suportar temperatures extremadament baixes sense arribar a morir.

- A la tercera etapa, té lloc la formació definitiva de l'adult, i la seva durada també varia segons la temperatura, tot esperant el moment oportú per al naixement de les papallones. La temperatura òptima per a la formació dels adults és de 20ºC.

  Durant els capvespres dels mesos més calorosos de l'estiu, les papallones de la processionària del pi emergeixen del sòl i s'enfilen a una tija herbàcia o branqueta, on acaben d'assecar i estirar les seves ales. El naixement de les papallones s'inicia a la segona quinzena de juny als llocs freds i a la segona de juliol als càlids, i finalitza a finals de setembre.

Figura 21. A l'esquerra, papallona acabada d'emergir del sòl; a la dreta, papallona assecant i estirant les ales.

L'emergència dels mascles sol produir-se unes hores abans que la de les femelles. Aquests són atrets per l'aroma de la feromona sexual de les femelles, anomenada "pityolure", gràcies als òrgans de l'olfacte que es localitzen a les seves antenes. La còpula té lloc, normalment, el mateix dia de l'emergència.

El naixement dels adults, l'aparellament i la posta transcorren en un termini màxim de tres dies.

Just després de l'aparellament, la femella busca una branca de pi que reuneixi les condicions necessàries per albergar les futures cries i procedeix a fer la posta dels ous. Les femelles adultes realitzen la posta a les acícules dels pins guiant-se per la vista i l'olfacte per distingir les diferents espècies de pins més adequades per a l'alimentació de les larves. L'elecció del parell d'acícules, del gruix i longitud adequades per suportar el pes de la posta, pot realitzar-se gràcies als estímuls tàctils, tot i que, a vegades, la urgència d'oviposició pot comportar que les papallones ponguin els ous, fins i tot, en tiges herbàcies. La femella subjecta un parell d'acícules de pi de la mateixa beina, amb les seves potes, i avança des de la base cap a l'extrem de les acícules, mentre va dipositant els ous seguint un patró helicoïdal. Recobreix la posta amb les escates del seu propi abdomen, per tal que els ous no siguin localitzats fàcilment pels depredadors i paràsits que els ataquen. Els ous eclosionen després de 5-6 setmanes.

La vida de les papallones nocturnes de la processionària del pi és molt curta, degut al fet que no s'alimenten. Mentre les papallones femenines moriran en un dia, els mascles arribaran a viure'n fins a tres, augmentant, així, la probabilitat de copular i assegurant la supervivència de l'espècie.

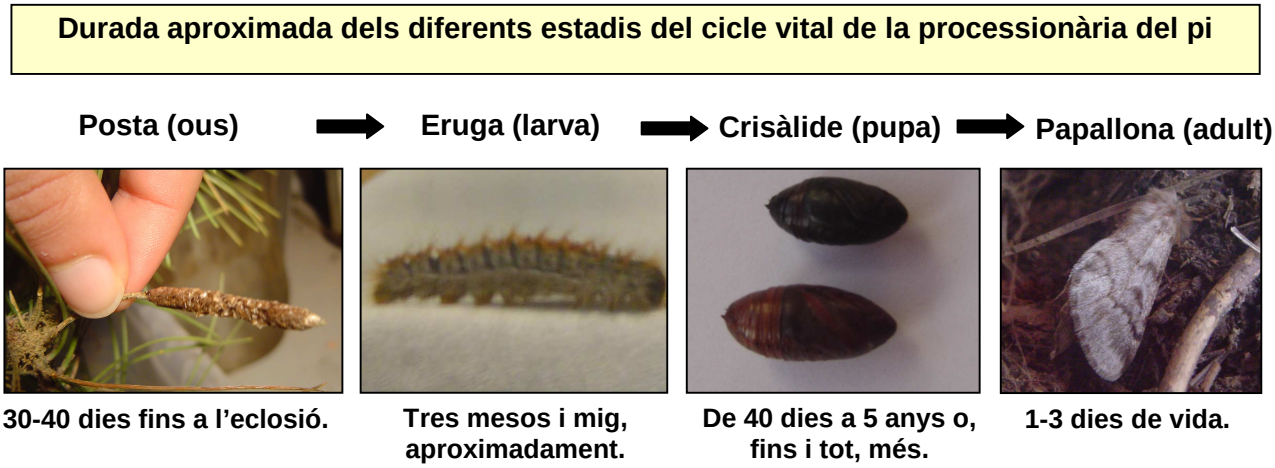


Figura 22. ***Font: Elaboració pròpia.***

Calendari del cicle reproductiu anual de la processionària del pi

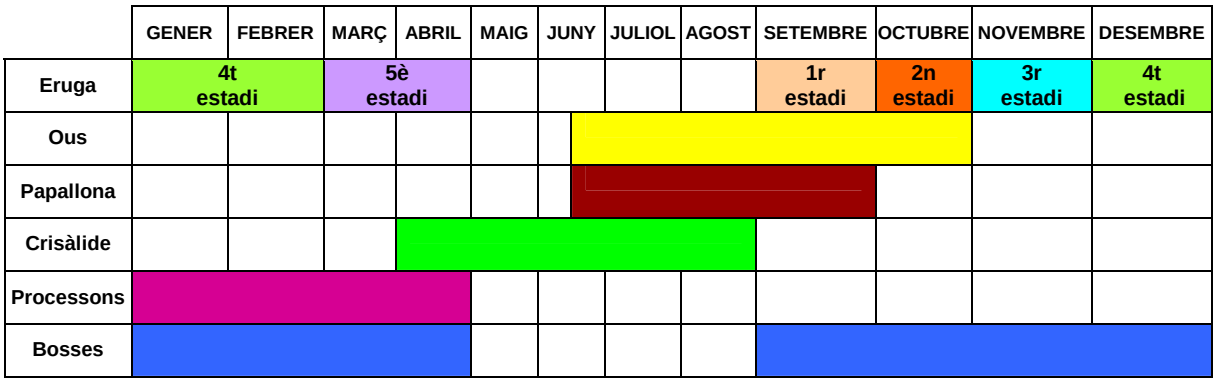


Figura 23. ***Font: Elaboració pròpia.***

5.3.2. Intervals tèrmics de supervivència

La temperatura influeix sobre el cicle biològic de la processionària del pi, de manera que es poden establir uns intervals tèrmics que determinen diferents comportaments i ritmes de creixement en les erugues aquesta espècie.

- **Llindar letal superior**

  A temperatures superiors a 30ºC, les erugues abandonen el niu i la colònia es dispersa, per la qual cosa desapareix el seu comportament gregari. A 32ºC es produeix la mort de les larves. Per tant, com que els primers estadis larvaris requereixen uns 30 dies i les erugues no suporten temperatures superiors a 30ºC, la posta d'ous ha de tenir lloc aproximadament un mes abans que la temperatura comenci a baixar per sota de 30ºC, de forma que l'oviposició té lloc abans en les zones fredes que en les més càlides.

- **Llindar letal inferior**

  A partir de –7ºC poden morir individus aïllats. En cas que la temperatura assoleixi valors inferiors a –12ºC, es pot produir la mort de colònies senceres.

- **Llindar de desenvolupament**

  La temperatura idònia a l'interior del niu és de 20-25ºC, ja que les erugues es mantenen actives, surten a menjar i es desenvolupen normalment. En canvi, entre 10 i 20ºC, les erugues segueixen alimentant-se i teixint el niu, però no avancen en els seu desenvolupament, per la qual cosa la quarta fase larvària pot prolongar-se fins a quatre o cinc mesos.

- **Llindar l'activitat**

  A temperatures inferiors a 10ºC a l'interior del niu, es deté l'activitat de la colònia, de manera que, quan les nits són molt fredes, les erugues surten a alimentar-se durant el dia.

Llindars tèrmics

Llindar letal superior	32ºC → Temperatura letal superior.
	30ºC → Esclat de la colònia. Les erugues es dispersen.
Llindar de desenvolupament	25ºC → Comportament gregari. Desenvolupament normal.
	20ºC → Les erugues s'alimenten i teixeixen el niu, però no evolucionen.
Llindar d'activitat	10ºC → La colònia deté l'activitat.
Llindar letal inferior	-7ºC → Temperatura letal inferior per a les erugues aïllades.
	-12ºC → Temperatura letal inferior per a la colònia.

Taula 1.

Font: Taula elaborada a partir de les dades de Demolin,G. (1969). Bioecologia de la Procesionaria del pino Thaumetopoea pityocampa Schiff. Incidencia de los factores climáticos. Boletin del Servicio de Plagas Forestales

Aquests llindars tèrmics també influeixen en la ubicació del niu definitiu, ja que, a les zones fredes, les erugues solen fabricar els nius a les capçades dels pins alts, per tal d'aprofitar millor l'escalfor dels raigs solars i mantenir l'interior del niu a la temperatura adequada per al desenvolupament larvari.

5.3.3. Viure en colònia: avantatges i inconvenients

En el cas dels insectes, l'agregació larvària és relativament freqüent, sobretot en diferents espècies de lepidòpters. Les grans agregacions larvàries presenten una taxa de mortalitat menor que els grups reduïts o individus solitaris. La vida en grup pot conferir avantatges, com ara una major capacitat per localitzar l'aliment, sobretot en els primers estadis larvaris, així com per superar les defenses físiques o químiques de la planta hoste. D'altra banda, viure en colònia també proporciona una major defensa contra els enemics naturals, atès que els individus que viuen en grup tenen menor risc de ser atrapats pels depredadors, a causa dels senyals més forts d'advertència i d'una major capacitat per foragitar el depredador, ja que un grup d'erugues, en ser molestat, allibera un major nombre de dards urticants que una eruga solitària, o, simplement, per l'efecte de dilució i confusió, perquè la presència de molts individus dificulta el fet que un depredador localitzi i capturi una presa concreta en moviment dins d'un grup nombrós d'erugues que també es mouen. Per tant, la probabilitat d'arribar a la fase de pupa és major per a les larves de les colònies grans a causa dels efectes de dilució en cas de patir l'atac d'un depredador, entre d'altres factors.

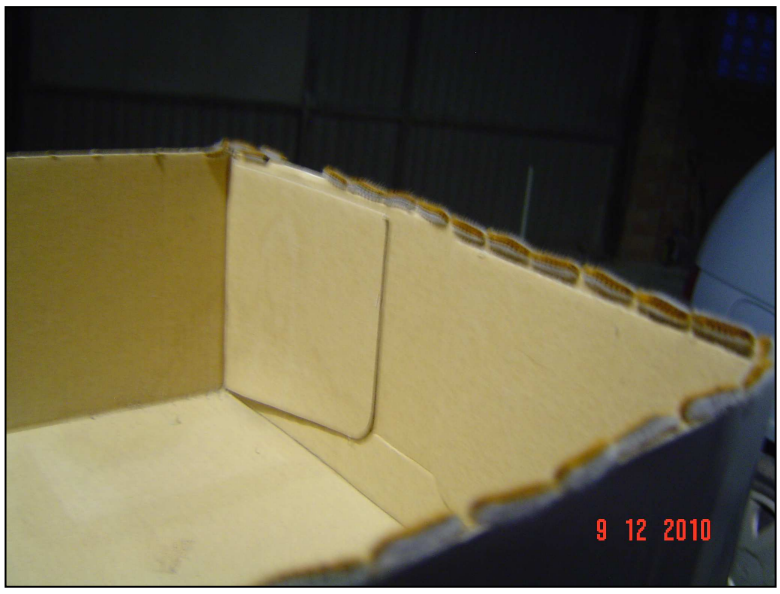


Figura 24. **Agregació larvària. Efecte de dilució i confusió: en haver-hi molts individus, resulta més difícil que un depredador localitzi i capturi una pressa concreta dins d'un grup d'animals que es mouen.**

A vegades, el fet d'haver-hi molts individus en moviment pot incrementar el nombre d'atacs, però, tot i així, la vida en grup incrementa la probabilitat de supervivència.

Els grans grups d'erugues tenen l'habilitat de construir nius, plens de tricomes urticants, que proveeixin d'una protecció efectiva contra els depredadors. Un altre avantatge és la capacitat per aconseguir una termoregulació òptima, gràcies a la convivència de moltes erugues dins el niu; això permet mantenir el cos de les larves a la temperatura adequada, fet que possibilita una digestió més ràpida i una fuita efectiva dels enemics naturals, ja que les erugues romanen prou actives.

Viure en grup també pot comportar desavantatges: major risc de patir malalties infeccioses i parasitisme, augment de la competitivitat per l'aliment i més visibilitat als depredadors, atès que la colònia és més gran i pot descobrir-se més fàcilment que un sol individu. Per això, el nombre òptim d'erugues d'una colònia és el que garanteix un equilibri entre els avantatges i els perjudicis de la vida en grup. Les larves de la processionària del pi, gregàries en tots els estadis, viuen totes al mateix arbre mentre el menjar no és un factor limitant. Quan les larves de diferents postes es troben al mateix arbre, poden unir-se en un sol niu. Degut als inconvenients de la vida en grups massa petits o massa grans, les femelles adultes han de procurar que el nombre de cries que tinguin s'ajusti a la mida òptima de la colònia més petita amb garantia de supervivència, perquè hi ha la possibilitat que més d'una femella faci la posta al mateix arbre i, això, pot provocar problemes si les larves s'uneixen en grups massa grans; d'altra banda, la posta ha de tenir suficients ous per formar una colònia que no sigui massa petita, capaç de prosperar per si sola.

Un estudi realitzat l'any 2003, per Tomàs Pérez Contreras, Joan J. Soler i Manel Soler, a la zona natural de *Hoya de Guadix*, al nord de Granada, concretament a una altitud de 1000 metres per sobre del nivell del mar, va provar que una mida gran de la colònia millora el creixement i la supervivència de les larves de *T. pityocampa*.

Es van seleccionar 90 pins de l'espècie *Pinus halepensis*, de grandària similar, cadascun dels quals presentava un sol niu de processionària del pi. L'experiment va consistir a modificar la mida de les colònies de 60 pins, de manera que es va eliminar un cert nombre de larves, poc després de l'eclosió, per tal de formar grups de 25, 50, 75 i 100 larves per niu. Les colònies sense modificar, dels 30 pins restants, es van utilitzar com a grups de control per estimar la taxa de mortalitat i la longitud final de les larves en les colònies naturals. Al llarg de quatre mesos, es va fer un seguiment de les diferents colònies i, a cadascuna de les cinc visites que es van realitzar, es va fer un recompte de larves i es va mesurar la longitud de les erugues de cada colònia. No es van detectar moviments de les larves entre els diferents arbres. Els resultats de l'experiment van mostrar diferències significatives pel que fa a la longitud final de les larves de les diferents colònies, ja que les colònies amb més individus presentaven larves més grans. D'altra banda, tots els individus van morir en el 17% de les colònies en què es va reduir el nombre d'individus i només el 7% de les erugues van desaparèixer en les colònies naturals. Aquesta diferència es deu, principalment, a una major taxa de mortalitat en les colònies petites (5 de les 15 colònies amb 25 erugues van desaparèixer abans de fer el capoll). Les grans colònies van experimentar un menor percentatge de mortalitat. En els grups que van arribar a l'últim estadi larvari amb més de 32 erugues, no es van apreciar diferències pel que fa al creixement o la supervivència. Per tant, la probabilitat d'arribar a la fase de pupa va ser major per a les larves de les colònies grans a causa d'una millor termoregulació, una major capacitat de defensa contra la depredació (en respondre, al mateix temps, als atacs dels depredadors amb moviments defensius eficaços i alliberant una major quantitat de dards urticants) i gràcies als efectes de dilució, entre d'altres factors. El nombre de 32 individus per colònia marca un punt d'inflexió pel que fa als avantatges i beneficis derivats de viure en un grup superior o inferior a aquest nombre. Els resultats mostren, doncs, que una mida de grup mínim, no inferior a 32 individus, és necessària per assolir la longitud màxima de les larves, abans de la pupació i, alhora, garantir una major taxa de supervivència, la qual cosa explica per què les erugues de la processionària del pi viuen en grans grups.

La vida en colònia, durant els estadis larvaris, és possible perquè les erugues de la processionària del pi rarament es disgreguen. Estudis recents mostren que les erugues de la processionària del pi deixen un rastre de feromones mentre avancen per les branques dels pins. Secreten una substància, no identificada, per la superfície ventral de l'abdomen que marca el camí que fan, quan la punta dels seus abdòmens frega el substrat. Les erugues també secreten fils de seda per marcar les senderes i permetre una millor fixació sobre les superfícies llises de les plantes. D'altra banda, les larves de la processionària del pi saben distingir entre els rastres nous i vells. També poden diferenciar entre diversos camins segons el nombre d'erugues que els han realitzat, i segueixen, preferentment, les senderoles que han estat marcades per la majoria de les erugues de la colònia, atès el comportament gregari d'aquesta espècie. Quan són a les branques alimentant-se, poden anar en fila o independentment unes de les altres, però, en tots dos casos, la substància marcadora i els fils de seda permeten establir el camí cap als lloc d'alimentació i reconèixer el sender de tornada al niu.

Durant la processó, cada eruga és estimulada pels pèls de l'extrem de l'abdomen de l'eruga precedent, la qual cosa permet mantenir les erugues unides.

Figura 25. Unió de dues files d'erugues seguint el mateix rastre.

5.3.4. Mecanismes de defensa

A partir del tercer estadi larvari, les erugues de la processionària del pi disposen d'un mecanisme de defensa molt eficaç, atès que cada larva té uns 500.000 dards urticants, anomenats tricomes o espícules, semblants a minúscules fletxes enverinades. Aquests dards, contenen una proteïna al·lergògena, la taumatopeïna, per la qual cosa poden originar una reacció d'hipersensibilitat quan entren en contacte amb la superfície del cos d'un animal. Com que són molt petits (100-200 µm) i es desprenen fàcilment quan les erugues se senten amenaçades i s'agiten, es dispersen per via aèria al voltant de les larves i, per consegüent, poden clavar-se a la pell i les mucoses dels animals i les persones que toquin les erugues, o bé s'aproximin a elles o al seu niu, ja que l'aire pot estar carregat de tricomes urticants.

Les espícules o tricomes tenen una forma especialment dissenyada per clavar-se a la pell. Els seus dos extrems són molt afilats i, a més, una de les puntes té dues punxes petites que fan que les espícules es clavin més profundament a l'epiteli de la víctima, en efectuar aquesta algun moviment o fregament. D'altra banda, en contacte amb la pell, els pèls i les espícules de la processionària del pi provoquen picor i, quan la víctima es grata per alleugerir la coïssor, la fricció trenca els dards urticants i s'allibera la substància al·lergògena al seu cos. D'aquesta manera, la processionària del pi aconsegueix defensar-se dels depredadors.

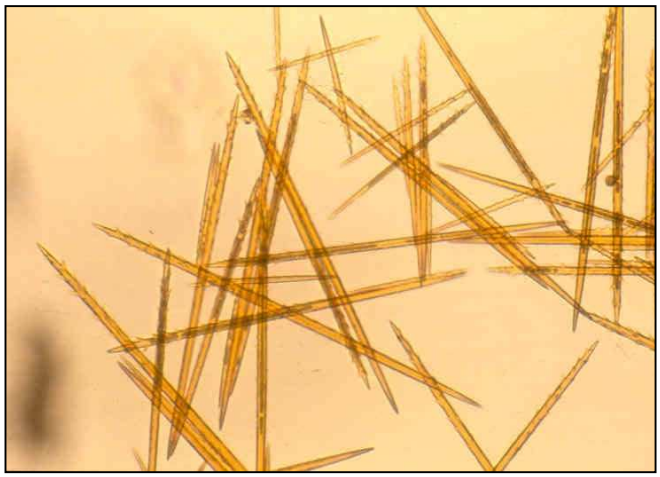


Figura 26.

Dards o tricomes de l'eruga de la processionària del pi, observats al microscopi.

Font: Alemán A, Mozota JM, de Miguel J. Anafilaxia inducida por ejercicio en un pinar. Med Mil 2004.

5.4. Distribució geogràfica

La processionària del pi és un animal típicament mediterrani. Viu, bàsicament, a l'Europa meridional i en països mediterranis del Nord d'Àfrica. Es troba a Espanya, Portugal, França, Itàlia i les zones costaneres de Grècia, Turquia, Síria, Líban, Palestina, Israel, Egipte, Líbia, Tunis, Algèria i Marroc. En menor grau, també és present als boscos del centre-sud d'Europa, concretament en alguns indrets d'Alemanya, Suïssa, Hongria i Bulgària. A Espanya, es pot localitzar a tota la península, així com també a les illes Balears.

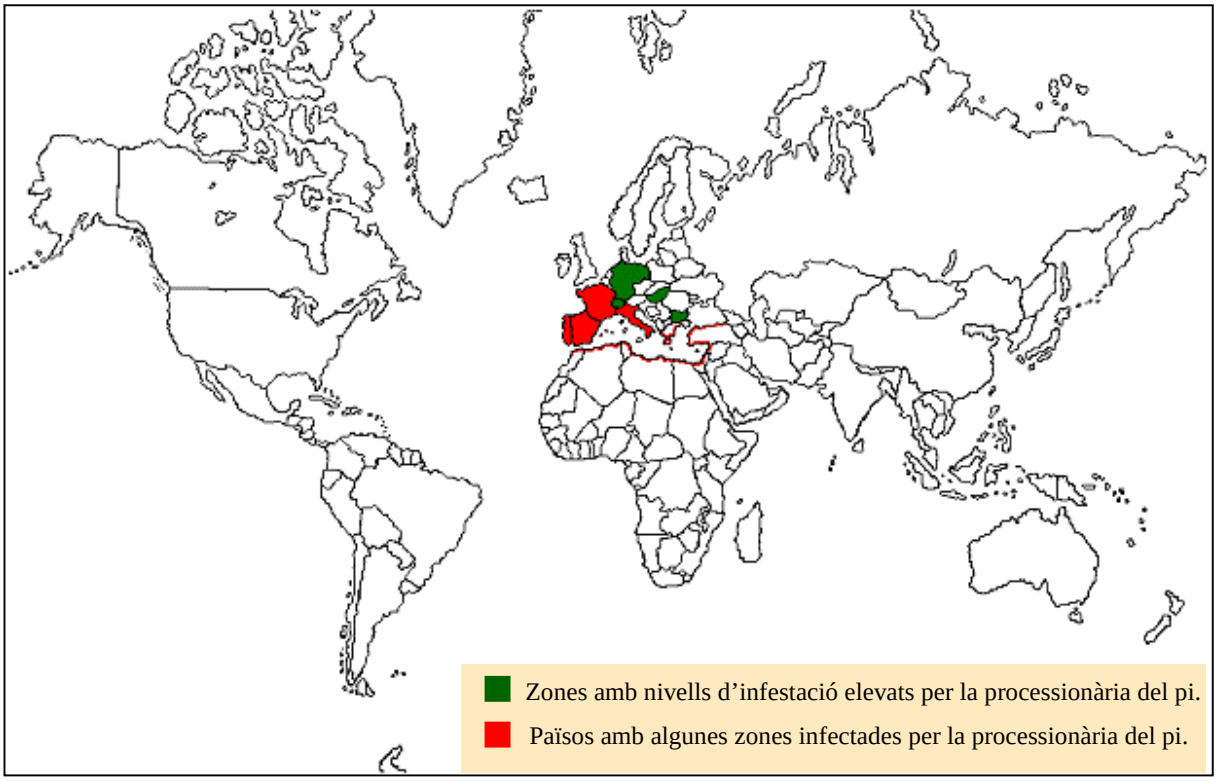


Figura 27. Mapa de zones afectades per la processionària del pi.
Font: Elaboració pròpia.

Actualment, la processionària del pi es pot trobar en altituds de fins a 1800 m, ja que, generalment, a les zones més altes, la temperatura assoleix valors negatius inferiors a –12ºC, incompatibles amb la vida de les erugues de la processionària del pi.

La processionària del pi ataca totes les espècies de pins i cedres. A Catalunya, les espècies de pins autòctons més sensibles i, per tant, més afectades, són la pinassa (*Pinus nigra* subsp*. salzmannii)*, i el rojalet o pi roig (*Pinus sylvestris*). Els pins foranis, com el pi insigne (*Pinus radiata),* i el pi canari (*Pinus canariensis*) són molts atacats. Les zones amb pi blanc (*Pinus halepensis*) o amb pi pinyer (*Pinus pinea*) també es poden veure afectades

Les comarques més afectades a Catalunya són l'Alt Urgell, Pallars Jussà, Pallars Sobirà, Solsonès, Berguedà, Bages, Osona, Ripollès i algunes zones de La Selva i el Gironès, tal com s'observa als mapes de les zones tractades al 2010 (annex II).

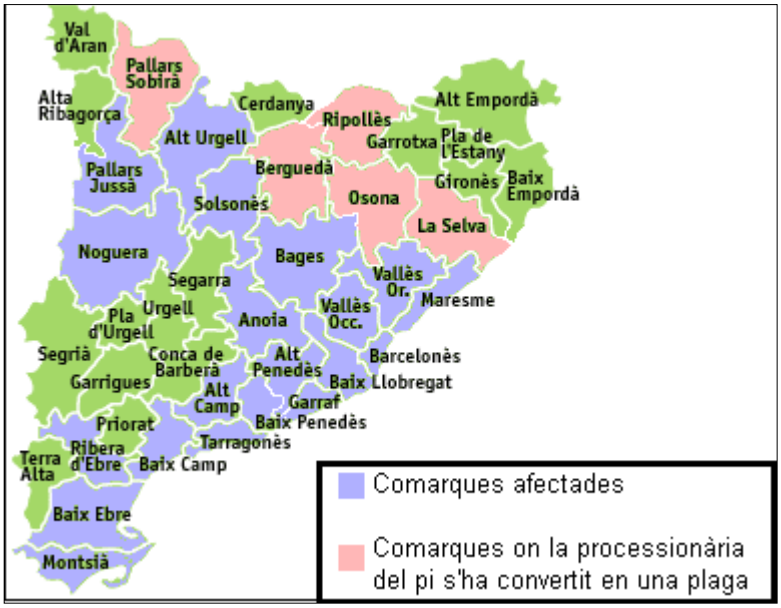


Figura 28. Mapa d'afectació a Catalunya
Font: Elaboració pròpia.

6. FACTORS AMBIENTALS QUE AFECTEN LA PLAGA

La distribució i expansió de la processionària del pi depenen de diferents factors ambientals, com ara el clima, els fenòmens meteorològics propis de cada estació, els incendis, la disponibilitat d'aliment, les espècies de pins predominants al bosc i els enemics naturals, entre d'altres.

6.1. El clima i els fenòmens meteorològics

A part de les barreres físiques, el clima juga un paper fonamental en la distribució de la processionària del pi, ja que existeixen zones en què les temperatures arriben a determinats valors que impedeixen el seu desenvolupament.

La processionària del pi està exclosa de les localitats on la duració de la insolació anual és inferior a 1800 hores i a les regions muntanyoses on la mitjana de les temperatures mínimes, durant el gener, és inferior a –4ºC. Quan la temperatura d'aquest mes oscil·la entre 0 i –4ºC, la vida de les erugues només és possible si el lloc on habiten rep suficient insolació, evitant, així, arribar a la temperatura inferior letal, ja que cada grau sota de zero ha ser compensat amb 100 hores anuals de radiació solar directa. Això explica la presència de poblacions de la processionària del pi al vessant mediterrani dels Alps, el Massís Central francès i els Pirineus. Es tracta de zones fredes, però suficientment assolellades.

La processionària del pi no pot viure en localitats amb clima molt càlid, on el valor mitjà de la temperatura màxima mensual és superior a 25ºC, atès que es produeix la mort de les erugues durant els dies en què s'assoleixen temperatures de 32ºC o superiors.

Cal tenir en compte, també, que les variacions climàtiques anuals poden afavorir o dificultar el desenvolupament d'aquesta espècie en una zona

geogràfica concreta. Així, per exemple, els hiverns suaus afavoreixen el seu creixement i expansió. En canvi, un dèficit tèrmic en el transcurs d'una estació retarda el desenvolupament larvari i, a més, les crisàlides reaccionen entrant en diapausa reforçada, la qual cosa comporta l'ajornament de l'emergència dels adults, atès que les papallones poden aparèixer, esglaonadament, al cap d'un període de temps que oscil·la entre un i cinc anys. Per tant, aquestes crisàlides, en letargia perllongada, són les responsables de l'aparició sobtada de noves plagues de processionària de pi, quan les condicions ambientals esdevenen favorables, en àrees forestals sanes que havien estat tractades i, aparentment, semblaven controlades.

Les precipitacions abundants, en forma de pluja o neu, dificulten la proliferació de l'espècie. Per això, la processionària és menys abundant a les zones que presenten elevada pluviositat. Durant els anys molt humits, la processionària del pi es manté en diapausa i, per tant, disminueix la població d'erugues actives. Quan es donen les condicions ideals, les papallones emergeixen del terra per continuar el seu cicle. La pluviositat, doncs, no destrueix la processionària del pi, sinó que només allarga el seu cicle.

6.2. Resposta de la processionària del pi al canvi climàtic

La vida a la Terra és possible gràcies a l'efecte d'hivernacle que presenten determinats gasos de l'atmosfera. La radiació solar travessa l'atmosfera i arriba a la superfície de la Terra. Una part d'aquesta radiació és reflectida i l'altra és absorbida per l'aire i la geosfera. La superfície terrestre s'escalfa, i l'energia absorbida es converteix en calor, concretament en radiació infraroja. Una part d'aquesta radiació travessa l'atmosfera i és perd a l'espai, però una altra és absorbida i emesa de nou, cap a la Terra, per les molècules dels gasos amb efecte hivernacle presents a l'atmosfera. Com a conseqüència, es produeix l'escalfament de la superfície terrestre i la troposfera. Per tant, l'efecte d'hivernacle permet que la temperatura mitjana de l'aire superficial de la Terra sigui d'uns 15ºC al nostre planeta, una temperatura idònia per a la vida.

Tot i que els gasos amb efecte d'hivernacle representen, aproximadament, l'1% de la composició de l'atmosfera, la seva presència permet retenir la calor i mantenir la Terra uns 30ºC més calenta que si no hi fossin, ja que la temperatura terrestre seria d'uns 15 o 18ºC sota zero si els gasos amb efecte hivernacle no existissin.

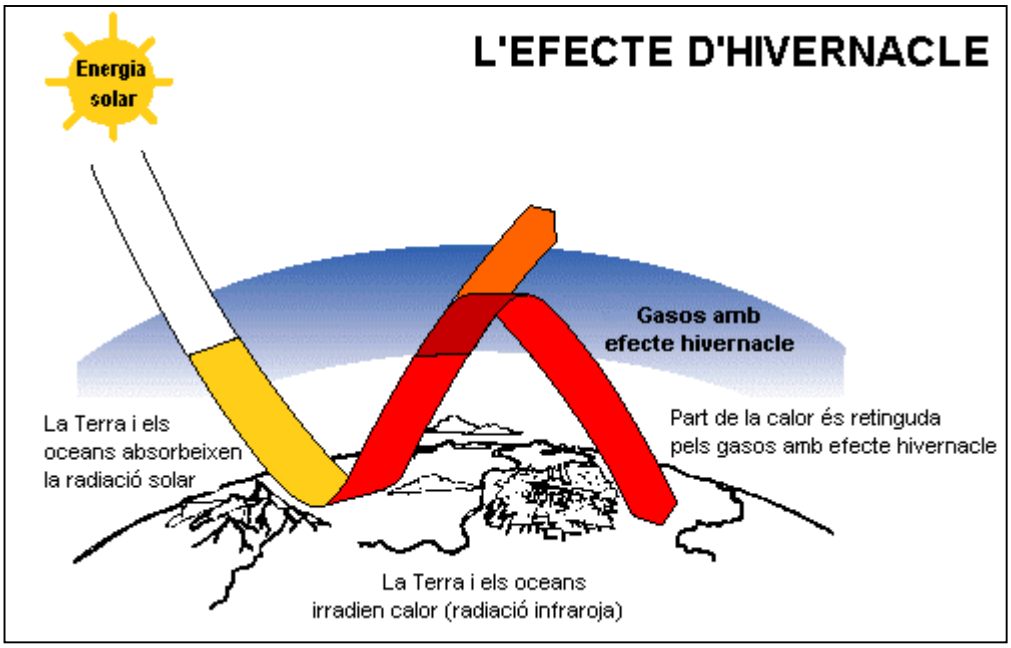


Figura 29. *Font. Adaptat de: http://erenovableseficients.blogspot.com/p/canvi-climatic.html*

Al llarg del temps, el clima ha evolucionat de forma natural, però, actualment, les accions humanes contribueixen a augmentar, molt ràpidament, les concentracions dels gasos responsables de l'efecte d'hivernacle. Des de la Revolució Industrial, els nivells naturals dels gasos amb efecte hivernacle han estat incrementats per les emissions de diòxid de carboni (CO_2) resultants de la combustió de combustibles fòssils, pel metà (CH_4) i l'òxid nitrós (N_2O) addicionals, produïts per les activitats agrícoles i ramaderes, i per diversos halocarbons (hidrofluorocarburs, perfluorocarburs i hexafluorur de sofre), corresponents a gasos industrials de llarga vida que no es produeixen de forma natural. En cas que la concentració d'aquests gasos continuï augmentant a l'atmosfera, al ritme del segle passat, l'efecte d'hivernacle s'intensificarà i provocarà un major increment de la temperatura global del planeta, que pot implicar canvis climàtics importants.

La temperatura global ha augmentat entre 0,3-0,6ºC durant el darrer segle. Si no hi ha cap canvi de tendència, al final del segle XXI, es produirà un escalfament superficial mitjà a la Terra d'entre 1,8 i 4℃, i un increment del nivell del mar d'entre 18 i 59 cm.

A partir del *Segon Informe del Canvi Climàtic de Catalunya* del 2010, elaborat pel *Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya* (*GECCC*), es pot concloure que, en el període 1950-2008, la temperatura mitjana anual s'ha incrementat a Catalunya a un ritme de +0,21ºC/dècada, i la precipitació anual ha baixat un 1%, accentuant-se la disminució de pluges sobretot a la primavera. Actualment, l'aparició de la primavera s'ha avançat, mentre que l'arribada de l'hivern s'ha retardat. S'ha detectat, també, un augment significatiu del percentatge de nits i dies càlids per dècada.

En els propers anys, la temperatura tendirà a augmentar, i al 2020, podria ser 0,5°C més alta que la mitjana de finals del segle XX. La precipitació podria continuar disminuint (fins a un 10% en mitjana anual), especialment a la primavera i la tardor, i de forma una mica més marcada, a l'àrea del Pirineu. A la meitat del segle XXI, diversos treballs indiquen que la temperatura podria arribar a pujar fins gairebé 2°C, respecte a la de finals del segle XX.

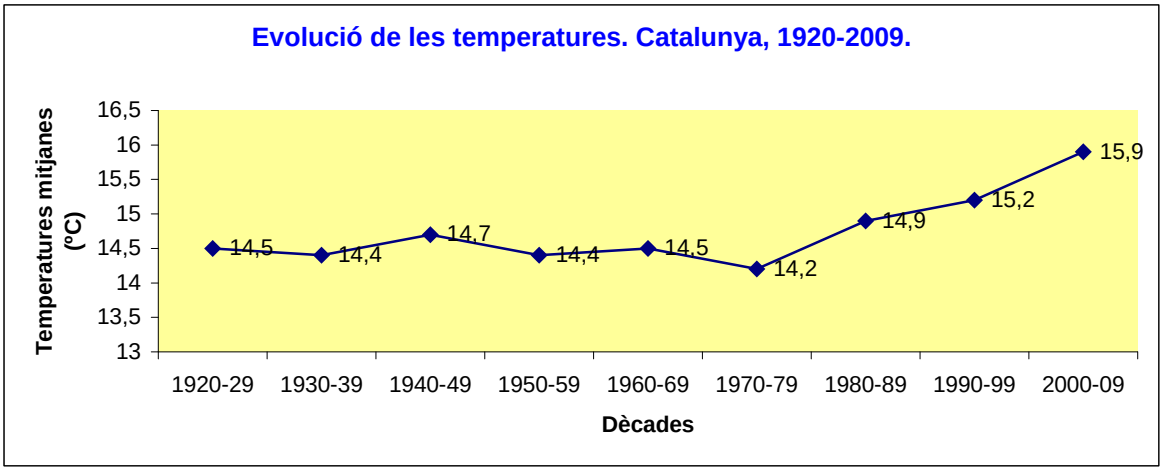


Figura 30. *Font: Gràfic elaborat a partir de les dades del Departament de Medi Ambient i Habitatge. Servei Meteorològic de Catalunya. Observatori Fabra.*

En aquest moment, hi ha una gran quantitat de proves experimentals i observacionals sobre la relació entre el canvi climàtic i els processos biològics i fisicoquímics dels ecosistemes.

L'augment de la temperatura i la disminució de les precipitacions, estan afectant ja els nostres ecosistemes. Els canvis climàtics afecten de forma diferent a cada espècie i fan variar les habilitats competitives; la durada dels processos biològics es veu modificada i es perd la sincronia entre els diferents elements de moltes cadenes tròfiques, per la qual cosa es pot esperar que se'n derivin canvis en la composició i estructura de les comunitats naturals, així com en la distribució de les espècies. Si no s'atura l'emissió de gasos amb efecte hivernacle, es calcula que entre el 20 i el 30% de les espècies patiran un risc més alt d'extinció, mentre que augmentarà la proliferació d'aquelles que es vegin afavorides per un clima més càlid, com ara les plagues d'insectes.

La processionària del pi és una de les espècies que més clarament ha experimentat canvis pel que fa a la seva distribució i expansió en les últimes dues dècades, com a resposta al canvi climàtic. A Catalunya, l'any 1895, aquest animal no es trobava més amunt dels 1500 m d'alçada i, en canvi, ara ja s'observen defoliacions importants en altituds de fins a 1800 m, produïdes per la processionària del pi. Aquests fets també han estat constatats en altres comunitats autònomes. Així, per exemple, a la Rioja, fa vint anys resultava estrany trobar nius d'aquesta espècie per sobre dels 900 m d'altitud; últimament, però, aquest lepidòpter és present als 1300 m. A Sierra Nevada (Granada), en els últims anys, s'observen nius de la processionària en altituds de 1600-2150 m, en pinedes autòctones, on abunda el *Pinus sylvestris nevadendis*, una subespècie endèmica que, en viure en cotes molt altes, abans no es veia afectada, gràcies a les baixes temperatures pròpies del seu hàbitat. Així, doncs, el canvi climàtic permet l'establiment de la processionària en llocs que abans no eren al seu abast i on la manca de depredadors i parasitoides específics permeten un creixement exponencial de les poblacions de la processionària del pi, trencant l'equilibri dels ecosistemes.

Com a conseqüència del canvi climàtic, la distribució de la processionària s'està estenent no només en altitud, sinó també en latitud, cap al nord. Aquest insecte està arribant, actualment, al departament francès del Loiret.

D'altra banda, una de les conseqüències ecològiques més directes del canvi climàtic és l'alteració del cicle vital dels organismes. Així, per poder completar cadascuna de les diferents fases del cicle biològic (per exemple, en el cas de les papallones, les fases d'ou, larva i pupa), els insectes necessiten acumular certa quantitat d'energia –anomenada *graus dia*– que s'assoleix més ràpidament a una temperatura alta. Per tant, no resulta estrany que, a Catalunya i altres contrades d'Europa, l'augment de les temperatures que s'ha produït durant les dues últimes dècades hagi comportat l'avançament dels períodes de vol, en alguns casos fins a tres setmanes, en moltes espècies de lepidòpters, com ara la processionària del pi. L'escalfament global fa que els períodes de diapausa s'escurcin, i si abans podien trigar 2-5 anys o més en emergir els adults, ara ho fan cada any, generalment, augmentant així la proliferació de l'espècie.

Per tant, la processionària del pi, així com altres lepidòpters, constitueix un bon biomarcador dels efectes del canvi climàtic sobre els ecosistemes, perquè, en ser un organisme ectoterm, el seu cicle biològic és altament dependent de la temperatura ambiental i, d'altra banda, els temps generacionals són molt curts, per la qual cosa es poden comparar diverses generacions successives en l'interval d'una o dues dècades, i això permet determinar clarament els canvis de comportament i distribució que experimenten les poblacions al llarg dels anys, relacionats amb les pertorbacions de les pautes naturals del clima.

En els últims anys, han aparegut treballs i notícies que documenten les modificacions que ha experimentat la processionària del pi, pel que fa a la distribució i la durada del cicle biològic, com a resposta al canvi climàtic. A tall d'exemple, cal destacar la recopilació de notícies periodístiques de Sílvia Roig (2007).

> [...] La calor fa que la plaga arribi a les comarques del Pallars Sobirà, el Berguedà, el Ripollès, la Selva i Osona. El Baix Penedès i el Baix Ebre són algunes de les més afectades [...]
>
> [...] Els tècnics del Departament de Medi Ambient han detectat, per primera vegada aquest any, erugues processionàries del pi en la fase d'enterrament a principis del mes de gener, mentre que en anys anteriors no apareixien fins al març o a finals de febrer [...]
>
> [...] La plaga ha afectat més que mai Catalunya, i ha arribat a zones que anys enrere no havien hagut de ser fumigades. Un altre factor a tenir en compte, a banda del fred, és que enguany han sortit de la letargia algunes crisàlides que estaven enterrades des de temporades anteriors [...][1]

6.3. Disponibilitat d'aliment. Tipus d'arbres, estructura del bosc i estat de defoliació

La disponibilitat i la qualitat de l'aliment són altres factors importants que condicionen la dinàmica de les poblacions de la processionària del pi. L'inici de la fase de la plaga ve determinat per factors climàtics, concretament per hiverns suaus, però el final de la plaga està directament relacionat amb una reducció de la quantitat i qualitat de l'aliment, la qual cosa impedeix el desenvolupament de les larves sobre els pins que presenten una forta defoliació.

En els boscos mixtos, formats per diferents espècies arbòries, la processionària del pi mostra preferència per les espècies més sensibles: *Pinus nigra* (pinassa), *Pinus sylvestris* (pi roig) i *Pinus canariensis* (pi canari). En cas que aquests pins no siguin presents al bosc, produirà defoliacions importants en altres espècies, com ara, el pinastre o pi marítim *(Pinus pinaster*), el pi blanc (*Pinus halepensis*) i el pi pinyer pinyer (*Pinus pinea)*.

[1] Roig, Sílvia (2007). La procesionaria del pi s'estén.

L'estructura del bosc influeix en la dinàmica poblacional de la processionària. Així, les pinedes denses i homogènies, amb pins molts propers i de la mateixa espècie, afavoreixen l'expansió de les erugues quan es donen les condicions ambientals adequades. En canvi, els boscos heterogenis, amb diverses espècies d'arbres, dificulten la proliferació de la processionària del pi.

Les erugues no es limiten a alimentar-se del pi en el qual estableixen la colònia, sinó que poden migrar als pins pròxims buscant aliment, per la qual cosa, al cap d'una o dues generacions, la pineda pot quedar pràcticament defoliada durant dos o tres anys. En aquestes condicions, es produeix una gran mortalitat de larves, a causa de la falta d'aliment i de l'atac de nombrosos paràsits i depredadors, les poblacions dels quals van augmentant considerablement durant les infestacions massives de la processionària del pi. Arribat aquest punt, les colònies de la processionària del pi es redueixen molt i, conseqüentment, minven les poblacions dels seus enemics; la pineda, lliure de la plaga, es recupera. Llavors la processionària del pi podrà iniciar una nova etapa invasora.

6.4. Incendis forestals

Els incendis forestals constitueixen un important agent desequilibrant de l'ecosistema i poden afectar la propagació de la plaga. Tot i així, l'impacte dels incendis sobre la població de la processionària del pi dependrà del moment en què es produeixi el foc.

En cas que l'incendi tingui lloc al maig o a la primera quinzena de juny, aquest insecte no es veurà afectat per les flames, ja que encara es troba en diapausa. Més tard, quan neixin les papallones, aquestes concentraran les seves postes en els pins que no s'hagin vist afectats pel foc, i l'efecte de la defoliació afeblirà encara més la massa forestal, prou devastada per l'incendi. En els boscos que

han patit l'efecte del foc, l'escassetat d'aliment pot provocar la mort o la reducció significativa de la població d'erugues de la processionària del pi.

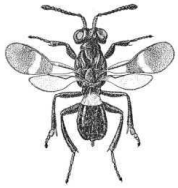
D'altra banda, si l'incendi té lloc a finals d'estiu, quan les papallones de la processionària del pi ja han fet les seves postes, aquestes es cremaran i això provocarà la desaparició de l'espècie de la zona afectada.

6.5. Enemics naturals

La processionària del pi té molts enemics naturals que ajuden a evitar la proliferació d'aquest insecte. A Espanya, s'han identificat nombrosos parasitoides i depredadors de la processionària del pi, així com agents infecciosos causants de diverses malalties en aquesta espècie. Entre els paràsits dels ous cal destacar els himenòpters *Tetrastichus servadeii* i *Oencyrtus pityocampae*, ja que són molt abundants i parasiten més del 50% de les postes. Les erugues i crisàlides són parasitades, fonamentalment, pels dípters *Phryxe caudata, Compsilura concinnata, Exorista larvarum* i *Villa brunnea,* i l'himenòpter *Erigorgus femorator*. També hi ha depredadors d'ous, com els ortòpters de la família dels tetigònids (llagostes i saltamartins), i depredadors d'erugues, com ara les aus insectívores, les formigues roges, les cigales, i el dípter *Xanthandrus comptus*. Alguns micromamífers, com la rata sellarda (*Elyomis quercinus)*, són depredadors d'erugues i crisàlides. Els ratpenats cacen les papallones de la processionària del pi i, per tant, exerceixen un cert control sobre les poblacions d'adults. D'altra banda, alguns virus, bacteris i fongs poden provocar la mort de la processionària del pi. Entre els fongs, cal destacar l'espècie *Cordyceps militaris*, que parasita la crisàlide de la processionària del pi.

A la taula següent, es mostren els principals enemics de la processionària del pi, classificats per grups, en funció del tipus d'acció que exerceixen sobre aquest lepidòpter.

Himenòpters que parasiten els ous

Anastatus bifasciatus 	***Baryscapus servadeii***	***Tetrastichus servadeii***
Oencyrtus pityocampae	***Trichogramma evanescens***	Els himenòpters, paràsits d'ous, més abundants i que presenten un índex de parasitisme superior al 50%, són ***Tetrastichus servadeii*** i ***Oencyrtus pityocampae***.

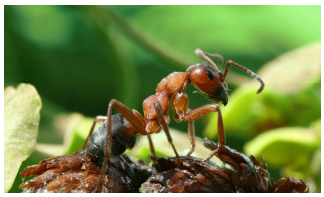
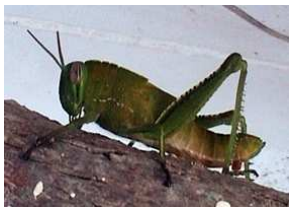
Depredadors d'ous (ortòpters)

Barbitiste fischeri	***Ephippiger ephippiger***

Dípters que parasiten les larves

Phryxe caudata	***Exorista larvarum***	***Compsilura concinnata***
Erigorgus femorator	***Meteorus versicolor***	Altres paràsits: ***Ctenophora pavida*** (dípter parasitoide)

Depredadors de les erugues o papallones

Xanthandrus comptus (díptera) 	**Formigues roges** 	**Cigales** 
Mallerenga carbonera (*Parus major*) 	**Mallerenga blava (*Parus caruleus*)** 	**Cucut reial (*Clamator glandarius*)**
Cucut (*Cuculus canorus*) 	**Corbs (*Corvus corax*)** 	**Garsa (*Pica pica*)**
Puput (*Upupa epops*) 	**Rata sellarda (*Elyomis quercinus*)** 	**Ratpenats** Capturen les papallones.

Paràsits de les crisàlides (dípters i himenòpters)

Nimfa de ***Villa brunnea*** 	***Coelichneumon rudis*** 	Nimfa de ***Villa quinquefasciata***
***Apanteles* sp.** 	***Conomorium eremita*** 	***Psychophagus omnivorus***
Altres paràsits: ***Ichneumon rudis Fonsc*** (himenòpter parasitòide).		

Agents causants de malalties		
VIRUS	**BACTERIS**	**FONGS**
Smithiavirus pityocampae	***Bacillus thuringiensis***	***Aspergillus flavus***
***Borrelia* sp.**	***Clostridium* sp.**	***Beauveria bassiana***
		***Cordyceps* sp.**
		Metarhizium anisopliae
		Paecilomyces farinous
		Paecilomyces fumoso-roseus
		***Scopulariopsis* sp.**

Taula 2.

Font: Taula elaborada a partir dels butlletins:

- *La processionària del pi. Fitxa 6. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya.*
- *Paràsits Naturals de la processionària del pi. Servei de Sanitat Forestal. Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat de les Illes Balears.*
- *Plagas y enfermedades de las masas forestales extremeñas. Junta de Extremadura. Consejería de Industria, Energía i Medio Ambiente.*

7. IMPACTE ECOLÒGIC DE LA PLAGA

La processionària del pi és el principal insecte defoliador de les pinedes espanyoles. De fet, s'estima que, cada any, poden quedar defoliades 500.000 hectàrees de massa forestal a Espanya.

Els danys causats per la defoliació es produeixen com a conseqüència del consum d'acícules que fan les erugues durant l'hivern, quan s'alimenten. De mitjana, una colònia d'uns 200 individus consumeix entre 1,5 i 2,0 kg de matèria orgànica; per tant, 4 o 5 nius en un mateix arbre són suficients per defoliar completament un pi de vint anys d'edat. Malgrat això, en la majoria dels casos, les defoliacions no arriben a matar l'arbre, llevat que siguin molt intenses i repetides, però la planta pateix un afebliment important i esdevé més vulnerable als atacs dels insectes perforadors dels brots (*Tomicus piniperda, Tomicus destruens, Tomicus minor, Rhyacionia buoliana)* i dels perforadors de l'escorça dels pins *(Ips acuminatus)*, els quals poden provocar la mort de l'arbre, ja que les galeries subcorticals realitzades pels adults i les larves impedeixen la circulació de la saba.

Figura 31. Eruga defoliant una branca de pi.

Figura 32 . Defoliació al voltant d'un niu.

Figura 33.

Arbres afectats per la processionària del pi i pels insectes perforadors. A baix, a la dreta, s'observen les galeries dels perforadors.

Font: Escolítids dels pins II. Fitxa 08. Servei Forestal. Departament de Medi Ambient.

Al començament del desenvolupament larvari, les erugues de la processionària del pi només s'alimenten de les parts més tendres de les acícules. En aquest moment, comencen a observar-se pins amb algunes fulles semiseques de color groguenc, amb petits excrements en un embolcall de fils de seda a la base de l'acícula. Al llarg dels successius estadis larvaris, els danys s'agreugen, de manera que les acícules s'assequen i cauen, augmentant, progressivament, el grau de defoliació de l'arbre.

Segons la susceptibilitat als atacs de la processionària del pi, les espècies de pins poden dividir-se en dos grups. El primer, comprèn les espècies més vulnerables a l'atac: *Pinus nigra, Pinus canariensis, Pinus radiata, Pinus ponderosa* i *Pinus sylvestris.* El segon grup està constituït per espècies més resistents: *Pinus pinaster, Pinus halepensis i Pinus pinea.*

Una massa forestal adulta, formada per espècies del primer grup, pot sofrir greus danys en presència de la processionària del pi, quan es donen les condicions climàtiques favorables. Si es tracta d'un bosc format per espècies del primer i segon grup, els danys es distribuiran preferentment entre les espècies del primer grup, però, si només hi ha pins del segon grup, també es poden produir greus defoliacions.

Els danys que causa la processionària en les diferents espècies de pins depèn, entre d'altres factors, del temps que triguin a canviar les acícules. Així, per exemple, el pinastre (*Pinus pinaste*r) notarà més els efectes de la processionària del pi, ja que canvia les fulles en cicles de quatre anys, mentre que el pi blanc (*Pinus halepensis)* patirà menys temps els efectes de la defoliació, atès que canvia les acícules al cap d'un o dos anys.

Un cop instal·lada en un bosc, la processionària inicia les fases d'atac: durant el primer o els dos primers anys, només es veuen afectats alguns arbres aïllats o els marges de la massa forestal. Més tard, aquests arbres queden parcialment defoliats i comencen a aparèixer nius dispersos a l'interior del bosc. Després d'una o dues generacions, augmenta el grau de defoliació i el nombre de nius a l'interior de la pineda i, d'aquí en endavant, si les condicions ambientals

afavoreixen la proliferació de la processionària del pi, la massa forestal pot arribar a quedar pràcticament defoliada durant dos o tres anys; llavors es produeix una gran mortalitat de les erugues per falta d'aliment, debilitament i atac de parasitoides i depredadors, la qual cosa permet la recuperació de la massa forestal.

S'ha establert una escala de cinc nivells d'infestació, a fi de poder mesurar el grau d'afectació de les masses forestals per la processionària del pi.

Nivell d'infestació	Símptomes	Grau d'afectació
NIVELL 0 (Infestació nul·la o poc significativa)	No s'observa cap niu, o bé es detecten algunes colònies molt disseminades a la massa forestal.	GRAU BAIX
NIVELL 1 (Assetjament)	Alguns nius a la perifèria de la massa forestal, en clarianes i pins aïllats.	
NIVELL 2 (Assalt)	Força nius a la perifèria de la massa forestal i en clarianes, i algunes bosses al centre de la pineda.	GRAU MIG
NIVELL 3 (Invasió)	Defoliacions parcials a la perifèria i en pins aïllats, i bastants bosses al centre de la massa forestal.	
NIVELL 4 (Conquesta)	Defoliacions intenses a la perifèria i en pins aïllats, i defoliacions parcials a la resta de la massa forestal.	GRAU ALT
NIVELL 5 (Saqueig)	Defoliacions molt intenses a tota la massa forestal.	

Més nius i increment de la defoliació

Taula 3.
Font: Dades de la Memòria del Pla Integral per al control de la processionària del pi (2003-2004). Govern de les illes Balears. Conselleria de Medi Ambient.

Figura 34. *Font. Adaptat de*: *Plagas y enfermedades de las masas forestales extremeñas. Junta de Extremadura. Consejería de Industria, Energía i Medio Ambiente.*

En el cas de repoblacions forestals noves, les primeres infestacions mai són greus. Els nius de les primeres colònies són escassos i dispersos, quan els pins arriben, aproximadament, a un metre d'alçada. A l'any següent, els nius es distribuiran uniformement entre el 3-4% dels pins. Al cap de dos anys, la processionària del pi pot afectar el 60-70% dels pins i, al cap de tres anys, la defoliació pot estendre's a tot el bosc. De totes maneres, s'ha de tenir present que les poblacions de processionària del pi augmenten o disminueixen segons les condicions ambientals.

S'han realitzat estudis per determinar l'impacte que produeix la defoliació en el creixement dels pins joves i en la producció dels pins adults. Així, per exemple, els resultats d'una investigació portada a terme pel Grup d'Ecologia Terrestre de la Universitat de Granada, entre els anys 1997 i 2000, a l'àrea forestal de Trevenque (Parc Nacional de Sierra Nevada), on habita el *Pinus sylvestris nevadensis*, van mostrar clarament que la defoliació produïda per la processionària del pi redueix dràsticament el creixement i la capacitat reproductiva dels pins. Els pins joves defoliats, de mitjana, creixen menys que els no afectats, i els pins adults afectats produeixen un 50% menys de pinyes i les seves llavors són un 40% més lleugeres que les dels pins no infestats. Per assolir alçades de 150 cm, els pins sans necessiten uns 21 anys de creixement continuat, mentre que els pins afectats per la processionària del pi poden trigar 30 anys a assolir la mateixa alçada. Aquest estudi també demostra que l'augment de la temperatura permet que la processionària del pi es desplaci cap a indrets més elevats, posant en perill espècies endèmiques que només viuen a determinades zones d'alta muntanya, com és el cas del *Pinus sylvestris nevadensis*. D'altra banda, l'expansió de la processionària dificulta la regeneració de les pinedes.

8. REPERCUSSIONS ECONÒMIQUES DE LA PLAGA

Les repercussions econòmiques de la plaga són importants en parcs naturals, pinedes destinades a la recol·lecció de la pinya i pinyons, jardins i zones turístiques i recreatives, tot i que depenen de la densitat de població de la processionària del pi, la qual varia segons els factors ambientals.

Així, per exemple, la recol·lecció de les pinyes de *Pinus pinea* (pi pinyer) no es pot portar a terme en alguns llocs afectats per la processionària del pi a causa de les reaccions al·lèrgiques que provoca la sobreexposició a les espícules urticants de les erugues. També, en les àrees de treballs silvícoles (podes, aclarides, regeneracions, tales selectives, desbrossaments, etc.) es veu afectada l'activitat en les mesos en què les erugues ja han arribat als seus últims estadis. D'altra banda, algunes àrees naturals poden perdre atractiu per al turisme en cas que presentin una important infestació. Tampoc cal oblidar que moltes repoblacions d'arbres joves poden quedar malmeses en cas de patir forts atacs de la processionària del pi, ja que triguen molt de temps a convertir-se en masses forestals adultes i, fins i tot, poden acabar destruïdes.

Per tal de minimitzar els efectes de la processionària del pi es realitzen, periòdicament, tractaments de control. A Catalunya, les hectàrees tractades contra la processionària els darrers 5 anys han estat de 13.880 ha, el 2004; 12.125 ha, el 2005; 20.000 ha, el 2006; 20.000 ha, el 2007; 16.000 ha, el 2008; 13.000 ha, el 2009 i, finalment, 11.500 ha, el 2010. Aquests tractaments comporten una gran despesa econòmica. Així, per exemple, l'any 2007, les actuacions de control de la processionària del pi es van traduir en un dispendi de 480.000 € a Catalunya.

L'objectiu és mantenir la plaga per sota del nivell de densitat de població tolerable, de manera que es redueixin els danys econòmics, sense pretendre la seva eradicació absoluta, ja que no es poden aplicar tractaments químics indiscriminats a totes les masses forestals, i les actuacions de control de la

plaga han de procurar reduir, al màxim, l'impacte negatiu als altres organismes que no constitueixen una amenaça, a fi de no trencar l'equilibri biològic existent.

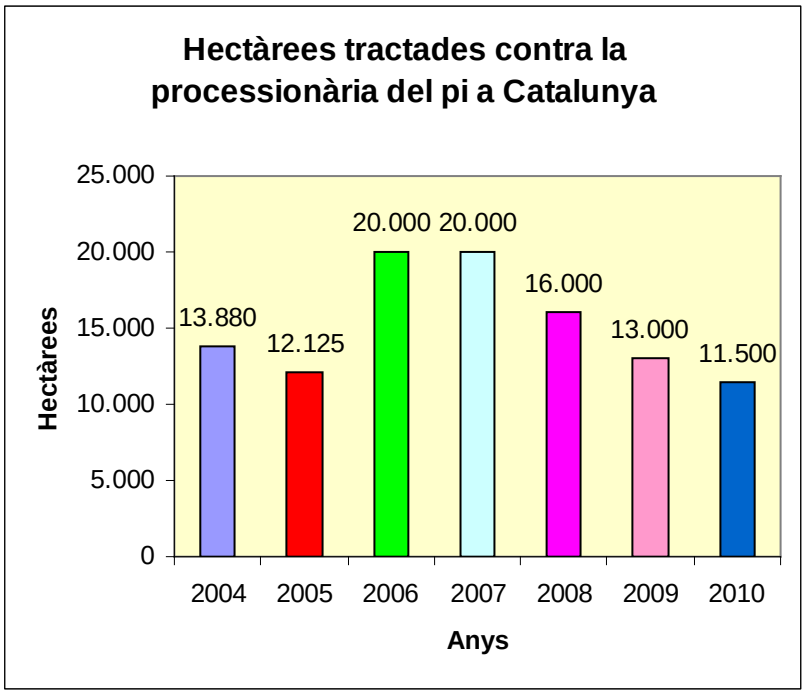


Figura 35. *Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Servei Forestal de Catalunya.*

S'estableix un llindar d'acció, determinat pel nivell de població de la plaga en què és necessari realitzar tractaments de control per tal que la plaga no assoleixi un nivell crític, en què els costos de control igualen als danys que provocaria la plaga.

Quan la densitat de població de la processionària del pi assoleix el llindar d'acció, s'actua puntualment amb un sistema dràstic, com ara les fumigacions aèries. Durant la resta del temps, es recorre a mètodes alternatius, simplement per mantenir la densitat de població per sota del llindar d'acció establert.

És evident que aquesta metodologia requereix un seguiment continu dels nivells d'infestació, que es realitza periòdicament mitjançant recomptes visuals, trampes de feromones, etc. Tot això requereix personal i material específic, i implica, per tant, una despesa econòmica que cal contemplar en el pla de lluita i control de la processionària del pi.

9. URTICÀRIES PROVOCADES PER LA PROCESSIONÀRIA DEL PI

Les erugues de la processionària del pi no parasiten ni piquen directament, sinó que els efectes nocius que provoquen en persones i animals són deguts a una exposició a les seves espícules o tricomes urticants.

El contacte amb els tricomes acostuma a desencadenar reaccions urticants cutànies locals, més o menys importants, tot i que també pot comportar problemes oculars (conjuntivitis, ceguesa temporal), respiratoris (faringitis, espasmes bronquials, dispnea), mal de cap, dermatitis, vòmits i, fins i tot, anafilàxia severa, és a dir, una reacció al·lèrgica generalitzada.

Figura 36.

Reacció cutània urticant. *Font: www.losmedicamentos.net*

Els estudis realitzats pel doctor Artola-Bordàs, el 2008, confirmen que aquestes reaccions al·lèrgiques es deuen, principalment, a dos mecanismes d'acció:

- Un efecte tòxic-irritatiu que es produeix d'immediat en clavar-se els pèls i les espícules a la pell i injectar la toxina taumatopeïna, provocant l'alliberament d'histamina, la qual és responsable del procés inflamatori local.

- Una resposta al·lèrgica, que es dóna quan hi ha hagut exposicions repetides a la taumatopeïna. Aquest mecanisme al·lèrgic es basa en la immunoglobulina IgE, un tipus d'anticòs, present únicament en mamífers, que està implicat en els processos al·lèrgics i en la resposta immunològica (de defensa) a diferents agents patògens. Quan es produeix la primera exposició a la toxina de les espícules, l'organisme fabrica immunoglobulina IgE, que reconeix específicament aquesta toxina i roman a la superfície d'unes cèl·lules anomenades mastòcits (reacció de sensibilització). En contactes posteriors, les molècules de

IgE reconeixen ràpidament la toxina, llavors els mastòcits s'activen i alliberen diverses substàncies inflamatòries que actuen localment i en òrgans distants (hipersensibilització).

En cas de patir urticària, després del contacte amb la processionària del pi, s'ha de consultar al metge, el qual realitzarà una història clínica detallada i un examen físic, a fi de determinar si s'han produït reaccions al·lèrgiques importants. El tractament habitual consisteix a netejar bé la pell, retirant les espícules que s'hagin quedat clavades, i aplicar fred amb alcohol isopropílic o amoníac. Seguidament, cal administrar antihistamínics orals i corticoides tòpics. En cas de reaccions greus, poden emprar-se corticoides sistèmics, via oral.

D'altra banda, la persona afectada ha d'evitar les zones on hi hagi nius de processionària del pi i, si això no és possible, es procedirà a la destrucció de les bosses per part d'un professional. Aquesta operació s'ha de dur a terme durant el dia i, preferiblement, després de la pluja, a fi de reduir la disseminació de les espícules, via aèria.

Si els ulls entren en contacte amb les espícules, es pot produir una afecció ocular crònica, anomenada oftàlmia nodular, caracteritzada per conjuntivitis i nodositats a la còrnia i l'iris. Pot ocasionar cataractes i pèrdua visual, per la qual cosa sempre s'ha de visitar l'oftalmòleg.

Les reaccions al·lèrgiques més greus causades per la processionària del pi, com ara els casos d'anafilàxia, es donen, principalment, en persones que treballen a les pinedes o a les seves rodalies, ja que es veuen exposades freqüentment a les espícules urticants de les erugues.

Un estudi clínic realitzat a l'Hospital Ramon i Cajal de Madrid, l'any 2002, va determinar que, el 19% dels pacients sensibilitzats per la processionària del pi estaven exposats professionalment a ella, presentant hospitalització el 71% dels casos. L'estudi va concloure que els principals afectats per urticàries de la processionària del pi són pinyoners i llenyataires (25%), paletes (21%) i

agricultors (17%). Però també s'han detectat casos entre resiners, fusters, camioners, jardiners, ramaders, militars que treballen a l'aire lliure, tècnics forestals i estudiants de col·legis ubicats prop de les pinedes. Cal tenir en compte que Espanya és el major productor de pinyons del món, per la qual cosa no resulta estrany que la major incidència dels efectes urticants de la processionària del pi es doni en el col·lectiu de pinyoners.

En cas de viure a prop de pinedes, per tal de prevenir malalties, durant el període larval de la processionària s'han de tancar totes les portes i finestres exteriors, no estendre la roba molla a fora, i dotar els mecanismes de ventilació (com l'aire condicionat) d'un sistema de filtració adequat. Sempre s'ha d'evitar el contacte amb les erugues vives i mortes. Si ens hem de moure en zones habitades per les erugues de la processionària del pi, és millor portar pantalons i màniga llarga, guants, mitjons i botes. Per poder eliminar les espícules urticants que hagin quedat en aquesta roba, cal rentar-la per separat, a temperatures superiors a 60ºC.

Pel que fa als arbres, haurien de ser inspeccionats regularment i sotmesos a tractaments fitosanitaris si es veuen afectats. S'ha de tenir en compte, que els propietaris dels boscos són els responsables de la massa forestal i el Servei Forestal del Departament de Medi Ambient els ajuda i els proporciona assessorament tècnic gratuït i, si és necessari, pot portar a terme actuacions de control. Si es tracta de boscos públics, convé informar de la presència de la processionària del pi al Departament de Medi Ambient.

En el cas de les mascotes, com ara els gossos, cal prendre precaucions a l'hora de passejar l'animal, especialment si es tracta de zones forestals infestades i si ens trobem entre el gener i el març, moment en què és més probable que apareguin erugues al terra.

Els símptomes més característics en els animals afectats pels tricomes urticants de la processionària són la inflamació de la mucosa bucal, la llengua i el cap en general. L'animal presenta baveig, vòmits, edema, ulceració, dolor i

excitació. Si hi ha hagut un contacte directe de l'eruga amb la llengua, es pot produir necrosi dels teixits i l'animal pot perdre part de la llengua. En cas que la inflamació provoqui l'obstrucció de les vies respiratòries altes, es pot produir la mort de l'animal si no es practica una traqueotomia d'urgència.

Figura 37. Necrosi produïda per contacte amb la processionària del pi.

Font: www.diagnosticoveterinario.com

10. MECANISMES DE CONTROL I PREVENCIÓ DE LA PLAGA

Per poder mantenir les poblacions de la processionària del pi en nivells acceptables, cal efectuar actuacions per prevenir i controlar la plaga. A l'hora de triar els mètodes de control i lluita contra la processionària del pi, s'ha d'analitzar el nivell d'infestació de la zona afectada i actuar en conseqüència.

Nivell d'afectació	Actuacions recomanades
Nivell 0 – Nivell 1	Col·locació de trampes de feromones a l'estiu i destrucció o tractament dels nius a l'hivern.
Nivell 2	Destrucció dels nius a l'hivern. Tractament dels nius en àrees forestals petites.
Nivell 3	Tractaments massius (aeris o terrestres) a finals de l'estiu o a la tardor.
Nivell 4 – Nivell 5	No és convenient realitzar tractaments massius, ja que no serien rentables, atès que es poden produir reinfestacions ràpides. Cal deixar evolucionar de forma natural la massa forestal. Només es tractaran les zones recreatives o les pinedes destinades a la recol·lecció de pinyons.

Taula 4.

Font: Memòria del Pla Integral per al control de la processionària del pi (2003-2005). Conselleria de Medi ambient. Govern de les Illes Balears.

La lluita contra la processionària del pi es pot realitzar de tres maneres diferents: amb mètodes físics o mecànics, biològics i químics.

10.1. Control mecànic

10.1.1. Eliminació de les bosses de les erugues

Per reduir les poblacions de la processionària del pi, es poden tallar manualment les bosses-niu a la tardor-hivern (quan es detecten les colònies d'erugues), utilitzant eines de tall amb perxa, com les tisores o el pop, dissenyades expressament per aquesta tasca. El pop és una peça metàl·lica, col·locada en un allargador de 3 o 4 m de longitud, que té uns ganxos corbats, i pot atrapar les bosses realitzant un moviment de rotació. Després, amb moviments verticals de la perxa, cap amunt i cap avall, s'aconsegueix desenganxar i arrencar la bossa. També es poden utilitzar tisores especials per a l'extracció dels nius. Finalment, les bosses tallades s'introdueixen en un contenidor i es destrueixen per immersió en aigua, o mitjançant una crema controlada. Cal fer tot aquest procés després de ploure, per reduir les reaccions amb els tricomes. Aquest sistema no resulta perjudicial per al medi, però comporta certa dificultat i requereix massa temps, per la qual cosa no s'utilitza gaire.

Figura 38. "Pop".

Font: www.extertronic.com

Figura 39. Tisores per tallar els nius.

Font: http://www.inti.es/publico/Paginas/ Servicios/Procesionaria_del_Pino.html

10.1.2. Barreres físiques

Per evitar que les erugues de la processionària del pi s'enterrin a terra, existeixen dos mètodes efectius:

- Instal·lar un con de plàstic semirígid a certa altura del tronc del pi afectat (1,5 m o més). Això provoca que les erugues no puguin descendir de l'arbre i acabin morint.

- Col·locar un anell de plàstic semirígid que envolti els peus dels pins, impedint que es dispersin per la zona en el moment del descens. Llavors, només caldrà aplicar un insecticida de contacte directe sobre les erugues i retirar-les un cop hagin mort.

Figura 41. Con de plàstic.

Font: http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?page=2&t=25434

Figura 42. Anell de plàstic.

Font: La processionària del pi. L'insecte defoliador dels pins autòctons. Conselleria del Medi Ambient,. Govern de les Illes Balears.

10.2. Control biològic

10.2.1. Captures dels mascles adults amb trampes de feromones sexuals

Per al control de la processionària del pi es poden utilitzar les trampes de feromones sexuals. Aquestes trampes porten incorporada una substància sintetitzada al laboratori (*pityolure*), idèntica a la que deixen anar les femelles en el moment de l'aparellament. Com a conseqüència, els mascles de la processionària del pi, mitjançant uns receptors olfactius que tenen a les antenes, intenten localitzar la femella, es desorienten i queden atrapats dins la trampa. Això permet reduir el nombre d'aparellaments entre els exemplars adults d'aquesta espècie.

Aquestes trampes s'han d'instal·lar abans de l'emergència de les papallones del sòl, preferiblement a la zona sud-oest dels pins de boscos poc densos, ja que és la zona de vol dels mascles reproductors de la processionària. Aquestes trampes també són útils per realitzar les corbes de vol dels mascles de la processionària del pi.

Figura 43. Trampa de feromones sexuals.

Figura 44. Feromones sexuals, un dels mètodes de control de la plaga.

10.2.2. Els insecticides microbiològics preparats a base de *Bacillus thurigiensis var. Kurstaki*

Per fer front a la processionària del pi s'utilitza també un insecticida microbiològic elaborat a partir del bacteri *Bacillus thurigiensis var. Kurstaki.* Cal tenir en compte que la seva eficàcia perdura només durant els tres primers estadis larvaris de la processionària, ja que quan l'eruga passa al quart estadi adquireix resistència a aquest bacteri. Malgrat això, aquest sistema ha resultat ser més eficaç que els tractaments químics.

Després de barrejar-se en aigua, l'insecticida s'aplica polvoritzant els pins amb un canó o amb tractaments aeris d'ultra baix volum. Les erugues de la processionària del pi moren en alimentar-se de les acícules impregnades d'aquesta substància insecticida. Això és degut al fet que el bacteri impedeix que l'eruga realitzi la seva muda i pugui créixer.

Aquest insecticida natural, a diferència dels productes químics, té l'avantatge de ser biodegradable. A més, el fet de no produir efectes negatius sobre el medi ambient ha permès que es pugui utilitzar en l'agricultura ecològica.

Figura 45. Tractaments aeris amb insecticida microbiològic.

10.2.3. Actuació sobre l'estructura de la massa forestal

Tenint en compte el grau de susceptibilitat de les diferents espècies de pins a l'atac de la processionària del pi, es poden dur a terme diferents estratègies que ajudin a controlar la plaga. Una d'aquestes possibles actuacions sobre el conjunt de la massa forestal seria repoblar la perifèria del bosc amb pins del primer grup de preferència (el més atacats per la processionària del pi), de manera que aquests actuarien com a esquer per atreure les erugues i només caldria tractar aquestes zones, anualment, per mantenir tota la massa forestal neta. D'altra banda, les repoblacions han de configurar boscos mixtos i poc densos, ja que els atacs són més intensos en masses forestal denses d'una sola espècie de pi. També cal donar prioritat a la repoblació de les zones naturals situades a més altitud, ja que corresponen a indrets freds, on la colonització per part de la processionària del pi resulta més difícil.

10.2.4. Control de la processionària mitjançant enemics naturals

Els enemics naturals tenen un paper molt important a l'hora de combatre la plaga de la processionària del pi. Però sovint les poblacions d'enemics naturals no són prou importants per controlar-les. Amb la col·locació de caixes niu per a aus insectívores i protegint les poblacions de quiròpters es pot contribuir considerablement al control de la plaga.

Figura 46. Caixa niu.

Font: http://idaradi.forum5.info/t442-tienes-planos-de-cajas-nido-para-las-aves

10.3. Control químic

10.3.1. Destrucció de les bosses amb balins insecticides

Quan l'alçada dels arbres és massa gran per utilitzar eines de tall manual, es poden destruir les bosses a trets d'escopeta, utilitzant una munició especial, com ara els balins insecticides. Cal triar els dies més freds de l'hivern per efectuar els trets, de manera que les erugues morin de fred, en no tenir protecció.

El balí insecticida és eficaç quan les erugues són dins del niu. És per això que cal realitzar el tractament quan la temperatura ambient és inferior a 10ºC, perquè les erugues poden trobar-se fora dels nius quan la temperatura és més alta i, llavors, el tractament seria ineficaç. La realització de l'aplicació ha de dur-se a terme al matí, ja que al migdia, quan el sol escalfa, les erugues solen sortir a prendre el sol, i al capvespre, normalment, abandonen els seus nius per alimentar-se. L'acció del balí insecticida no es veu afectada per la pluja.

Figura 47. Balí insecticida.

Font. http://www.martinezpascual.grupouni2.com/balcat.htm

Les erugues sotmeses a aquest tractament moren en respirar l'atmosfera creada dins el niu, per contacte amb l'insecticida, per precipitació de l'insecticida sobre les erugues, o per contacte amb erugues que duen residus d'insecticida.

Després del tret, la mort de les erugues es produeix en un termini de 2 a 7 dies, en funció de la consistència del niu. Quan els nius estan escassament teixits, la majoria d'erugues cauen a terra en agonia, sent important el fet de recollir les erugues per evitar possibles efectes urticants o l'enverinament d'altres animals.

Un cop s'ha efectuat el tret, al bala insecticida allibera l'insecticida a l'interior del niu, però el seu balí de plom travessa els nius, en la majoria dels casos, i cau al terra, per la qual cosa és necessari assegurar-se que el balí de plom no pugui causar contaminació per metalls pesants en la zona on s'ha efectuat l'aplicació.

10.3.2. Inhibidors del creixement

Hi ha insecticides químics específics que, en ser ingerits, alteren el desenvolupament de la processionària del pi. Resulten molt eficaços en els primers estadis de les erugues i són més utilitzats que el bacteri *Bacillus thurigiensis*. Els tractaments són a base de *diflubenzuró, flufenoxuró* i *hexaflumuró*. El primer, per exemple, és un inhibidor de la quitina que impedeix el normal desenvolupament metamòrfic de la processionària del pi. Durant el procés de muda, l'eruga digereix la part interior de la cutícula i forma una altra nova. Sota l'acció d'aquest insecticida, la quantitat de quitina sintetitzada és menor i, conseqüentment, les larves moren per la debilitat del seu exosquelet. A banda d'això, es produeix el debilitament de l'aparell bucal, en no produir-se l'aportació de quitina necessària i, per tant, en no poder alimentar-se, l'eruga acaba morint.

És aconsellable realitzar aquests tractaments químics sobre les erugues dels primers estadis, ja que en aquests moments són més sensibles a l'acció de l'insecticida i encara no han efectuat defoliacions importants. Els mesos idonis per realitzar els tractaments són els d'octubre i novembre.

Figura 48.
Dimilin, inhibidor del creixement.

És important, doncs, determinar el moment adequat per a l'aplicació d'aquest tractament per tal d'evitar danys majors, ja que com més grans són les erugues més danys produeixen i menys eficaç és l'insecticida. Això, es pot aconseguir

utilitzant trampes de feromones per construir la corba de vol de les papallones, a partir de la qual es pot determinar el moment d'eclosió dels ous i, per tant, és pot planificar el calendari d'actuacions.

No hi ha constància que aquest tractament tingui efectes tòxics per als éssers humans, animals domèstics, peixos i abelles.

10.3.3. Piretroides sintètics

Altres insecticides molt efectius per controlar les poblacions de processionària del pi són els piretroides sintètics. S'utilitzen les substàncies actives següents: cipermetrin, deltametrin i lambda-cihalotrin. Tenen una gran acció de xoc, però poca persistència en el medi. Els millors resultats amb piretroides s'obtenen quan es barregen amb aigua i es polvoritzen lleugerament els nius.

Els piretroides actuen per contacte i ingestió, provocant desgana en els animals. Es pot utilitzar aquest tractament durant qualsevol moment de l'hivern, tot i que és recomanable fer-ho en les fases inicials de l'eruga. Cal remarcar, però, que la seva acció no és selectiva, per la qual cosa pot afectar a la fauna útil. Els peixos i les abelles són especialment afectats per aquests insecticides. També són nocius per a les persones.

10.4. Mètodes d'aplicació dels tractaments químics i microbiològics

Segons la zona que es vol tractar, els mètodes d'aplicació dels tractaments químics i microbiològics per al control de la processionària del pi poden variar. En grans superfícies, s'utilitzen mitjans aeris com avionetes i helicòpters per aplicar els productes pel sistema ULV (Ultra Baix Volum).

En canvi, en petites extensions forestals i superfícies urbanes, parcs i jardins, habitualment, s'apliquen els productes dissolts en aigua mitjançant aparells de polvorització amb bombes de pressió, o a partir d'equips dotats de canons d'aire comprimit, amb suficient potència per poder arribar a la copa dels pins.

10.5. Impacte dels productes químics de control en l'ecosistema

Els efectes dels tractaments per al control de la processionària del pi sobre la població humana i el medi natural encara no han estat prou estudiats, tot i que se sap que afecten greument a persones amb la síndrome de sensibilitat química múltiple. De fet, la Unió Europea ha aprovat un criteri per limitar la pràctica d'aquests productes químics, però no entrarà en vigor fins a finals del 2011.

En l'actual marc legal, s'estableix un ús sostenible dels plaguicides, establint la prohibició d'aquests, per via aèria o polvoritzacions, quan es puguin utilitzar altres mètodes terrestres. La nova llei contempla informar la població sobre els efectes que produeix l'ús d'aquests productes, ja sigui amb campanyes de sensibilització o altres mesures adequades.

Els insecticides químics, com el diflubenzuró, són lents en actuar i, per això, és precís que el principi actiu estigui present sobre les fulles dels arbres el màxim de temps possible. És, per això, que s'utilitzen substàncies per mantenir la seva persistència al medi. Les gotes d'insecticida poden arribar a qualsevol punt del bosc, contaminant el medi ambient. De fet, a l'octubre, quan es fan les actuacions de lluita i control, és època de bolets i aquests acaben assimilant part de les substàncies tòxiques llançades des de l'aire.

En els últims vint anys s'han enregistrat nombrosos casos de persones intoxicades en espais públics, a l'interior d'edificis o zones urbanes. Es calcula

que més del 70% de casos de la síndrome de sensibilitat química múltiple es van posar malalts després d'haver estat en contacte amb aquests químics tòxics.

No hi ha unes dades clares sobre la fumigació amb productes químics per combatre la processionària del pi a Espanya, però es creu que 100.000 hectàrees de bosc han estat tractades, sense previ avís, amb productes de llarga persistència. Només a Catalunya, on hi ha quasi 1,5 milions d'hectàrees de bosc, anualment es fumiguen prop de 10.000 hectàrees (la majoria, boscos públics).

10.6. Altres mètodes indirectes de control i prevenció

A més a més dels mètodes directes, s'empren diferents mètodes indirectes de control i prevenció: ubicacions amb GPS de les colònies per al posterior tractament aeri, estudis de viabilitat d'introducció de paràsits naturals contra la processionària, estudis de la corba de vol, etc.

Existeixen mètodes preventius contra la processionària del pi, com ara l'endoteràpia vegetal. Consisteix a injectar la substància fitosanitària directament a l'arbre, i aquesta, a través e la saba, arriba a les fulles que es menjaran les erugues de la processionària del pi. Aquest mètode permet prevenir els atacs d'aquesta plaga sense provocar efectes adversos a les altres espècies.

També es realitzen campanyes de divulgació i comunicació per donar a conèixer la processionària del pi i evitar problemes d'al·lèrgies, així com per sensibilitzar la població sobre la necessitat de controlar la plaga. Els responsables del la Gestió i el Servei Forestal fan reunions amb Ajuntaments i col·lectius implicats, xerrades a les escoles i lliurament de pòsters o tríptics informatius als parcs naturals.

D'altra banda, per tal d'aturar l'expansió de la processionària del pi, és de vital importància posar en pràctica mesures que ajudin a mitigar els efectes del canvi climàtic, com ara les següents:

- Potenciar l'ús d'energies renovables a l'àmbit públic i privat.
- Realitzar un ús eficient de l'energia que es tradueixi en un estalvi important de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.
- Pel que fa al transport i la mobilitat, cal potenciar l'ús de les piles d'hidrogen i dels vehicles elèctrics. És necessari afavorir el transport públic en detriment del privat.
- L'urbanisme i l'edificació han de basar-se en els principis de la sostenibilitat i no només en la funcionalitat.
- Cal millorar la gestió dels residus: reduir la producció i el flux de residus, incrementar la recollida selectiva i el seu reciclatge.
- Potenciar formes alternatives de turisme que impliquin menys despesa energètica.
- Afavorir aquells sistemes agraris que poden tenir un paper significatiu dins la mitigació del canvi climàtic per la seva capacitat d'acumular carboni, nitrogen i d'altres nutrients als diversos compartiments de l'ecosistema, com per exemple, a la biomassa aèria dels boscos, al sòl de boscos i pastures, i l'enterrament dels residus dels conreus.
- Combinar la difusió i comunicació de campanyes de sensibilització amb dinàmiques incentivadores que potenciïn l'estalvi energètic a les llars, i un estil de vida cada vegada més sostenible.

Treball de camp

11. TREBALL DE CAMP

En aquesta part del treball, presento l'estudi experimental realitzat per intentar assolir els objectius plantejats al principi i verificar les hipòtesis que vaig establir.

La finalitat principal d'aquest treball de camp és comprovar si la temperatura influeix o no en la durada del cicle vital de la processionària del pi, tot analitzant com varia el creixement i comportament de les larves sotmeses a diferents temperatures.

En principi, per portar a terme aquesta investigació, vaig pensar en la possibilitat d'anar a una pineda i agafar colònies d'erugues, corresponents al primer estadi larvari, per repartir-les, després, en habitacles amb diferent temperatura, però això no va ser possible. Quan vaig iniciar el treball de recerca, a mitjans de març de 2010, totes les erugues del bosc es trobaven ja al cinquè estadi larvari, per la qual cosa no vaig poder disposar de colònies joves per a l'experiment. Això, em va obligar a plantejar la recerca experimental de forma diferent. En primer lloc, caldria capturar bosses amb erugues del cinquè estadi larvari (les úniques disponibles en aquell moment). A partir d'aquestes erugues, observaria el desenvolupament del cicle biològic de la processionària del pi, fins a l'emergència dels adults. Un cop disposés de les postes realitzades per les papallones, les col·locaria en tres habitacles amb condicions tèrmiques diferents i, llavors, podria estudiar l'efecte de la temperatura en el desenvolupament de la processionària del pi, realitzant un seguiment del cicle biològic dels exemplars situats a cada habitacle i prenent nota de les diferències observables quant a creixement, comportament de les larves i durada del cicle vital.

D'altra banda, a l'estiu, col·locaria trampes amb feromones sexuals en dues pinedes, per capturar mascles adults, la qual cosa em permetria confeccionar corbes de vol i estimar la densitat de la futura població d'erugues de la processionària al bosc.

Finalment, tenia previst posar-me en contacte amb tècnics del Servei Forestal del Departament de Medi Ambient per tal de realitzar entrevistes que m'aportessin informació, de primera mà, sobre els efectes que causa la processionària del pi a les masses forestals de Catalunya. A banda d'això, volia participar en les actuacions de control i lluita contra les poblacions d'aquest lepidòpter.

11.1. Observació del cicle biològic: del cinquè estadi a l'emergència dels adults

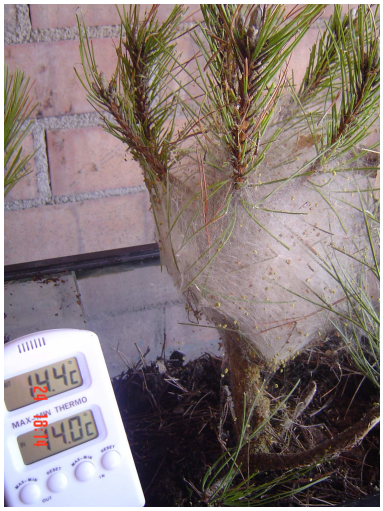
a) Captura de nius i seguiment del desenvolupament larvari

Per tal d'esbrinar si el factor de la temperatura influeix en el desenvolupament de la població de la processionària del pi, necessitava erugues de la mateixa edat i procedència, sotmeses a diferents temperatures, com abans s'ha comentat. Per tant, el punt de partida del treball de camp va ser la captura de tres colònies al bosc. A partir d'elles podria fer un seguiment del cicle biològic d'aquest insecte a temperatura ambient i, un cop obtingudes les postes, podria situar-les en diferents terraris amb les mateixes condicions ambientals, tret de la temperatura, la qual seria diferent a cadascun d'ells.

Vaig construir un terrari on l'espècie pogués reproduir el comportament que presenta a la natura. La preparació de l'hàbitat on va viure aquest lepidòpter, durant quasi bé un any, va començar el 22 de març de 2010, quan vaig tallar diferents branques de pi de la zona de Santa Maria de Merlès (N 41º 59.661'; E 001º 59.219'). Vaig seleccionar aquesta zona, en concret, perquè hi havia forces bosses-niu i m'era fàcil accedir-hi. Un cop localitzades tres d'aquestes bosses en un mateix pi, i després de tallar les branques on es trobaven, les vaig posar dins d'un sac. Vaig comprovar que les erugues feien aproximadament uns 2,2 cm i estaven al principi del cinquè estadi larvari.

Per reproduir amb la màxima fidelitat el medi natural de l'espècie en un terrari, vaig extreure la terra de sota els arbres on havia recollit les branques, procurant treure-la per capes, de manera que pogués disposar la terra més humida al fons del terrari, la més seca a sobre d'aquesta i, al damunt, tota la fullaraca que quedava a la part superior del sòl del bosc. Seguidament, vaig comprovar que dins les bosses-niu hi havia erugues vives, i vaig disposar-me a plantar les branques dins el terrari. Aquí començava la meva observació del cicle biològic de la processionària del pi.

Vaig realitzar un calendari, corresponent al període de temps que les erugues van ser dins el niu, fent les anotacions oportunes sempre que observava canvis. La taula següent mostra un resum dels diferents esdeveniments observats i enregistrats al llarg del desenvolupament larvari, des del cinquè estadi fins a l'emergència de les papallones.

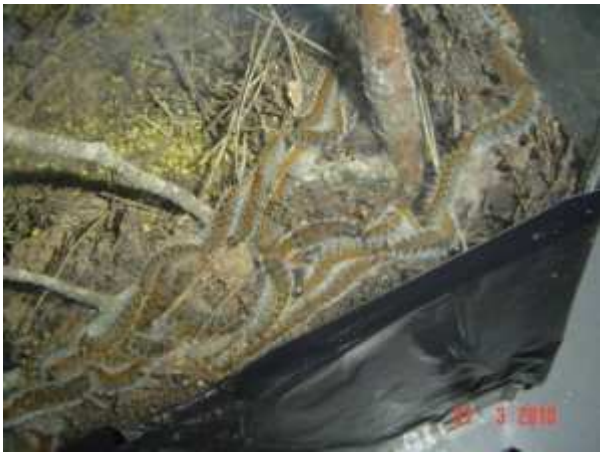
Data: 24-3-2010		
Bossa-niu 1	S'observen petits moviments al niu, tot i que no es veuen clarament les erugues.	Figura 49.
Bossa-niu 2	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 3	Es detecta activitat al niu, però no es veuen les erugues. Es poden observar els excrements de les larves.	 Figura 50.

Data: 29-3-2010
Poso més branques de pi dins el terrari, perquè les erugues puguin continuar alimentant-se. Figura 51.

<table>
<tr><td colspan="3">Data: 30-3-2010</td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 1</td><td>Les erugues s’alimenten de dia.</td><td>

Figura 52.</td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 2</td><td>No s’hi observa activitat.</td><td></td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 3</td><td>Les erugues s’alimenten de dia.</td><td>

Figura 53.</td></tr>
<tr><td colspan="3">En totes les bosses, les erugues s’alimenten de les noves branques; comencen a menjar-se la punta de les acícules.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">Data: 31-3-2010</td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 1</td><td>Les erugues baixen del niu en processó a les 11.45h.</td><td>
Figura 54.</td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 2</td><td>No s’hi observa activitat.</td><td></td></tr>
<tr><td>Bossa-niu 3</td><td>Les erugues descendeixen de les branques cap a les 8.15 h.</td><td>
Figura 55.</td></tr>
<tr><td colspan="3">En total, compto 62 erugues que han deixat la bossa-niu.
 
Figura 56.</td></tr>
</table>

Data: 1-4-2010		
Bossa-niu 1	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 2	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 3	Durant el vespre, tres erugues surten de la bossa-niu per tal alimentar-se.	Figura 57.

Data: 7-4-2010		
Bossa-niu 1	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 2	Es veuen les erugues dins la bossa.	Figura 58.
Bossa-niu 3	Les erugues continuen alimentant-se de les acícules de pi.	Figura 59.

Data: 18-4-2010		
Bossa-niu 1	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 2	Descendeixen quatre erugues que hi havia dins el niu.	Figura 60.
Bossa-niu 3	Una eruga descendeix tota sola cap a terra. Abans d'enterrar-se, dóna tombs per la zona per inspeccionar el terreny.	Figura 61.

Data: 19-4-2010		
Bossa-niu 1	No s'hi observa activitat	
Bossa-niu 2	No s'hi observa activitat	
Bossa-niu 3	Tres erugues surten a menjar durant el vespre.	Figura 62.

Data: 20-4-2010		
Bossa-niu 1	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 2	No s'hi observa activitat.	
Bossa-niu 3	Les tres erugues que quedaven vives baixen de la bossa.	Figura 63.

b) Observació de les processons i l'enterrament

Les processons d'erugues de la processionària del pi van començar el dia 31 de març. Corresponien a erugues de les bosses 1 i 3, les quals, en trobar-se, es van unir formant una sola processó. Vaig observar que la primera eruga de la processó era la que decidia el camí per on passar, les altres seguien l'eruga precedent, gràcies als pèls que tenen a l'extrem i als fils de seda que secreten.

Figura 64. Processó d'erugues.

Figura 65. Teixit sedós al llarg del terrari.

Quan l'eruga capdavantera decidia parar-se, la següent la vorejava, de manera que la rua no parava. A vegades, unes erugues passaven per sobre de les altres, però aquestes no semblaven immutar-se, i continuaven fent el seu camí, seguint la primera eruga. Vaig observar, també, que anaven formant una mena de teixit al llarg del

terra de l'habitacle, constituït per fils de seda, com els que havien fet servir per construir el niu, però ara els utilitzaven de guia, marcant, així, el camí que tota la colònia havia de seguir fins a trobar el lloc ideal d'enterrament.

El 4 d'abril, una darrere l'altre, vuit erugues van començar a fer túnels a la zona est del terrari. No s'hi van quedar sota terra, sinó que, de tant en tant, sortien a la superfície. Dos dies més tard, tot el terra estava ple de galeries i les erugues continuaven voltant per la superfície.

Figura 66. Vuit erugues fent túnels.

Figura 67. Eruga enterrant-se.

El 10 d'abril, vaig observar que totes les erugues que havien descendit, fins aquell moment, s'havien enterrat verticalment a la part més superficial del sòl. Al dia següent, continuaven entrant i sortint de la terra de l'habitacle.

Del 18 al 20 d'abril, van acabar de descendir totes les erugues que quedaven vives dins les bosses 2 i 3. El dia 18 d'abril, prenent les mesures de seguretat oportunes per no patir reaccions al·lèrgiques, vaig agafar una eruga que descendia al terra per enterrar-se i la vaig sotmetre a diferents proves per observar com es comportava. Vaig muntar un circuit d'obstacles per veure com reaccionava. No els va vorejar, sinó que seguia el seu camí en línia recta, apartant els obstacles. Després de moltes proves, vaig concloure que tenia la força suficient per moure fins a 12 g, però en sotmetre-la a 15 g i no poder moure l'obstacle, en cap cas va caminar enrere, sinó que va decidir enfilar-s'hi i vorejar-lo per sobre. També vaig observar que reaccionava davant els canvis d'intensitat lumínica.

c) Observació de la formació del capoll

El 12 d'abril, les erugues van deixar de voltar i es van enterrar definitivament. Un cop van haver fet aquest procés, van formar els seus capolls per començar la fase de prepupa i, posteriorment, passar a la fase de crisàlide, experimentant tot un seguit de canvis interns i externs fins a convertir-se en papallona.

El 22 d'abril, vaig desenterrar un exemplar i em vaig adonar que havia format un capoll de color marronós. Era una prepupa. La processionària del pi va romandre sota terra durant tres mesos. Alguns exemplars, però, no abandonarien l'estat de crisàlide per convertir-se en papallona aquell mateix any.

Figura 68. Capoll de color marronós.

d) L'emergència de les papallones dins el terrari

Abans que es produís l'emergència de papallones, vaig col·locar una tela mosquitera al terrari, per evitar que els adults poguessin escapar.

A les 8.00 h del 19 de juliol de 2010, vaig observar tres papallones al terrari. Quin esdeveniment més fascinant! Una era a la tela mosquitera i les altres dues a terra. Quasi bé no es movien, no s'observaven interaccions entre elles. Estaven amb les ales plegades. Eren peludes, com les erugues, i se'n distingien dos tipus segons l'aspecte de les ales i la mida: els mascles eren una mica més petits que les femelles. A les 19.00 h d'aquell mateix dia, ja hi havia una altra papallona.

Figura 69. Papallona apunt de volar.

Figura 70. Papallones desplegant les ales.

El dia 20, vaig comptar cinc papallones de la processionària del pi al terrari, però no volaven, simplement s'enfilaven. Al dia següent, n'hi havia vuit; algunes no es movien.

El 22 de juliol, continuaven desenterrant-se noves papallones, quedaven unes sobre les altres, semblava que s'ajudessin a obrir-se camí. Vaig confirmar que totes les papallones encara estaven vives. Un dia més tard, vaig comptar catorze papallones, algunes d'elles ja mortes.

Figura 71. Papallones mortes.

El 29 de juliol, vaig descobrir dues postes a les acícules seques. La urgència d'oviposició de la papallona va fer que posés els ous en un lloc que no semblava el més ideal. Continuaven sortint papallones, movien les ales, però no es veien volar. Un dia després, vaig observar una papallona femella ponent els ous, de cap per avall i molt a poc a poc, deixant tots els ous recoberts d'escates del seu abdomen. Aquell dia, la majoria de papallones ja eren mortes.

Figura 72. Papallona femella fent la posta.

El dia 2 d'agost, totes les papallones havien perdut la vida. No se'n observava cap de nova. Les postes ja estaven fetes i, a partir d'aquell moment, podria realitzar els canvis oportuns i elaborar el disseny experimental per tal de corroborar o no les meves hipòtesis.

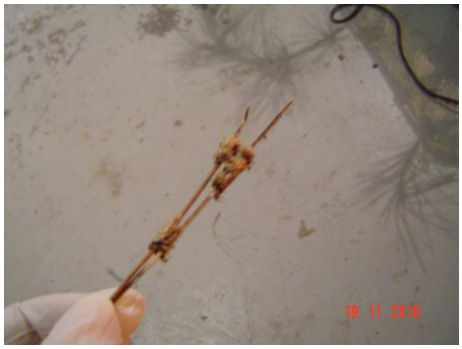


Figura 73. Tres postes en dues acícules seques (necessitat d'oviposició).

Figura 74. Posta en branques tendres.

11.2. Anàlisi de resultats del seguiment del cicle biològic: des del cinquè estadi larvari fins a l'emergència de les papallones

Un cop van emergir totes les papallones del terra, vaig procedir a analitzar els resultats que havia obtingut.

Figura 75. Conjunt de papallones emergides durant l'any 2010.

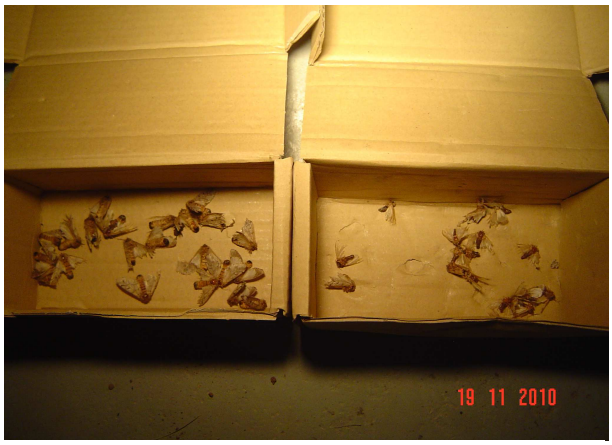


Figura 76. A l'esquerra, les papallones femella; a la dreta, les papallones mascle.

La mitjana del temps de vida de les papallones va ser de 2 dies. En total van emergir 49 papallones, de les quals 23 van ser femelles i 26 mascles (femelles/mascles = 0,88:1). Això demostra que la proporció de papallones mascles/femelles és aproximadament 1:1, ja que les petites diferències observades pel que fa al nombre de mascles i femelles no són significatives.

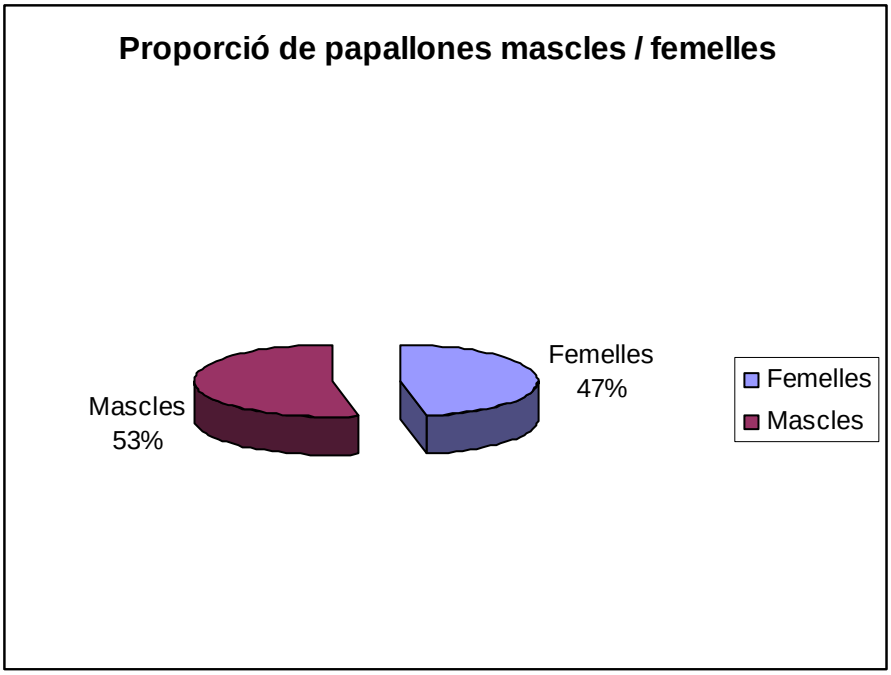


Figura 77. Gràfic de la proporció de papallones mascles/femelles que van emergir al terrari.

Un cop el recompte de papallones, vaig procedir a remoure la terra amb molta cura, en busca de crisàlides. Curiosament, les vaig trobar separades en tres grups; pel nombre d'individus de cada un d'ells, vaig poder deduir que es tractava dels exemplars de les diferents bosses-niu, que després d'haver-se unit en el moment de la processó, havien acabat dividint-se una altra vegada per colònies i s'havien enterrat.

Figura 78. Buidant el terrari en busca de crisàlides.

Figura 79. Conjunt de capolls i crisàlides trobades.

També vaig poder comprovar que la majoria de crisàlides es trobaven a una profunditat aproximada d'entre 15 i 25 cm. Només vaig trobar una crisàlide que estava per sobre d'aquests valors (35 cm) i una que estava per sota (10 cm).

El nombre de crisàlides buides corresponia al nombre de papallones que havien emergit del terra i es podia apreciar que les crisàlides de les femelles eren lleugerament més grans que les dels mascles. Vaig trobar 3 crisàlides encara vives. Es tractava de dues femelles i un mascle en diapausa. Per alguna raó, a diferència de les altres, esperaven condicions més favorables per emergir en els propers mesos o anys.

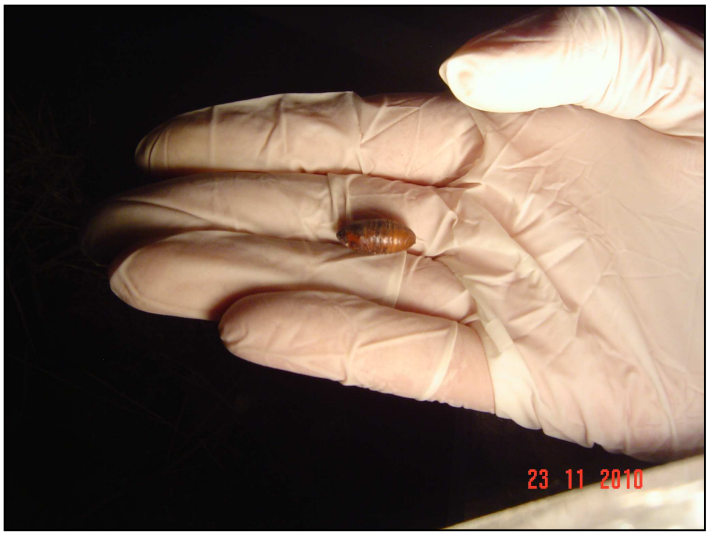


Figura 80. Crisàlide femella; encara viva.

Figura 81. Recull de crisàlides.

A partir de les observacions i les fotografies realitzades, vaig elaborar el següent esquema del cicle biològic de la processionària del pi, on es recullen tots els estadis visualitzats.

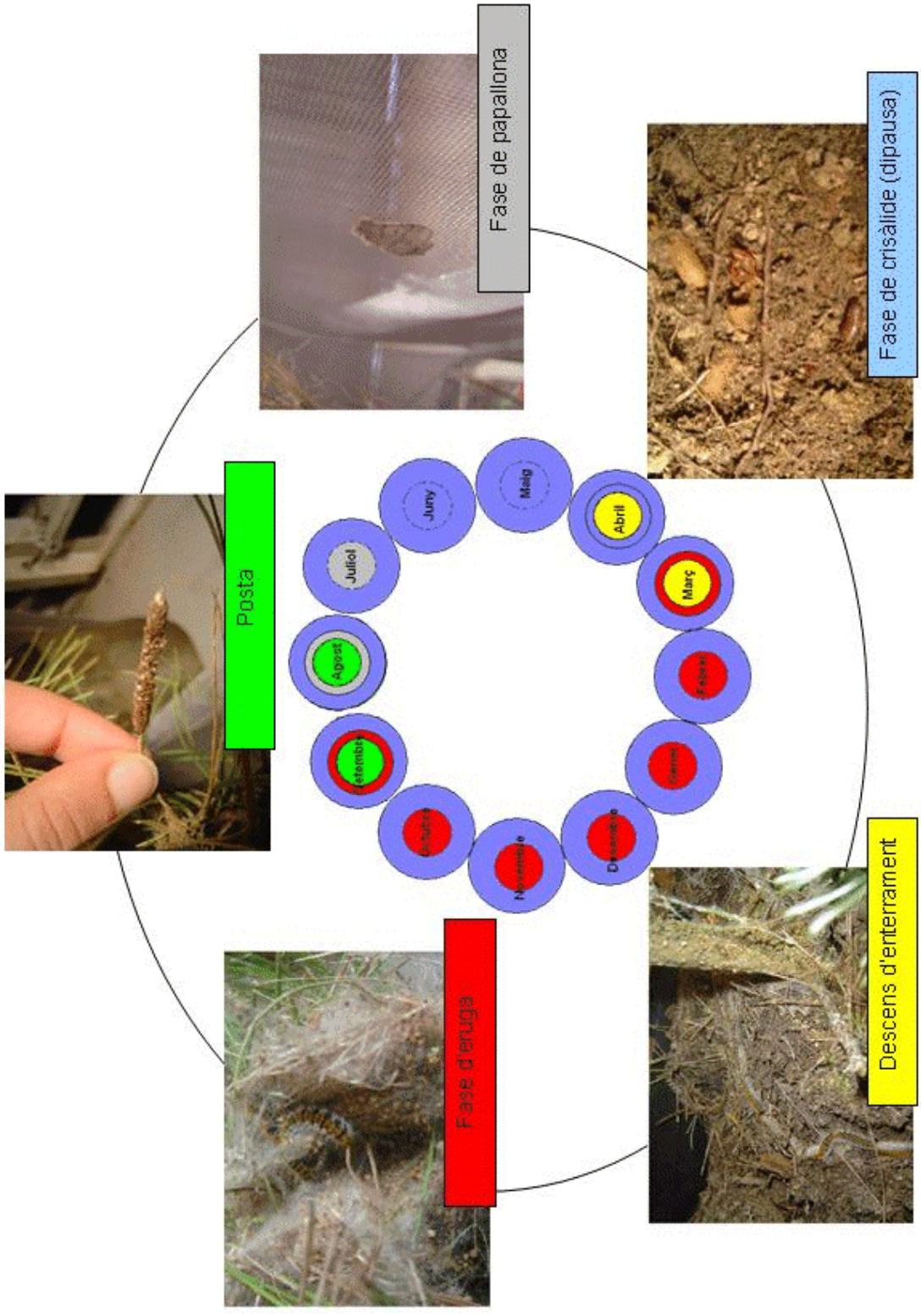


Figura 82. Cicle biològic observat.

11.3. Disseny experimental per comprovar com varia el cicle biològic de la processionària del pi i el comportament de les larves en funció de la temperatura.

A partir de diverses colònies, procedents de les postes del primer terrari, vaig elaborar un disseny experimental per tal de corroborar la hipòtesi inicial, comprovant si la temperatura afecta o no al ritme de creixement de les larves i provoca canvis en la durada del cicle. Segons les meves previsions, l'augment de temperatura s'hauria de traduir en un avançament del cicle i, en canvi, les temperatures baixes allargarien el cicle vital de la processionària del pi. Amb aquest experiment, també podria determinar el rang de temperatura idoni per a la vida d'aquest insecte i podria analitzar els possibles canvis de comportament de les erugues en ser sotmeses a diferents temperatures.

Hipòtesi plantejada a l'inici de l'experiment

- L'activitat biològica de la processionària del pi augmenta amb l'increment de la temperatura i, per tant, el seu cicle vital s'avança i s'escurça.

Variable independent (és la variable que l'investigador modifica deliberadament per comprovar si influeix en els resultats).

- La temperatura, en el meu experiment.

Variables dependents (paràmetres sobre els quals l'investigador no intervé, limitant-se a observar com varien durant l'experiment, influenciats per la variable independent).

- Durada del cicle vital.
- Ritme de creixement de les larves.
- Grau d'activitat de l'insecte.

Variables controlades: són factors, diferents de la variable independent, que raonablement podrien influir en els resultats.

Per evitar que interfereixin en els resultats, s'han de mantenir constants, és a dir, s'han de fixar en uns valors que permetin l'obtenció de resultats durant tot l'experiment.

Les variables controlades, al meu experiment, van ser:

- Tipus de sòl.
- Il·luminació.
- Aliment.
- Humitat.
- Edat i procedència de les larves.
- Mida de la colònia.

Disseny de l'experiment

a) **Control:** conjunt d'accions i mesures que prenem per assegurar-nos que els resultats són deguts a les modificacions que introduïm.

- Tots els terraris on habitarà l'espècie:
  - Han de tenir la mateixa espècie de pi (*Pinus sylvestris*).
  - Han de tenir la mateixa disponibilitat d'aliment.
  - Han de tenir el mateix tipus de sòl.
  - S'han d'humidificar amb la mateixa freqüència, amb el mateix tipus d'aigua i amb igual quantitat.
  - Han de ser a la mateixa habitació.
  - Han de ser sotmesos a les mateixes hores de llum i foscor (recreació del dia i la nit en tots els terraris).

- Tots els terraris han de ser similars pel que fa a la mida i al nombre d'individus.

- El terrari en què no es modifica la temperatura ambiental actuarà com a *grup de control*, i permetrà fer un estudi comparatiu respecte als altres terraris, en els quals s'ha variat la temperatura.

b) **Rèpliques:** no n'hi ha prou amb un sol experiment per demostrar un fet amb rigor científic. Se n'han de fer rèpliques; cal repetir l'experiment una o més vegades. Això permet descartar que els resultats siguin deguts a l'atzar. Per tant, no realitzarem l'experiment partint d'una sola colònia a cada terrari, sinó que el portarem a terme en dues colònies diferents a cada terrari sotmès a estudi.

Registre dels resultats: s'observaran els canvis de les variables dependents al llarg de l'experiment, així com qualsevol fet que ens sembli rellevant. Les dades dels resultats s'enregistraran en forma de notes, taules, gràfiques, vídeos, fotografies, etc.

- Durant tres mesos (des de principis de setembre de 2010 a mitjans de gener de 2011) observarem les colònies dels diferents terraris i enregistrarem amb cura els canvis que, prèviament, haurem quantificat o mesurat: indicis d'activitat, creixement dels individus, durada de les fases larvàries, grau de defoliació, etc.

- Donarem testimoni gràfic dels canvis observats mitjançant fotografies i vídeos.

- Recollirem les dades de temperatura i activitat vital en taules, quan calgui.

Anàlisi i interpretació dels resultats

- Analitzarem i interpretarem els resultats partint de la hipòtesi inicial plantejada. Així, podrem determinar si el comportament de la processionària del pi depèn o no de la temperatura.

▪ Adaptació dels terraris a les exigències de l'experiment

Destinarem tres terraris de 0,5 m d'amplada per 0,9 m de llargada a la realització de l'experiment, obtenint la terra i les branques de pi d'una zona afectada per la processionària del pi a Santa Maria de Merles, una població ubicada a la subcomarca del Lluçanès.

El següent pas és adaptar aquests terraris a les condicions que necessiten els animals per viure.

Material per condicionar cada terrari

- Pala per obtenir i col·locar la terra.
- Destral per tallar les branques de pi.
- Sac on transportar les branques.
- Tela mosquitera.
- Tela fosca i transpirable per reproduir la nit.
- Termòmetre.
- Bombeta amb alt poder calorífic.
- Plaques refrigerants i suports per col·locar-les prop dels nius.
- Vestimenta de protecció per manipular les erugues i els terraris amb seguretat.

- **Procediment**

Per posar en pràctica el disseny experimental, vaig seguir els passos següents:

- Aconseguir la vestimenta adequada que em proporcioni protecció enfront els tricomes urticants de la processionària del pi i em permeti manipular les erugues i els terraris.

- Agafar terra d'una zona infestada per la plaga de la processionària del pi intentant remoure-la al mínim; dipositant-la, després, dins el terrari per capes, tal com es trobava al sòl del bosc.

- Tallar diferents branques d'un mateix pi de l'espècie *Pinus sylvestris*, afectat en baix grau per la processionària del pi, per tal que serveixin d'aliment a les erugues durant l'experiment. Seguidament, plantar-les al terrari, tenint cura que hi hagi la mateixa quantitat a cada habitacle.

- Recobrir el terrari amb tela mosquitera per evitar que s'escapin els exemplars de la processionària del pi utilitzats per fer l'experiment i impedir que n'hi entrin de nous.

- Tapar els terrari durant les nits, amb una tela transpirable, a fi de recrear la successió dia/nit, evitant, així, una il·luminació permanent, a causa de la llum que desprèn la bombeta que escalfa el segon terrari.

- Mantenir els terraris en una habitació aïllada de l'exterior, evitant corrents d'aire o qualsevol altre factor que pugui fer variar, significativament, la temperatura ambient del recinte o la humitat. La temperatura d'aquesta habitació es manté constant, a uns 15ºC, gràcies a un petit radiador i un termòstat. Durant el dia, es manté el llum encès per proporcionar les mateixes hores d'il·luminació a tots els terraris.

- Idear un sistema per augmentar progressivament la temperatura al primer terrari, mantenir el segon a temperatura ambient, i disminuir poc a

poc la temperatura al tercer. Cal, també, col·locar un termòmetre a cada terrari per poder controlar la temperatura en tot moment.

Tot seguit, es detalla el sistema de regulació tèrmica utilitzat als diferents terraris.

a) Sobre el primer habitacle (terrari A) vaig col·locar una làmpada. La distància d'aquesta als nius es podia modificar a voluntat, de manera que, en apropar el focus de llum al terrari, augmentava la temperatura d'aquest.

b) Al segon habitacle (terrari B) no vaig modificar la temperatura, esdevenint, així, un grup de control.

c) Al voltant del tercer habitacle (terrari C) vaig disposar unes plaques refrigerants, de manera que augmentant-ne el nombre i apropant-les al terrari, podia aconseguir una disminució progressiva de la temperatura. Calia canviar les plaques periòdicament, cada 7 hores, ja que, en cas contrari, deixaven de fer fred amb el temps.

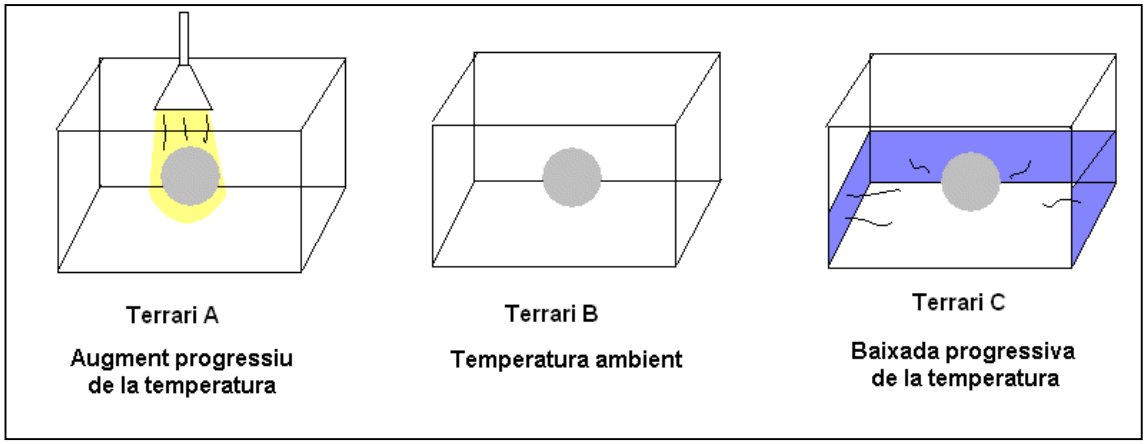


Figura 83. Disseny experimental.

Un cop s'ha planificat tot correctament, s'inicia l'experiment que durarà tres mesos i, diàriament, es prendrà nota de qualsevol canvi observat o fenomen remarcable.

Sistema de regulació tèrmica dels tres terraris

Terrari A: augment progressiu de la temperatura.

Terrari B: es manté a temperatura ambient.

Terrari C: disminució gradual de la temperatura.

Figura 84.

11.4. Observació del cicle biològic des de la posta fins a l'enterrament. Estudi comparatiu del desenvolupament larvari de tres grups d'erugues sotmeses a temperatures diferents

En primer lloc, vaig repartir, de forma equitativa, les postes d'ous de les papallones en els tres terraris, col·locant dues postes a cada un d'ells; deixant de banda una altra posta que hi havia a la tela mosquitera del terrari A amb poca probabilitat de prosperar. Inicialment, vaig mantenir els terraris a temperatura ambient, esperant el naixement de les larves. Més tard, procediria a variar la temperatura.

Al terrari A no s'hi va detectar cap activitat fins el dia 22 d'agost de 2010, quan van néixer les primeres larves d'una posta situada a la tela mosquitera del terrari. En un primer moment, estaven totes unides, tot i que, amb el pas de les hores, es van anar dispersant. Eren de color verd, mesuraven 2 mm aproximadament, i tenien un cap negre considerablement gran comparat amb la resta del cos.

El dia 24 d'agost, detecto que els individus que havien nascut estaven morts, segurament per falta d'aliment, ja que aquest es trobava lluny del lloc on s'havia produït la posta.

Figura 85. Larves acabades de néixer.

Una setmana més tard, neixen noves erugues al terrari A. Aquestes es troben prop de l'aliment, tot i que de moment no s'aprecien danys a les branques de pi. Al llarg de la setmana, observo com s'alimenten. No s'aprecia que causin danys a ull nu. De mica en mica, van teixint una petita bossa on es refugien durant les hores més fredes.

El 8 de setembre, eclosionen els ous de les dues postes del terrari B. El dia 10, neixen les larves d'una de les postes de l'habitacle C. Totes les erugues tenen la mateixa mida (2 mm), i resulta difícil distingir-les bé.

L'11 de setembre, observo que les primeres erugues que havien nascut ja han format un niu mitjanament consistent. El 14 d'aquell mes, eclosiona la última posta al terrari C.

Figura 86. Diferència de temperatura.

Als 8-10 dies d'haver nascut, les erugues ja han augmentat la seva longitud, mesuren 6 mm, i han fet la primera muda; ara es troben al segon estadi larvari. Començo a variar la temperatura als terraris. Mantinc l'habitacle A a 20ºC; el B, a 15ºC; i el C, a 10ºC.

Després de dues setmanes d'observació, no es noten canvis en el creixement i comportament de les erugues dels diferents terraris. En tots els casos mesuren 7 mm, han deixat de ser de color verd, els han aparegut els pèls, majoritàriament blancs i groguencs.

Decideixo variar la temperatura el 9 d'octubre; el terrari A, el poso a 23ºC; el C, a 7ºC; i el B, el deixo a 15ºC, com a grup de control. En tots tres habitacles observo que la processionària del pi ha deixat la seva bossa-niu inicial i n'ha elaborat més nius al llarg de la branca, aquests són més grans i millor configurats.

Figura 87. Les erugues elaboren petites bosses-niu.

Una setmana més tard, observo les primeres diferències pel que fa al creixement de les erugues. Les del terrari C continuen tenint la mateixa mida (7 mm), mentre que les larves dels altres dos habitacles ja han fet la segona muda i són lleugerament més grans (10 mm).

Figura 88. Bossa-niu completamente formada.

El 30 d'octubre, modifico un altre cop la temperatura: fixo la temperatura del terrari A a 25ºC; i la del C, a 5ºC. El B continua a 15ºC.

Observo que cada branca té de 3 a 5 bosses. Les erugues elaboren els nius cada cop més amunt, cercant l'escalfor.

Durant el període de temps en què les diferents colònies romanen a aquestes temperatures, la diferència quant a ritme de creixement s'accentua. Mentre les erugues del terrari C encara es troben al segon estadi (9 mm), les altres han assolit ja al tercer, i mesuren, aproximadament, 14 mm. Observo que aquestes larves presenten més pèls de color taronja, els quals alberguen els dards urticants. Tot sembla indicar que els insectes que es troben a més temperatura s'han vist beneficiats, ja que s'han alimentat activament, han pogut digerir millor l'aliment i han aconseguit desenvolupar-se més ràpidament.

El 21 de novembre, torno a modificar la temperatura. El terrari A passa a tenir 27ºC; i el C; 3ºC. Les erugues de l'habitacle A són considerablement més grans (19 mm) que les dels altres. Les larves del terrari B, mantingut a temperatura ambient, fan ara 15 mm de longitud. Al terrari C, les erugues quasi no es desenvolupen, tot i que ja es troben al tercer estadi; continuen mesurant 9 mm.

Figura 89. Erugues alimentant-se al terrari A.

Durant tres setmanes, mantinc els terraris en aquestes condicions i vaig detectant canvis importants. Es comencen a apreciar danys considerables a les branques. N'hi introdueixo de noves, per assegurar-me que les erugues no es quedin sense aliment. A les altes temperatures del terrari A, algunes de les erugues comencen a abandonar el niu; ja no el necessiten com a refugi. Algunes de les erugues d'aquest terrari han arribat al cinquè estadi, mesuren 24 mm, i baixen de les branques, en processó. Després de quatre dies, s'enterren per formar la crisàlide. Les del terrari B, fan 15 mm de longitud, i continuen menjant i creixent lentament. A l'habitacle C, en canvi, quasi no s'aprecia activitat; les larves que l'habiten mesuren 9 mm.

Figura 90. Les erugues del terrari A abandonen el niu.

Figura 91. Dispersió de la colònia en augmentar la temperatura.

El 12 de desembre separo les erugues del terrari A en dos grups: trasllado les que no s'han enterrat (erugues A) a un altre terrari, per continuar sotmetent-les a un increment gradual de temperatura en dies successius, i les que s'han enterrat (erugues A-II) les conservo a uns 27-28ºC per comprovar com evoluciona la seva metamorfosi.

Modifico de nou la temperatura. Llavors, els terraris A, B i C, es troben, respectivament, a 30ºC, 15ºC i 0ºC. Observo algunes diferències remarcables pel que fa al comportament de l'espècie: les erugues de l'habitacle A abandonen els nius, i algunes moren. D'altra banda, comprovo que les erugues d'aquest terrari fan 25 mm de longitud; les del B, 16 mm; i les del C, 9

mm. Les larves dels terraris A i B es troben al quart estadi i ara són fortament urticants. Al terrari C s'aprecia molt poca activitat i els insectes continuen al tercer estadi.

El 27 de desembre, altero la temperatura per penúltima vegada, sotmetent les erugues de la processionària del pi a 32-33ºC i –4ºC en els habitacles A i C, respectivament. En el primer cas, es produeix la mort de tots els individus: després de tres dies, cap eruga aconsegueix sobreviure. En el segon cas, observo que l'activitat ha cessat pràcticament; les erugues amb prou feines s'alimenten i algunes moren a causa d'aquestes condicions ambientals extremes.

El dia 3 de gener de 2011, modifico la temperatura per darrer cop. Sotmeto els insectes del terrari C a temperatures de –9ºC. Al cap de quatre dies, no es detecta cap indici d'activitat al niu; les erugues, en aquestes condicions, han mort. Mentrestant, les de l'habitacle B s'han anat desenvolupant, mesuren uns 18 mm i, ara, ja es troben a principis del cinquè estadi.

Finalment, el dia 12 de gener de 2011, comprovo que es produeix l'emergència de papallones en el terrari A-II, on un grup d'erugues es van enterrar quan la temperatura era de 27ºC (erugues A-II). Han estat sotmeses a aquesta temperatura des del 12 de desembre i han completat el procés de metamorfosi. Al llarg de tres dies, faig el recompte de 36 papallones (17 mascles i 19 femelles).

Figura 92. Papallones procedents del terrari A-II, sotmeses a 27 ºC.

Figura 93. Emergència de papallones al terrari A-II.

Després de remoure la terra del terrari A-II, descobreixo crisàlides i algunes papallones enterrades i completament desenvolupades que estaven a punt d'emergir del sòl.

Figura 94. Crisàlides enterrades a terrari A-II.

Figura 95. Papallona a punt d'emergir.

Així doncs, les erugues del terrari A-II han avançat considerablement el seu cicle respecte les que vaig capturar al bosc l'any anterior. De fet, a la natura les papallones emergeixen als mesos de juliol i setembre; mentre que, en l'experiència realitzada, han emergit durant el mes de gener (7 mesos abans).

A més a més, comparant les erugues del cinquè estadi del terrari B, amb les erugues del mateix estadi que vaig agafar del bosc quan vaig iniciar el treball de camp, constato, també, un avançament del cicle vital de les erugues d'aquest terrari, ja que han passat l'hivern en condicions més favorables, atès que sempre s'han mantingut a 15ºC.

Per tant, a partir dels esdeveniments observats als terraris A, A-II i B, queda demostrat el fet que una major temperatura, sense sobrepassar el límit letal superior de 32-33 ºC, escurça el cicle biològic de la processionària del pi, afavoreix el seu desenvolupament i permet un ritme de creixement elevat. Les erugues de l'habitacle sotmès a temperatura alta són les que han assolit una mida més gran en menys temps, i les que abans s'han enterrat. Aquesta experiència és una evidència més del fet que la processionària del pi es veu

afectada pel canvi climàtic: en augmentar la temperatura, s'accelera el seu cicle i la seva capacitat d'expansió. Si no es posa remei a l'increment de la temperatura global del planeta i, en un futur, desapareix el fred intens de l'hivern, la processionària del pi podria arribar a realitzar el seu cicle entre dues i tres vegades a l'any, provocant, així, greus problemes d'urticàries en humans durant tot l'any, matant molts pins i cedres de les masses forestals situades a altituds cada vegada més elevades, ja que no tindrien prou temps per recuperar-se dels danys, i causant greus desequilibris en els ecosistemes. No obstant això, les temperatures massa elevades no permeten el desenvolupament larvari. Si les papallones de la processionària del pi realitzessin la seva posta i les larves, en néixer, es trobessin en un ambient massa càlid (per sobre de 32ºC), es produiria la disgregació de la colònia i les erugues moririen.

Els resultats obtinguts al terrari C confirmen que les temperares baixes retarden el cicle vital d'aquest insecte i dificulten el seu desenvolupament. Per tant, els hiverns freds són un limitador natural de la proliferació d'aquesta espècie.

A continuació es presenta un quadre resum del comportament de l'animal a les diferents temperatures.

Període de temps	Temperatura i mida	Comportament de l'espècie en funció de la temperatura
[27/12/2010 – 31/12/2010] **Terrari A**	33ºC Mida: 25 mm	Mort de tota la colònia. Figura 96.
[12/12/2010 – 27/12/2010] **Terrari A**	30ºC Mida: 25 mm	Algunes erugues abandonen el niu. Moren alguns exemplars. Figura 97.
[21/11/2010 – 12/12/2010] **Terrari A**	27ºC Mida: 21 mm	S'alimenten activament. Evolucionen ràpidament. Un grup d'erugues s'enterra. Figura 98.

[30/10/2010 – 21/11/2010] **Terrari A**	25ºC Mida: 14 mm	S'alimenten i es desenvolupen bé. Figura 99.
[9/10/2010 – 30/10/2010] **Terrari A**	23ºC Mida: 10 mm	S'alimenten i creixen. Figura 100.
[20/9/2010 – 9/10/2010] **Terrari A**	20ºC Mida: 7 mm	S'alimenten i evolucionen. Figura 101.

[20/9/20010 – 8/1/2011] **Terrari B**	15ºC GRUP CONTROL 18 mm al final del cinquè estadi	Les erugues teixeixen la bossa-niu buscant el lloc més assolellat. S'alimenten i evolucionen a poc a poc. Figura 102.
[20/9/2010 – 9/10/2010] **Terrari C**	10ºC Mida: 7 mm	Les erugues teixeixen la bossa-niu. S'alimenten i evolucionen a poc a poc. Figura 103.
[9/10/2010 – 30/10/2010] **Terrari C**	7ºC Mida: 8 mm	Disminueix l'activitat. Poc creixement. Figura 104.

[30/10/2010 – 21/11/2010] **Terrari C**	5ºC Mida: 9 mm	Disminueix l'activitat. Figura 105.
[21/11/2010 – 12/12/2010] **Terrari C**	3ºC Mida: 9 mm	Poca activitat. No evolucionen. Figura 106.
[12/12/2010 – 27/12/2010] **Terrari C**	0ºC Mida: 9 mm	Moviments lents. No evolucionen. Figura 107.

[27/12/2010 – 3/1/2011] **Terrari C**	-4ºC Mida: 9 mm	Moren alguns exemplars. Figura 108.
[3/1/2011 – 8/1/2011] **Terrari C**	-9ºC Mida: 9 mm	Mort de tota la colònia. Figura 109.

11.5. Efecte de la lluminositat en el comportament de l'espècie

Al llarg de l'experiència realitzada amb la variació de la temperatura vaig recrear el dia i la nit. Duran el dia, l'habitació on estaven els terraris es mantenia il·luminada, per tal que tots els terraris disposessin de llum. Durant la nit, apagava el llum de l'habitació i tapava amb un mantell els terraris A i A-II (il·luminats per la làmpada que els donava calor), de manera que aquests habitacles es poguessin escalfar sense rebre llum i, així, mantenia totes les variables constants, assegurant-me d'aquesta manera que els resultats obtinguts derivaven de la variable independent que jo alterava (la temperatura).

A part de l'escalfor, també volia comprovar si la llum afectava el comportament de les larves. Durant una setmana vaig mantenir una colònia de processionària del pi a les fosques, tapant-la amb una tela. Passat aquest temps, vaig poder concloure que la lluminositat també afecta els hàbits de les erugues. Quan estaven a les fosques menjaven les 24 hores. D'aquí dedueixo que, si estiguessin sempre a les fosques i amb una temperatura ambiental adequada, el seu desenvolupament seria més ràpid.

Figura 110. Recreació de la nit.

11.6. Captura de mascles adults utilitzant trampes de feromones sexuals.

Per estudiar la població de la processionària del pi que hi havia en una massa forestal determinada vaig utilitzar trampes de feromones sexuals durant l'estiu. Em vaig proveir de dues trampes i de feromones sexuals de la processionària del pi, adquirides a través d'Internet. Quan va començar el bon temps, les vaig instal·lar en el bosc a raó d'una trampa per hectàrea.

- Situació de la primera trampa: N 41º 59.661' ; E 001º 59.219'
  Altitud: 654 m
  Nivell d'infestació: 2-3

- Situació de la segona trampa: N 42º 00.134' ; E 001º 59.754'
  Altitud: 714 m
  Nivell d'infestació: 2-3

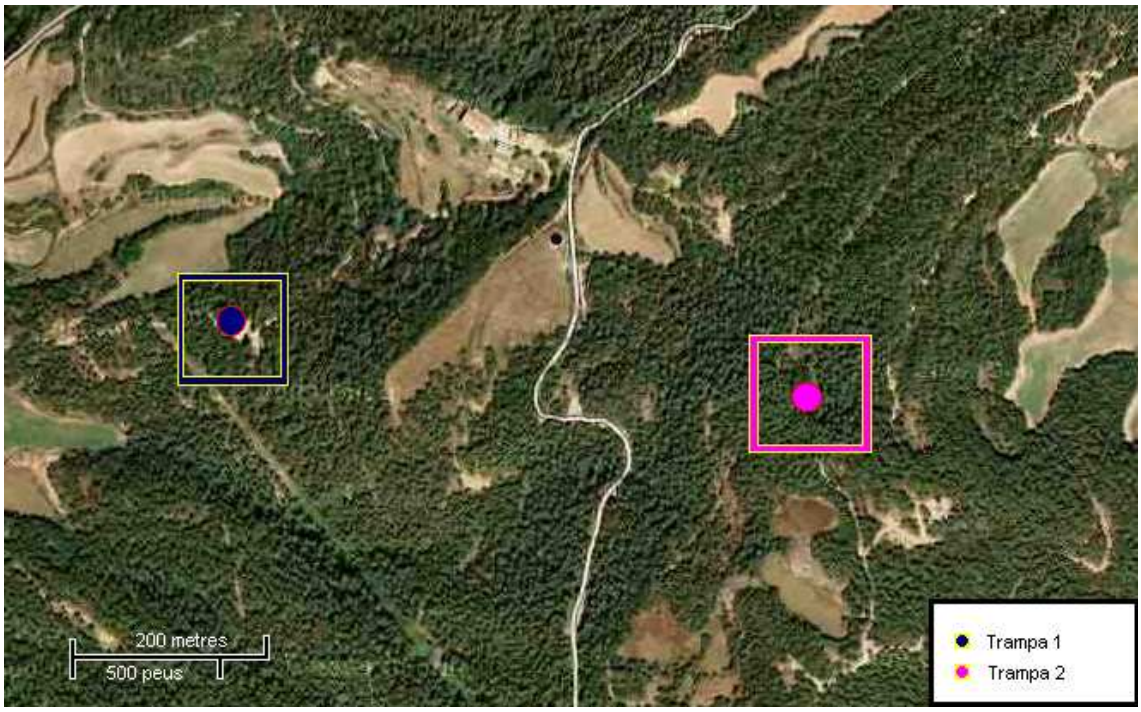


Figura 111. Imatge de satèl·lit on s'aprecia la situació de les trampes (cercle) i hectàrea en la qual fa efecte (quadrat).

Vaig triar aquestes zones perquè hi havia uns nivells d'infestació alts, adequats per a les trampes que volia posar. És a dir, a aquests nivell, les trampes haurien de ser efectives, atrapant papallones i disminuint els nivells d'infestació a l'àrea tractada.

Figura 112. Lloc on es col·loca la feromona "pityolure".

Figura 113. Trampa al bosc.

A continuació, em vaig disposar a fer un seguiment diari de les papallones atrapades a cada trampa, per poder elaborar-ne la corba de vol, a partir de la qual es pot determinar, aproximadament, el nombre d'erugues que naixeran de les postes d'ous; és a dir, amb aquest sistema, es pot predir la densitat de població de la pròxima generació de la processionària del pi. Aquest mecanisme de control també permet determinar el moment del naixement de les larves.

A la taula següent, apareix un registre de les captures realitzades al llarg de 49 dies successius, durant els mesos de juliol, agost i setembre de 2010.

Dia	Captura de papallones (captures / dia)	
	Tampa 1	Trampa 2
23-7-2010	0	0
24-7-2010	2	0
25-7-2010	1	0
26-7-2010	0	0
27-7-2010	1	0
28-7-2010	1	0
29-7-2010	1	0
30-7-2010	1	0
31-7-2010	0	0
1-8-2010	1	0
2-8-2010	3	0
3-8-2010	2	1
4-8-2010	7	0
5-8-2010	4	2
6-8-2010	7	0
7-8-2010	8	1
8-8-2010	6	2
9-8-2010	6	1
10-8-2010	6	2
11-8-2010	1	0
12-8-2010	1	0
13-8-2010	0	1
14-8-2010	0	0
15-8-2010	1	0
16-8-2010	1	0
17-8-2010	0	0
18-8-2010	2	2
19-8-2010	1	0
20-8-2010	0	0
21-8-2010	0	0
22-8-2010	0	0
23-8-2010	0	0
24-8-2010	2	0
25-8-2010	0	0
26-8-2010	0	0
27-8-2010	0	0
28-8-2010	0	0
29-8-2010	0	0
30-8-2010	0	0
1-9-2010	0	0
2-9-2010	0	0
3-9-2010	0	0
4-9-2010	0	0
5-9-2010	0	0
6-9-2010	0	0
7-9-2010	0	0
8-9-2010	0	0
9-9-2010	0	0
10-9-2010	0	0

Taula 5. Nombre de captures.

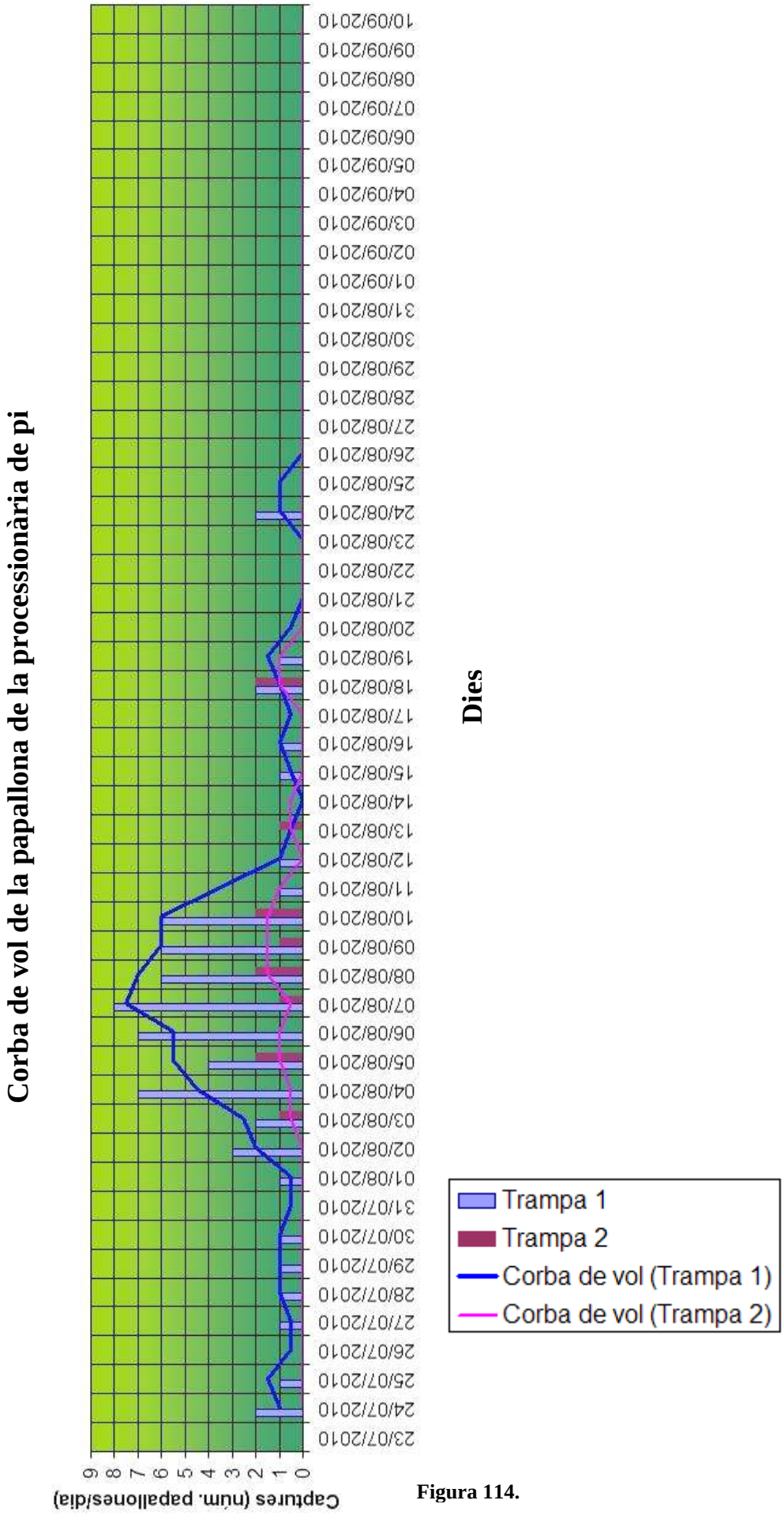

Corba de vol de la papallona de la processionària de pi
Dies
Captures (núm. papallones/dia)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10/09/2010
09/09/2010
08/09/2010
07/09/2010
06/09/2010
05/09/2010
04/09/2010
03/09/2010
02/09/2010
01/09/2010
31/08/2010
30/08/2010
29/08/2010
28/08/2010
27/08/2010
26/08/2010
25/08/2010
24/08/2010
23/08/2010
22/08/2010
21/08/2010
20/08/2010
19/08/2010
18/08/2010
17/08/2010
16/08/2010
15/08/2010
14/08/2010
13/08/2010
12/08/2010
11/08/2010
10/08/2010
09/08/2010
08/08/2010
07/08/2010
06/08/2010
05/08/2010
04/08/2010
03/08/2010
02/08/2010
01/08/2010
31/07/2010
30/07/2010
29/07/2010
28/07/2010
27/07/2010
26/07/2010
25/07/2010
24/07/2010
23/07/2010
Trampa 1
Trampa 2
Corba de vol (Trampa 1)
Corba de vol (Trampa 2)

Figura 114.

Com es pot observar al gràfic, les captures van variar al llarg de les setmanes. A la trampa 1, les primeres captures es van produir el 24 de juliol. En canvi, a la trampa 2, no va haver indicis d'activitat de mascles reproductors fins el 3 d'agost.

Figura 115. Trampa amb poques captures.

Figura 116. Trampa amb moltes captures.

Durant la setmana del 3 al 10 d'agost, es va enregistrar el nombre màxim de captures. Això ho podríem relacionar amb la temperatura al bosc, la qual havia estat força elevada durant aquells dies, amb una mitjana de 27ºC, per la qual cosa resultava idònia per al desenvolupament de les papallones, i garantia que, en eclosionar les postes, les larves poguessin sobreviure amb facilitat, llevat del cas que és produís un canvi molt brusc de temperatura.

La taula següent mostra les captures acumulades: cada dia es fa un recompte de totes les papallones atrapades i se li suma el nombre total de papallones captures en dies anteriors.

Dia	Captura de papallones (total acumulades)	
	Trampa 1	Trampa 2
23-7-2010	0	0
24-7-2010	2	0
25-7-2010	3	0
26-7-2010	3	0
27-7-2010	4	0
28-7-2010	5	0
29-7-2010	6	0
30-7-2010	7	0
31-7-2010	7	0
1-8-2010	8	0
2-8-2010	11	0
3-8-2010	13	1
4-8-2010	20	1
5-8-2010	24	3
6-8-2010	31	3
7-8-2010	39	4
8-8-2010	45	6
9-8-2010	51	7
10-8-2010	57	9
11-8-2010	58	9
12-8-2010	59	9
13-8-2010	59	10
14-8-2010	59	10
15-8-2010	60	10
16-8-2010	61	10
17-8-2010	61	10
18-8-2010	63	12
19-8-2010	64	12
20-8-2010	64	12
21-8-2010	64	12
22-8-2010	64	12
23-8-2010	64	12
24-8-2010	66	12
25-8-2010	66	12
26-8-2010	66	12
27-8-2010	66	12
28-8-2010	66	12
29-8-2010	66	12
30-8-2010	66	12
1-9-2010	66	12
2-9-2010	66	12
3-9-2010	66	12
4-9-2010	66	12
5-9-2010	66	12
6-9-2010	66	12
7-9-2010	66	12
8-9-2010	66	12
9-9-2010	66	12
10-9-2010	66	12

Taula 6.
Captures acumulades.

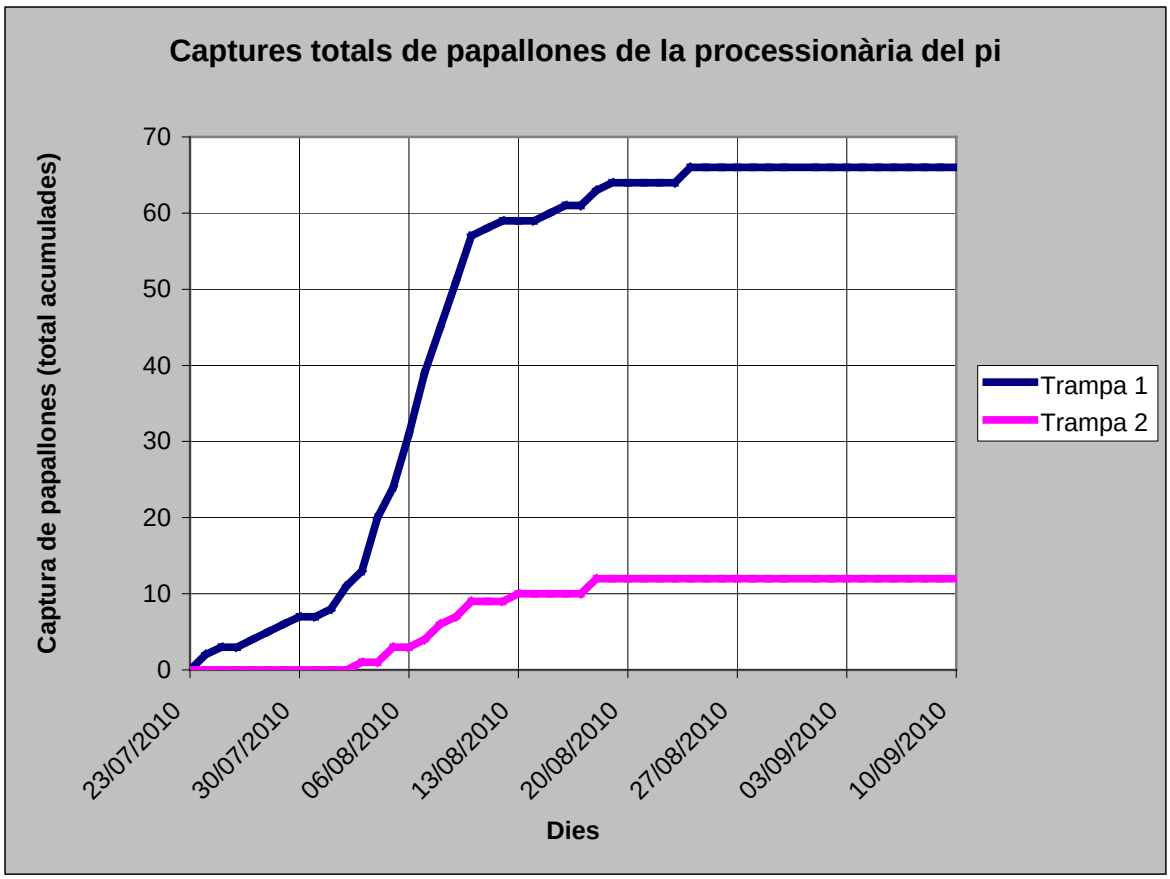


Figura 117.

El nombre total de captures de mascles reproductors de la processionària del pi va ser de 66, en la primera trampa; i de 12, en la segona. Aquesta gran diferència podria ser deguda a petites variacions pel que fa al grau d'infestació de les zones tractades i a valors tèrmics diferents en les dues àrees, atès que una és més càlida que l'altra, en rebre més hores d'insolació. La localització de les trampa dins la massa forestal també pot haver influït en els resultats de les captures, atès que, possiblement, la primera es va col·locar prop d'un punt d'emergència de papallones. A més, les diferències d'altitud entre les dues zones accentuen les diferències climàtiques entre una zona i l'altra.

Figura 118. Comptant les captures.

Figura 119. Total de captures.

A més de les papallones de la processionària del pi, a les trampes van quedar atrapats altres animals: mosques, vespes, formigues, aranyes, cigales, saltamartins i petites papallones d'altres espècies. Molts d'aquests animalons són depredadors de la processionària del pi en diferents estadis de la seva vida, la qual cosa explica que hi quedin atrapats. Altres espècies simplement són atrapades per accident.

Figura 120. Altres animals capturats.

A partir dels registres que vaig fer, vaig intentar deduir el moment del naixement de les noves erugues. Tenint en compte que les erugues neixen al cap d'un mes d'haver-se realitzat la posta, vaig calcular que l'eclosió dels ous tindria lloc cap a la segona setmana de setembre. Quan vaig anar al bosc, per comprovar si aquesta estimació era correcta, em va costar descobrir colònies amb erugues del primer estadi larvari, ja que les larves eren minúscules i la majoria de branques es trobaven molt amunt. De totes maneres, després d'observar diferents arbres, que havien estat afectats per la processionària del pi l'hivern anterior, vaig identificar algunes colònies primerenques. Per tant, vaig poder verificar la meva previsió. A principis d'octubre, vaig observar els primers nius a les branques dels pins. A mesura que anaven passant els dies, les

mateixes erugues anaven construint diferents bosses, buscant aliment i el millor lloc per teixir-hi el definitiu.

Tot i l'elevat nombre de papallones que havia atrapat, en el mateix arbre on estaven penjades les trampes hi havia noves colònies. Això posava de manifest que les trampes que havia col·locat no constituïen un mètode eficaç per reduir suficientment la població de la processionària en la massa forestal. A més, el nombre de bosses-niu no havia variat gaire respecte a l'any anterior en la mateixa zona. Per tant, puc concloure que les trampes de feromones sexuals no són suficients per controlar aquesta espècie en àrees grans que presenten un nivell d'infestació mig o elevat.

Figura 121. Fent el recompte diari de captures

11.7. Previsió de les dates de naixement de les erugues en funció de l'altitud

A partir de les dades obtingudes del procés de captura de mascles reproductors, mitjançant trampes de feromones sexuals, i amb l'orientació del Departament de Medi Ambient, vaig poder elaborar un gràfic, on es relaciona el nombre de colònies que es preveu que naixeran (a partir de les corbes de vol) i l'època d'eclosió dels ous de la posta, en funció de l'altitud de la zona forestal on es van capturar les papallones.

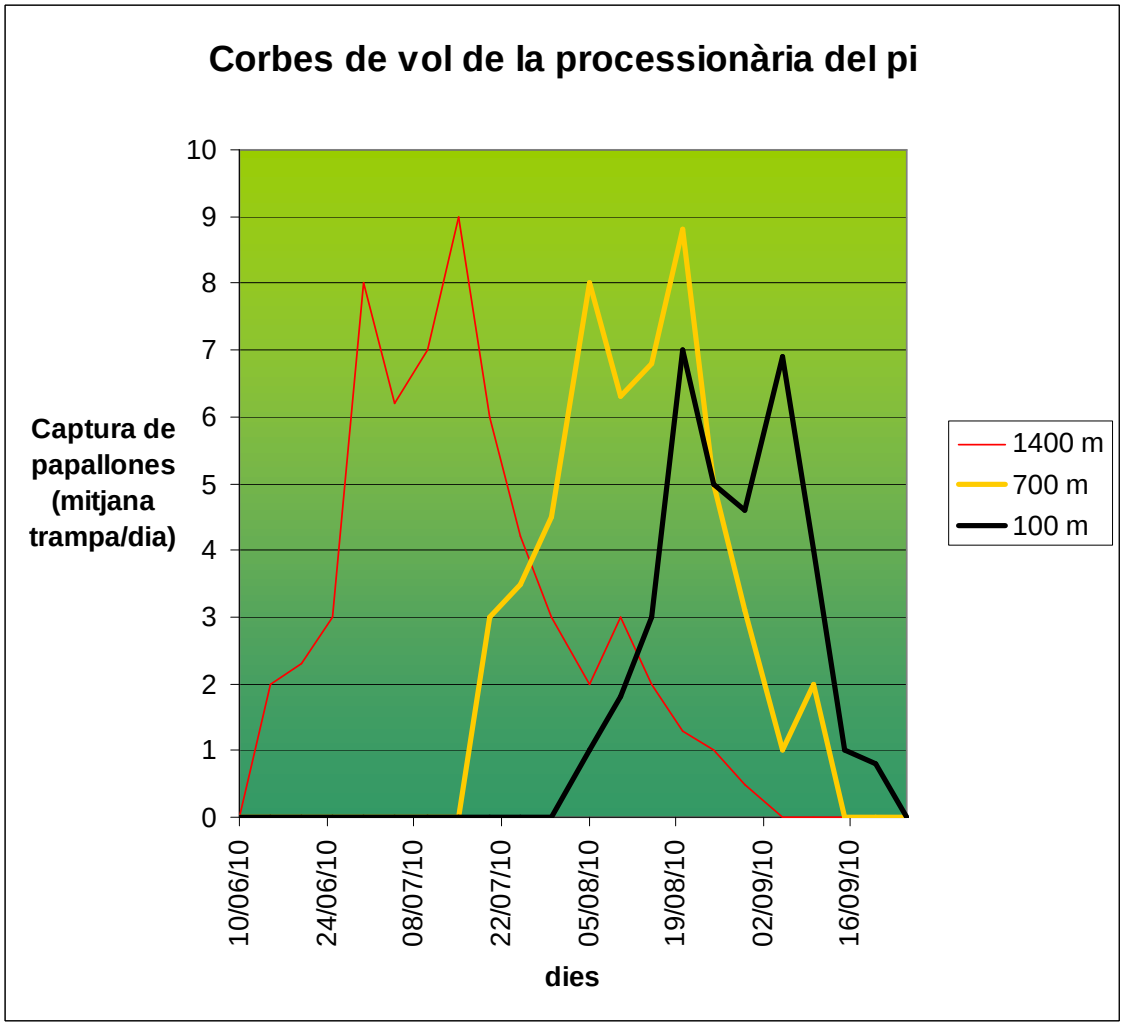


Figura 122. Corba de vol de la processionària del pi comparativa a 1400 m, 700 m i 100 m.

Tal i com es pot veure la figura anterior, no és estrany observar papallones de la processionària del pi a 1400 m durant el mes de juliol, mentre que, als 100 m, encara no s'ha capturat cap mascle reproductor a la mateixa època de l'any. Això està directament relacionat amb la temperatura a què es troben els indrets habitats per la processionària del pi. Les papallones han de pondre els ous, aproximadament, un mes abans que la temperatura descendeixi per sota els 30ºC, perquè, en cas contrari, les erugues no podrien sobreviure si neixen quan ja ha arribat el fred; és, per això, que a les zones fredes les papallones han d'emergir abans que a les zones càlides.

A partir d'aquest gràfic, també es pot preveure l'època aproximada del naixement de les noves erugues i, consegüentment, es pot determinar el moment adequat en què han de ser tractades les zones on l'espècie es pugui convertir en una possible plaga. Considerant que les erugues neixen un mes després de la posta, com s'ha comentat abans, es calcula que les erugues que es troben a 1400 m, naixeran cap al 15 d'agost; les que es troben a 700 m, cap el 15 de setembre; i les que es troben a 100m, cap el 25 de setembre.

11.8. Entrevista a Mariano Rojo, Tècnic del Servei de Sanitat Vegetal

Nom: Mariano Rojo Sanz
Càrrec: Tècnic del Servei Vegetal
Sector: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Gestió forestal

Data de l'entrevista: 18-8-2010

1. Quina és la seva tasca en el pla de prevenció i control de la processionària del pi a Catalunya?

Sóc coordinador de la campanya de seguiment i control de la processionària del pi a Catalunya, planificant i delimitant les zones objecte de tractament, els productes a utilitzar i les dosis d'aplicació. També mantenim la coordinació amb ajuntaments i altres entitats públiques.

2. Actualment, la població de processionària del pi es pot considerar una plaga a Catalunya? I als anys anteriors?

La processionària del pi no és una plaga que afecti tot Catalunya. Si és cert que, en els últims anys, l'espècie està afectant zones en què no s'havia registrat la seva presència anteriorment. Però no podem generalitzar, hi ha molts boscos en què la processionària habita en nivells d'equilibri sense provocar danys importants a la massa forestal. Es necessita un desequilibrador perquè es produeixi una plaga; així, com per exemple, en zones on hi ha hagut factors ambientals que han afavorit l'espècie, com ara hiverns molt suaus, es detecta un augment de la seva presència. Llavors, en aquestes àrees més afectades, realitzem tractaments per controlar-la. Ara bé, s'ha de tenir present que en cap cas pretenem eliminar-la. De fet, la processionària del pi, tot i els danys que causa, és necessària per al bon funcionament de l'ecosistema. És un animal autòcton de la zona mediterrània i si l'eliminéssim desapareixerien molts altres insectes que són beneficiosos.

3. Com s'estudien les poblacions?

El Departament de Medi Ambient distribueix al llarg de tot el territori català trampes de feromones sexuals, les quals es van revisant periòdicament i comptant, d'una en una, les captures realitzades a cada trampa. Això, ens permet preveure d'una forma aproximada la població de processionària que hi haurà en una zona determinada, estudiar les corbes de vol i fer un seguiment exhaustiu de les zones amb més perill d'afectació. Sovint també es porten a terme aquests seguiments en col·laboració amb altres comunitats autònomes.

4. A Catalunya quins són els arbres més afectats per la plaga? La processionària del pi provoca la mort dels arbres o únicament els debilita?

A Catalunya, afecta sobretot els pins i cedres adults, les erugues provoquen la disminució del creixement, els debiliten i això permet que els insectes perforadors ataquin el mateix arbre. Afecta els pins autòctons com el rojalet i la pinassa, però també arbres procedents d'altres indrets com el pi insigne i el pi canari. La processionària, per ella sola, no acostuma a matar els arbres, sinó que els predisposa a quedar afectats per altres paràsits o malalties.

5. Quines són les zones més afectades a Catalunya?

Les comarques més afectades a Catalunya són les ocupades per *Pinus nigra* (pinassa) i *Pinus sylvestris* (pi roig), principalment a la Cerdanya, l'Alt Urgell, Pallars Jussà, Solsonès, Berguedà, Bages, Osona i plantacions d'espècies de creixement ràpid a les comarques de La Selva i Gironès. També se solen fer tractaments sobre superfícies de *Pinus halepensis* (pi blanc), a la zona litoral, perquè són zones molt freqüentades pel públic.

6. Quines dades o índexs indiquen que la població de processionària del pi constitueix una plaga en una àrea concreta? Com es fa la diagnosi del grau d'infestació?

Quan es detecten zones amb un alt índex de defoliació en pins i cedres, en els quals la processionària del pi és present, qualifiquem l'espècie com a plaga en aquella àrea. Llavors, en primer lloc, marquem en mapes d'escala 1:50.000 les zones amb un major atac de la processionària del pi i en cada una d'aquestes zones fem una sèrie de valoracions. S'indica el tipus de bosc, (si és un bosc natural, una repoblació i les espècies que es veuen afectades) i el grau d'infestació, segons la quantitat de bosses que s'observin a la massa forestal. Com més bosses es detecten als vorals del bosc i al centre de la massa forestal, més elevat és el grau d'afectació.

7. Quins mètodes de control de la processionària del pi s'utilitzen?

Segons el nivell d'infestació, elegim un mètode d'actuació o un altre. En zones urbanes, on la plaga pot provocar greus problemes de salut a la població, utilitzem canons terrestres per polvoritzar l'àrea afectada, col·loquem caixes-niu per protegir els seus depredadors o extraiem les bosses amb unes perxes dotades d'eines de tall. La diferència principal entre aquestes actuacions i les que es realitzen sobre un bosc, per exemple, radica en el fet que, en el primer cas, acostumem a trobar-nos un nombre reduït d'arbres afectats, dels quals hem d'eliminar les bosses per evitar urticàries; en canvi, en el bosc la processionària del pi prolifera més fàcilment, tal com ha de ser, tot i que, a vegades, a uns nivells excessius. Quan ens trobem amb aquests casos, hem d'actuar per evitar danys importants.

Si la plaga encara es troba en uns nivells baixos, optem per les trampes de feromones o el tractament amb balins insecticida. Quan la plaga comença a ser preocupant, i ens arrisquem al desequilibri de l'ecosistema, ens decantem per a uns altres mètodes: insecticides microbiològics, inhibidors del creixement, piretroides sintètics, etc. Aquests productes, tot i que, en alguns casos, afecten la biosfera, són molt efectius per controlar la plaga de la processionària del pi.

8. Es tracten totes les àrees infectades?

No es tracten totes les zones, només actuem en aquells casos en què la processionària del pi és considerada una plaga. Si no es produeix algun succés que desequilibri a l'ecosistema, acostumem a fer actuacions cada 5 o 10 anys. Fins ara, es creia que la diapausa de la processionària durava un màxim de cinc anys, però, actualment, s'ha vist que pot durar més temps. Això, dificulta les tasques de control, ja que no sabem en quin moment deixaran d'estar en aquest estat de letargia i emergiran a la superfície. Així, ens podem trobar que tractem una àrea un any en què els nivells de plaga no siguin gaire elevats, i moltes papallones emergeixin en anys posteriors, de manera que els tractaments realitzats ja no afectin les erugues. Així doncs, potser haurem de realitzar un altre tractament en aquesta zona en un curt període de temps. Per tant, no podem dir que tractem una àrea determinada cada cert nombre d'anys, sinó que depèn de l'emergència de les papallones.

9. Quina és el cronograma d'actuacions per tal de controlar l'espècie al llarg de l'any?

Durant els mesos de tardor i hivern, quan les erugues es troben als nius, procedim a la talla i destrucció de bosses, i recorrem a mètodes químics per matar el màxim d'exemplars possibles, utilitzant sistemes d'ultra baix volum. Com més aviat fem els tractaments, menys defoliacions hauran causat les erugues als pins.

A principis d'estiu s'instal·len les trampes de feromones sexuals, a raó d'una per hectàrea. Des del moment en què les papallones emergeixen del terra, que varia en funció de l'altitud de la zona, podem elaborar corbes de vol, realitzar un estudi estadístic del nombre d'adults reproductors per hectàrea. Si la zona és poc infectada, les trampes també serveixen com a mètode de control de l'espècie.

10. Quins factors ambientals afecten les poblacions de processionària de pi?

Hi ha diversos factors que l'afecten i fan variar les poblacions al llarg dels anys: les precipitacions, els incendis, els enemics naturals, el clima, etc.

11. Després d'un incendi o d'un any de sequera, com varien els nivells de població de la processionària del pi?

Si aquests es produeixen a principis d'estiu, moment en què moltes papallones encara no han emergit dels sòl, l'espècie no es veurà afectada perquè encara no s'hauran produït les postes als pins. Llavors, quan surtin les papallones, pondran els ous en els pins que no han resultat cremats o afectats per una forta sequera i l'espècie continuarà proliferant. Un cas diferent és dóna quan un incendi es produeix a finals d'estiu; és en aquestes circumstàncies que els focs afecten greument l'espècie. A finals d'agost i principis de setembre, la majoria de les postes de la processionària del pi ja han estat realitzades. Així doncs, en cremar-se la zona, es cremen també les postes i s'eradica aquesta espècie en la zona afectada pel foc.

Aquest efecte dels incendis es pot apreciar, fàcilment, en els importants focs de l'any 1994. El 4 de juliol d'aquell any, va començar la propagació d'un incendi que va afectar bona part de les comarques catalanes, entre elles el Berguedà i el Bages. Donat que en aquell moment la majoria d'exemplars de la processionària del pi es trobava encara a la seva fase de crisàlide, una gran part de la població no va quedar afectada pel foc.

El grau de supervivència de les crisàlides va dependre de les característiques de l'incendi i de cada zona. Degut a aquest fet, les papallones que van néixer durant aquell mateix any van concentrar les seves postes en els pocs pins que van quedar vius, tant en les clapes de bosc semicremades, com als voltants de l'incendi. A més, cal tenir en compte que a les comarques del Bages i el Berguedà, abunden les espècies *Pinus nigra* i *Pinus sylvestris*, més susceptibles als atacs de processionària que altres espècies de pins.

És per això, que a diverses zones afectades per l'incendi es van produir forts atacs de la processionària, la qual cosa va fer necessaris els tractaments aeris a la tardor dels anys 1994 i 1995, sobre un total de 7.800 hectàrees (2.600 ha al Bages i 5.200 ha al Berguedà). Aquell any, el Servei de Protecció dels Vegetals (SPV) va gastar tot els diners de què disposava, que no n'eren molts, per tractar les clapes de bosc que havien quedat sense cremar-se i els voltants de l'incendi. Totes les papallones que emergien del sòl havien de pondre els ous en aquestes zones. Al llarg de l'any 1994, després de l'incendi, es van trobar petits pins amb més de 100 i 150 postes que van esdevenir objectiu de tractament obligatori durant aquell any.

A les zones de clima litoral (Sant Jaume dels Domenys, Vespella de Gaià, El Perelló, el Maresme...) la majoria d'incendis de l'any 1994 es van produir a finals d'estiu, moment en què les papallones ja havien emergit del terra, per la qual cosa les seves postes van quedar destruïdes pel foc. Aquest fet va provocar que no nasquessin més poblacions de processionària durant els anys posteriors i que altres espècies, que fins llavors no eren cap plaga, s'hi convertissin.

El bosc s'equilibra per si mateix, però entre les zones cremades i els indrets amb pins aïllats que no han quedat afectats, cada vegada és més difícil que es produeixi aquesta autoregulació. Per exemple, a Olvan, Sagàs i Santa Maria de Merlès es va realitzar un tractament per al control de la processionària l'any 1979 i, gràcies a aquesta mateixa regulació del bosc, el SPV va passar uns 10 anys sense tractar la zona. Actualment però, amb la construcció de carreteres i edificis s'està induint a l'aïllament de zones de bosc petites que afavoreixen la proliferació de la processionària del pi. Quan el bosc és gran i té diversitat d'espècies vegetals, està més equilibrat i protegit.

12. I després d'un any plujós i humit?

Després d'un any plujós i humit, la població de processionària activa és menor. Això no vol dir que amb les pluges aquests animals es morin, sinó que es mantenen en la diapausa característica. Quan troben les condicions ideals, les

papallones emergeixen del terra per continuar el seu cicle. Com més seca és la temporada de gener a juny, més aviat surten del sòl.

13. Se solen fer estudis climàtics i biològics relacionats amb la processionària del pi?

Cada any, atenent a la distribució i la intensitat de les bosses, durant els mesos de febrer i març es realitza una valoració amb cinc nivells o graus d'infestació per tenir una idea de les zones susceptibles de tractament. Degut a l'increment de les temperatures, hem pogut comprovar, alguns anys, que la processionària ha ocupat zones per sobre dels 1.400 metres d'alçada on normalment, a Catalunya, no hi constituïa plaga, i hi hem hagut de fer algunes actuacions.

14. El canvi climàtic està fent variar el comportament de l'espècie?

Cada vegada sembla més evident que això és així. Hem registrat exemplars que han variat el seu comportament. Amb l'augment de la temperatura que s'ha produït en els últims anys, s'accelera el cicle biològic de l'espècie i les erugues descendeixen més aviat que en anys anteriors.

A més, aquest augment de la temperatura permet a l'espècie arribar a altituds més elevades. Anys enrere, era quasi impossible trobar aquests animals a altituds de 1.800 metres; ara, en canvi, no només en trobem a aquestes altituds sinó que, curiosament, està començant a afectar altres espècies de pins, com el *Pinus uncinata* (pi negre).

15. En la lluita contra la plaga quines entitats hi estan implicades (Departament de Medi Ambient, Consell Comarcal, Ajuntaments...)?

Des del Departament de Medi Ambient ens ocupem del tractament de la massa forestal pública. En el cas de les finques particulars, són els propietaris els responsables de comunicar la presència d'una possible plaga. Aquests es reuneixen i signen un conveni amb el Consell Comarcal, el qual ens informa, si cal, de les àrees que s'han de tractar.

16. Quantes hectàrees han estat tractades en els últims anys a Catalunya? Quantes hectàrees es preveuen tractar aquest any?

Els darrers anys hem tractat entre 9.500 i 13.000 ha per any. Aquest any es tractaran 11.500 ha (9.500 ha amb avió i 2.000 ha amb helicòpter).

17. Quina despesa econòmica anual comporta la lluita contra la processionària del pi a Catalunya?

Aquesta despesa és variable atenent als nivells d'infestació; sol oscil·lar entre 200.000 i 350.000 € per a tot Catalunya.

18. Quines dificultats troben en les diferents intervencions de control i prevenció?

No ens trobem amb masses dificultats, però sovint passa que hem d'ajornar un tractament per culpa del vent, perquè pot dispersar els pèls urticants cap als operaris, tot i que aquests han d'anar degudament protegits. També, en el cas de la polvorització aèria s'han de tenir en compte els corrents d'aire, sinó ens arrisquem a tractar àrees sanes o poblades.

Pel que fa a la prevenció, ens trobem amb algunes dificultats a l'hora d'informar a la població del fet que la processionària del pi pot ser perjudicial per a la salut. Hi ha força desconeixença de l'espècie. Per això, realitzem campanyes de prevenció i sensibilització, repartim fulletons en escoles, fem xerrades en ajuntaments, etc.

11.9. Fumigació aèria

En veure que les trampes de feromones sexuals no eren suficients per controlar la plaga en una zona forestal relativament petita, vaig voler conèixer un mètode més efectiu. Em vaig tornar a posar en contacte amb el Departament de Medi Ambient per demanar si hi havia alguna possibilitat d'estar present en alguna de les fumigacions aèries que realitzessin. Hi van accedir, i em van citar el dia 21 d'octubre de 2010.

Tot el procés comença en un aeròdrom, on l'avioneta que fumiga és carregada amb el combustible. Vaig anar a l'aeròdrom de La Llavinera, prop de Calaf. Allà, diferents tècnics estaven realitzant les mescles de productes que carregarien a l'avioneta.

Utilitzaven dos tractaments, l'un amb l'insecticida microbiològic a base de *Bacillus thurigensis var. Kurstaki*, i un altre, amb inhibidors de quitina. En el moment de la visita, estaven tractant amb el segon. Tècnics de l'empresa Forestal Catalana, equipats amb guants, granota i mascareta, mesclaven Dimilin 45 ODC amb oli parafílic.

Figura 123. Realitzant la mescla de productes.

Un cop realitzada la inspecció tècnica de l'aparell, es va carregar amb la mescla. A continuació, l'avioneta es va dirigir cap a l'àrea on havia de fer el tractament, seguint les indicacions dels tècnics que, des de terra, assenyalaven la zona concreta a tractar.

Després ens vam dirigir cap a una altra de les zones que calia tractar aquell dia, prop de Castelladral (Bages). Allà, em vaig trobar amb un altre tècnic de Forestal Catalana, en Leonardo López de Hierro, i un tècnic de prevenció de riscos laborals que avaluava si estàvem o no exposats a riscs. El primer, em va anar explicant el procés que seguien; era ell qui donava les ordres al pilot de l'avioneta. Aquell dia es tractaven unes 3.000 hectàrees de bosc amb un nivell d'infestació 3-4, en aquella zona. Hi havia un cert corrent d'aire, fet que el pilot havia de tenir present, ja que si era massa intens no tractaria les zones marcades.

Des del lloc elevat on ens trobàvem, vaig poder observar com l'avioneta, gràcies als mecanismes que té a les ales, deixava anar el producte. L'insecticida s'aplicava en una concentració de 3 L/ha en la massa forestal. De mica en mica, s'anava filtrant cap al bosc, on impediria, al cap de pocs dies, el creixement de l'exosquelet de quitina de la processionària del pi. En unes tres hores, aproximadament, van acabar de tractar la zona. Seguidament passarien a tractar una zona molt més petita, de 200 hectàrees, cap a Pinós (Berguedà).

Figura 124. Tractament aeri amb avioneta.

Abans, però, vaig tenir l'oportunitat de realitzar una petita entrevista a l'assistent de camp per a la realització de treballs aeris.

11.10. Entrevista a Leonardo López de Hierro, tècnic de Forestal Catalana

Nom: Leonardo López de Hierro
Càrrec: Assistent de camp per a la realització de treballs aeris
Sector: Forestal Catalana

Data de l'entrevista: 21-10-2010

1. Es realitza la ubicació GPS de les colònies per al posterior control i tractament?

En el moment que localitzem una zona afectada, la ubiquem amb un GPS per poder realitzar posteriorment les tasques de control. Fins fa relativament pocs anys, aquestes feines comportaven moltes més complicacions. Jo recordo que, quan havíem de tractar una zona amb l'avioneta o l'helicòpter, necessitàvem reunir tota una colla de gent que ens ajudés. Els donàvem un banderí o un globus i els fèiem anar a una zona determinada. Cada cop que passava l'avioneta havien de desplaçar-se uns determinats metres. Així el pilot veia una zona delimitada on havia de polvoritzar. Ara això seria impensable. Com veus, el GPS ens ha facilitat molt la feina!

2. El tractament microbiològic a base de *Bacillus thurigiensis var. Kurstaki* té algun efecte nociu en altres organismes o sobre el medi ambient?

No, en absolut, aquests tipus de tractaments són selectius i no produeixen cap efecte nociu a les altres espècies.

Figura 125. Realitzant l'entrevista. A l'esquerra, Leonardo López de Hierro.

3. I els tractaments químics que utilitzen inhibidors de creixement o piretroides sintètics?

Aquests, poden produir alguns efectes perjudicials en el medi. S'han trobat casos de fauna morta, dels quals són els responsables aquests productes. També ens hem trobat, a vegades, casos de gent que ha anat a buscar bolets en una zona tractada recentment i que ha quedat intoxicada per aquests productes. De totes maneres, no sabem fins a quin grau poden afectar, per exemple, els ramats d'ovelles o de vaques que pasturen per aquestes zones.

4. Alguns apicultors creuen que els tractaments químics i microbiològics poden tenir efectes perjudicials sobre els ruscos d'abelles. S'ha fet alguna avaluació d'aquest possible perill?

Sí, és cert que els tractaments químics poden afectar els ruscos d'abelles. És per això que, sempre que s'ha de realitzar un tractament en una zona dedicada a la cria d'abelles per a l'obtenció de mel, s'avisa prèviament a l'apicultor perquè tapi les caixes on hi ha els ruscos. D'aquesta manera, evitem problemes.

5. A l'hora de realitzar un tractament químic o microbiològic, en quins casos s'opta per la polvorització terrestre amb canons de baix volum o la fumigació massiva aèria?

Utilitzem la polvorització terrestre per tractar zones d'àmbit públic, refugis, àrees recreatives, etc., en què necessitem eliminar l'espècie de la zona per evitar l'urticària que pot produir sobre les persones i els animals. En canvi, fem ús dels tractaments aeris per actuar sobre grans masses forestals afectades per la plaga, a les quals sovint ens seria difícil accedir-hi per fer un tractament terrestre.

6. Es fa una anàlisi mitjançant SIG (sistema d'informació geogràfic) dels resultats del tractament aeri contra la processionària del pi?

Sí, a l'hora de realitzar els tractaments fitosanitaris es compta amb el SIG, que després de diferents càlculs i informes, determina les zones en què s'ha d'actuar, incloent zones que potser en aquell moment no estan afectades per la plaga, però que són un possible focus d'infestació en els propers anys. Posteriorment, la informació recollida sobre les hectàrees tractades serà de gran utilitat a l'hora de proposar futures actuacions i comprendre la dinàmica de les poblacions de la processionària del pi.

12. CONCLUSIONS

A hores d'ara, un cop finalitzada la recerca experimental, puc afirmar que l'experiència viscuda m'ha permès descobrir un insecte defoliador, gregari i sorprenent que, gràcies a les diferents fases dels seu cicle vital, és capaç de fer front al fred de l'hivern i sap aprofitar, com cap altre, les condicions ambientals favorables per reproduir-se i colonitzar nous hàbitats. La processionària del pi és un insecte pelut i molest, que cal controlar, mantenint les seves poblacions en un nivell tolerable, però, alhora, totalment necessari per mantenir l'equilibri de l'ecosistema.

En començar aquest treball, vaig plantejar unes hipòtesis que han estat el fil conductor per portar a terme la recerca bibliogràfica i el treball de camp. Després de finalitzar la investigació, arriba el moment de revisar les hipòtesis inicials i corroborar-les o no a partir de tots els coneixements que he anant adquirint i dels resultats obtinguts a la part pràctica d'aquest estudi.

- *Hipòtesis 1: L'espècie s'ha convertit en una plaga a Catalunya i no es disposa dels mitjans suficients per eradicar-la.*

És cert que, en algunes zones de Catalunya, aquest animal ha esdevingut una plaga, com a conseqüència d'alguns desequilibris en molts dels nostres boscos, fruit de les accions humanes, com ara la repoblació amb espècies vegetals susceptibles a l'atac de la processionària del pi, els incendis provocats, la fragmentació de les masses forestals com a conseqüència de la construcció de carreteres, l'increment de la temperatura global per acumulació de gasos amb efecte hivernacle a l'atmosfera, o bé, fruit de factors climàtics que varien d'un any a un altre, com ara la escassetat de precipitacions. Tots aquests factors, entre d'altres, afavoreixen la seva proliferació.

La segona part d'aquesta hipòtesi no es pot corroborar, ja que el Departament de Medi Ambient podria eliminar l'espècie de tot el territori català, tractant tota

la massa forestal durant un període de poc més de 6 o 7 anys, tenint en compte que molts exemplars de la processionària del pi entren en diapausa durant un període de 2 a 5 anys, per la qual cosa poden emergir papallones a partir de les crisàlides en letargia, provocant infestacions sobtades, fins i tot, en pinedes que han estat tractades recentment. Això dificulta el control de la processionària, però no el fa impossible. En realitat, no interessa fer desaparèixer aquest insecte del medi natural perquè és una espècie autòctona que forma part de la xarxa tròfica del bosc, essent depredat per molts altres animals que no comporten cap amenaça, com ara formigues, cigales, aus insectívores, etc. Cal, doncs, controlar els nivells de la població de la processionària del pi, fins a mantenir-la en uns nivells acceptables que no comportin danys importants als pins, per defoliació excessiva. Per això, sempre es fa una avaluació del grau d'infestació de la zona forestal afectada a fi d'aplicar el mètode de control més adient

- *Hipòtesis 2: La processionària del pi provoca al·lèrgies i altres malalties.*

És un fet incontestable que la processionària del pi pot provocar afeccions a la pell i les mucoses. Del tercer fins al cinquè estadi larvari, la processionària del pi disposa de dards o espícules urticants (amb la proteïna al·lergògena taumatopeïna), que es dispersen fàcilment quan les erugues s'agiten, sobretot si fa vent. En els mamífers, l'exposició a aquestes espícules provoca urticàries i altres processos inflamatoris locals com ara conjuntivitis, dermatitis, problemes respiratoris, etc. Si es produeixen exposicions reiterades, poden tenir lloc processos al·lèrgics greus, per hipersensibilització, que poden requerir hospitalització. El col·lectiu més afectat correspon als treballadors que estan en contacte amb els pins, de forma continuada, com ara els pinyoners i els llenyataires, o les persones que viuen a les proximitats de les pinedes. És important controlar les infestacions dels parcs i jardins a fi d'evitar problemes urticants o al·lèrgics en la població. Com a prevenció, cal evitar l'exposició a les colònies d'erugues i prendre les mesures de seguretat necessàries, com ara la utilització de guants, ulleres i mascareta, en cas de treballar o viure en zones

properes a les pinedes afectades per la plaga. La processionària no ocasiona afeccions urticants en els dos primers estadis larvaris, ni en les fases de crisàlide i papallona.

- *Hipòtesis 3: Sense els mecanismes de control adients, la processionària del pi provoca importants danys al bosc i comporta pèrdues econòmiques.*

Aquesta hipòtesi també és certa, tot i que només en el cas que la processionària del pi constitueixi una plaga. Mentre els nivells de població d'aquest insecte es mantinguin en una proporció adequada, els danys causats per les erugues no comporten greus perjudicis a la massa forestal.

Les experiències realitzades al treball de camp, m'han aportat proves suficients per concloure que 4 o 6 colònies d'erugues de la processionària del pi, en un mateix arbre, són suficients per desfullar-lo totalment. El procés de defoliació debilita l'arbre, esdevenint més susceptible a l'atac d'altres insectes, com ara els perforadors, que acaben matant el pi.

D'altra banda, no hi ha cap dubte que un nivell elevat d'infestació comporta pèrdues econòmiques. Així, per exemple, en les pinedes destinades a la recol·lecció de pinyons, baixa la producció, o bé resulta impossible la tasca de recollida pels efectes urticants de les espícules de les erugues; les àrees forestals afectades perden atractiu turístic; molts treballs silvícoles, com ara la poda, la neteja de boscos i les repoblacions, no es poden portar a terme quan la presència d'erugues comporta problemes per a la salut dels treballadors. D'altra banda, l'èxit de les repoblacions amb arbres joves es pot veure compromès en cas que la defoliació superi la capacitat regeneradora del bosc. Finalment, cal tenir en compte el cost de les actuacions de control i lluita contra la processionària que realitza el Servei Forestal cada any, a les zones amb un grau d'infestació important.

- *Hipòtesis 4: Les variacions de la temperatura afecten el desenvolupament, el comportament de les larves i la durada del cicle vital.*

Com he pogut comprovar experimentalment, la temperatura influeix en el desenvolupament i l'activitat de les larves. Les erugues sotmeses a temperatures baixes, s'alimenten poc, són menys actives i el seu cicle vital evoluciona lentament o fins i tot s'atura, arribant a morir tota la colònia quan s'assoleix un valor tèrmic de –12ºC aproximadament. Concretament, en el meu experiment, les colònies van morir a – 9ºC. En canvi, en condicions d'alta temperatura, sense superar el valor límit letal de 32ºC, les erugues creixen més i es desenvolupen ràpidament, ja que es produeix una acceleració del cicle biològic. A la natura, s'ha comprovat que, en hiverns freds, el cicle de la processionària del pi s'allarga, ja que les crisàlides poden passar molt de temps en diapausa; en canvi, als hiverns càlids, el cicle s'escurça. A més, si arribés a desaparèixer el fred de l'hivern, l'augment de la temperatura podria provocar que la processionària del pi passés de tenir un cicle biològic anual a tenir-ne dos, o fins i tot més, tal com s'ha demostrat en l'experiència realitzada al llarg d'aquest treball de camp. Tenint en compte els efectes del canvi climàtic, es pot concloure que les defoliacions causades per aquest insecte sobre la massa forestal passaran de ser poc importants, o fàcilment controlables, a ser preocupants si s'accelera el cicle a causa de l'augment de la temperatura.

- *Hipòtesis 5: Un augment de la temperatura en l'ambient permet la proliferació de la processionària del pi en estrats forestals situats per sobre de 1400 m sobre el nivell del mar, on fa 25 anys, a causa d'un clima més fred, no causava defoliacions importants als pins.*

A partir de la recerca bibliogràfica i experimental, s'arriba a la conclusió que un augment de la temperatura afavoreix l'expansió de l'espècie; per tant, es corrobora aquesta hipòtesi. Atès que la temperatura global del planeta augmenta progressivament, la població de la processionària del pi es desplaça cap a les zones d'altitud creixent, on la temperatura ja no és un factor limitant i

pot proliferar en llocs, on fins fa pocs anys, no es tenia constància de la seva presència perquè el fred impedia el seu desenvolupament. El canvi climàtic és, per tant, el responsable de l'expansió de la plaga, l'acceleració del cicle biològic i la infestació d'estrats superiors a 1400 m.

Per evitar, doncs, que aquesta espècie causi greus problemes sobre els ecosistemes, caldrà intentar frenar l'augment global de la temperatura. Només reduint l'ús de combustibles fòssils, utilitzant energies renovables, produint menys residus, reciclant i reutilitzant podrem evitar l'escalfament del planeta i la proliferació de la processionària del pi, així com d'altres insectes perjudicials, a nivell de plaga.

- *Hipòtesis 6: La processionària del pi és un bon bioindicador dels efectes del canvi climàtic sobre els ecosistemes.*

A partir de les observacions realitzades durant el seguiment del cicle vital en dues generacions de la processionària del pi, puc verificar aquesta hipòtesi. Aquest insecte, presenta un cicle vital anual, molt dependent de la temperatura, que permet detectar qualsevol canvi pel que fa al comportament, desenvolupament o expansió de l'espècie, fent un estudi comparatiu de diverses generacions successives. Per tant, és un excel·lent bioindicador dels efectes del canvi climàtic sobre les comunitats naturals, ja que permet registrar, en poc temps, l'efecte que l'augment de temperatura ocasiona en la dinàmica de les poblacions.

- *Hipòtesis 7: Hi ha mètodes de control efectius, com ara les trampes amb feromones sexuals i les fumigacions amb insecticides selectius.*

Aquesta hipòtesi no es pot corroborar totalment, perquè a partir de l'anàlisi de l'eficiència de les trampes de feromones que vaig instal·lar en el bosc, vaig poder comprovar que només resulten efectives per controlar la població de la processionària del pi en àrees forestals petites amb un nivell baix d'infestació.

En boscos molt extensos i greument afectats, aquestes trampes només són útils per elaborar gràfiques de la corba de vol de les papallones que, posteriorment, serviran per predir quan es produirà l'eclosió dels ous de la processionària del pi i la densitat de la població d'aquest insecte, establint el moment adequat de les actuacions terrestres i aèries que s'hauran de fer quan neixin les erugues de les noves postes.

Pel que fa a l'efectivitat de les fumigacions, puc corroborar la hipòtesi establerta, atès que les actuacions a patir de tractaments aeris, en què vaig estar present, fan desaparèixer pràcticament les erugues de la processionària del pi durant un període aproximat de cinc anys.

A partir dels estudis realitzats al llarg d'aquest treball, puc afirmar que els mètodes de control són efectius si han estat elegits en funció el nivell d'infestació que presenta el bosc. En el cas de les fumigacions amb insecticides selectius, cal efectuar el tractament només quan s'observin danys importants al bosc.

Durant el 2010, s'han realitzat nombrosos tractaments aeris en àrees del Pallars Jussà, la Cerdanya, el Solsonès, l'Alt Urgell, el Berguedà i el Bages. Aquestes zones, on havia proliferat la processionària del pi a causa de diversos factors que havien desequilibrat l'ecosistema (incendis, susceptibilitat de pins a l'atac de l'insecte, augment de temperatura, etc.), després de les actuacions de control romandran lliures dels efectes de la plaga durant els propers anys. Així, s'aconseguirà reduir els danys a la massa forestal causats per la processionària del pi i es restabliran els nivells adients de població de l'espècie fins que aparegui un altre efecte desequilibrador.

S'ha de tenir present que no sempre calen mecanismes de lluita o de control de la processionària del pi. Triant les espècies de pins menys susceptibles als atacs de l'eruga per a les repoblacions, respectant les espècies autòctones, i

procurant que els boscos siguin heterogenis, en alguns casos seria suficient per disminuir els tractaments contra aquest insecte.

Cal remarcar que s'hauria d'establir un protocol per tal de comunicar a tota la població les dates en què es realitzen els tractaments aeris de control de la processionària del pi, ja que alguns dels productes químics utilitzats poden tenir efectes perjudicials i caldria evitar el contacte amb aquestes substàncies, sobretot durant l'època de recol·lecció de bolets.

Finalment, puc dir que aquest ha estat un treball interessant i satisfactori, que m'ha permès descobrir una mica més el món natural que ens envolta. He après a cercar informació a partir de diverses fonts, i a posar en pràctica el mètode científic.

Tot i així, m'he trobat amb alguns entrebancs. En primer lloc, no ha estat fàcil trobar publicacions específiques sobre la processionària del pi, amb suficient rigor científic, a fi de documentar-me per a la realització d'aquest treball. En segon lloc, em va resultar complicat posar en pràctica el disseny experimental, mantenint en vida les colònies en diferents condicions ambientals, dins uns habitacles on calia controlar diverses variables al llarg de tota l'experiència. Cal dir, també, que el seguiment del procés ha requerit moltes hores de dedicació, ja que havia d'enregistrar tots els canvis morfològics i d'activitat al llarg dels cicles biològics observats, sense comptar les hores destinades al recompte diari de papallones mascles que havien quedat atrapades a les trampes de feromones col·locades al bosc.

En definitiva, he arribat a la conclusió que tots els animals són necessaris, en les proporcions adequades, ja que totes les espècies desenvolupen una funció a l'ecosistema, fins i tot, les que ningú desitjaria tenir a prop, com ara l'insecte que ha estat objecte d'estudi en aquest treball. Una de les lliçons que he après realitzant aquesta investigació, ha estat el fet que les accions humanes acaben tenint repercussions sobre el medi. L'augment de temperatura global, conseqüència directa de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, està

provocant un canvi en la distribució natural de moltes espècies, com ara la processionària del pi. Aquest insecte constitueix un bon bioindicador dels efectes que pot provocar el canvi climàtic sobre els éssers vius, ja que ha experimentat una expansió, en pocs anys, cap a zones elevades, com a resposta a l'increment progressiu de la temperatura global del planeta. Cal, doncs, posar en pràctica accions que aturin el canvi climàtic, preservin la vida, i facin el món més sostenible.

13. AGRAÏMENTS

Vull donar les gràcies a totes aquelles persones que m'han ajudat a l'hora de fer aquest treball de recerca:

Als pares, gràcies per donar-me suport, animar-me, donar idees, portar-me a tot arreu quan ho necessitava i per acompanyar-me al bosc a controlar els animals, fins a fer-vos autèntics experts en el tema.

També un agraïment molt sincer als avis, que amb la seva experiència m'explicaven tot el que sabien sobre la processionària del pi i m'informaven de les zones que estaven afectades per l'espècie. Als tiets i cosins, per deixar-me els terraris i altres utensilis, i per controlar les captures de les trampes de feromones els dies que jo no podia.

Vull donar les gràcies també a la Maria Isabel Fernández, tutora del treball de recerca, per la seva dedicació i orientació.

Al Departament de Medi Ambient i Habitatge, en concret a Mariano Rojo per facilitar-me la informació que li anava sol·licitant i a Leonardo López de Hierro per concedir-me l'entrevista i explicar-me com feien el tractaments aeris.

Gràcies a totes aquelles persones que en un moment o altre s'han interessat pel treball; a aquelles que després de conèixer l'espècie m'informàveu que havíeu vist zones molt afectades on mai havíeu parat atenció i que em demostràveu, així, que tota la feina feta havia servit per alguna cosa.

I per acabar, per fer-me adonar que no tothom veu com a rares les mateixes coses, a totes aquelles persones que en un moment o altre se'ls ha escapat un somriure d'incredulitat en saber que criava erugues dins de casa...

14. GLOSSARI

- **Acícula:** terme emprat en botànica per a designar a les fulles llargues, primes i punxegudes en forma d'agulla.

- **Anafilàxia:** estat d'hipersensibilitat de l'organisme manifestat després de la introducció d'una determinada substància que, en ésser administrada per primera vegada, no ha produït reacció o l'ha produïda molt lleugera.

- **Anticòs:** globulina del sistema gamma amb capacitat d'unió específica amb un determinat antigen.

- **Artròpode:** embrancament d'animals invertebrats integrat per metazous protostomats de simetria bilateral, proveïts d'apèndixs articulats, i que comprèn les classes dels insectes, els aràcnids i els crustacis.

- **Canvi climàtic:** nom donat al procés de transformació del clima terrestre per efecte de les activitats humanes.

- **Càpsula cefàlica:** cap de la larva.

- **Comunitat (d'un ecosistema):** conjunt d'organismes que viuen en un mateix biòtop o hàbitat.

- **Diapausa:** període d'interrupció del desenvolupament i l'activitat fisiològica embrionaris o postembrionaris característic de nombroses espècies d'insectes.

- **Dispnea:** sensació de dificultat de la respiració associada amb un augment de l'esforç per respirar.

- **Ectoterm:** s'aplica a l'animal la temperatura corporal del qual no depèn dels seus propis mecanismes fisiològics, sinó de la calor de l'ambient en què viu.

- **Enemics naturals:** éssers vius que causen la mort o provoquen algun perjudici al normal desenvolupament d'una espècie.

- **Feromones sexuals:** són substàncies volàtils emeses per glàndules de secreció externa dels individus reproductors que faciliten la trobada entre sexes, desbloquegen la inhibició de la còpula i afavoreixen l'acoblament i la reproducció. Aquestes substàncies químiques segregades i emeses per mascles o femelles actuen, lògicament, sobre el sexe oposat.

- **Filiforme:** que té forma de fil.

- **Fitosanitari:** dit de la substància o del producte emprat amb la intenció de guarir una malura de les plantes.

- **Gregari:** dit dels éssers vius que tenen tendència a associar-se amb altres individus de la mateixa espècie.

- **Herbívor:** dit de l'animal que només es nodreix d'aliments vegetals.

- **Holometàbol**: dit de l'insecte que presenta una metamorfosi completa.

- **Immunoglobulina:** cadascuna de les proteïnes sintetitzades pels limfòcits B i les cèl·lules plasmàtiques, que són presents en el sèrum i en altres fluids corporals i participen en la resposta immunitària humoral.

- **Inhibidor:** substància que té la propietat de deturar o retardar una reacció química.

- **Insecticida:** substància química emprada per produir la mort dels insectes nocius.

- **Metamorfosi:** conjunt de canvis morfològics i fisiològics que experimenten determinats animals des que surten de l'ou fins que assoleixen l'estadi adult.

- **Necrosi:** terme genèric amb el qual hom designa totes les varietats de mort dels teixits.

- **Nimfosi:** estadi del desenvolupament postembrionari dels insectes holometàbols durant el qual la larva (nimfa) es tanca en un capoll i minva considerablement les activitats vitals.

- **Ovípar:** dit de l'animal que, en la forma embrionària, es desenvolupa a l'interior de l'estructura anomenada ou.

- **Piretroides:** grup de pesticides artificials desenvolupats per controlar preponderantment les poblacions d'insectes plaga.

- **Plaga:** proliferació d'un organisme vivent que provoca la destrucció d'altres éssers vius en envair-los.

- **Processó:** corrua.

- **Quitina:** polímer lineal de la N-acetilglucosamina, principal constituent de les parets cel·lulars de certes algues, fongs i líquens, i de l'exosquelet dels insectes i crustacis.

- **Relacions tròfiques:** són les relacions que s'estableixen entre els éssers vius d'un ecosistema a causa de la nutrició.

- **Silvícola:** que viu als boscs.

- **Tricoma:** cadascun dels pèls de caràcter secretor propis d'alguns invertebrats.

15. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

LLIBRES I PUBLICACIONS

Avaluació de l'efecte de l'aplicació de Bacillus sobre les abolles a Eivissa-2004. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2004.

Calendari d'actuacions sobre la processionaria del pi a les Illes Balears. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2010.

CARRERO, José María. *Lucha integrada contra las plagas agrícolas forestales,* Madrid: Editorial Mundi-Prensa, 1996, p.81:86.

Cartutxos per a la lluita contra la processionària 2005/07. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2005.

Control de la processionària del pi mitjançant quiròpters I. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2004.

Control de la processionària del pi mitjançant quiròpters II. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2004.

Control de la processionària del pi mitjançant quiròpters II.I Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2004.

Control i seguiment biològic de la processionària del pi durant l'any 2004-corbes de vo.I Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2005.

Crisi i desastres naturals. Obligats a repensar el sector. Generalitat de Catalunya*,* Catalunya: Consorci forestal de Catalunya, 2009, p.21:24.

DAJOZ, Roger. *Etimología forestal: Los insectos i el bosque,* Madrid: Editorial Mundi-Prensa, 1999, p.245:256.

Diccionario universal de agricultura. Societat d'agrònoms*,* Madrid: 1801, p.221:223.

Eliminació de bosses de la processionària a les escoles. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2006.

Els efectes de la sisena extinció en l'àmbit català. Col·lectiu Userda*,* Catalunya: Userda, 2005.

ENRIC LLEBOT, Josep [coord]. *Informe canvi climàtic a Catalunya,* Catalunya: 2010.

Especial lluita contra la processionària. Govern de les Illes Balears, Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2005.

Formulacions autoritzades per al control de la processionària del pi. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2010.

GARCIA MERCED, Ricardo. *Parásitos de la procesionaria del pino*, Espanya: 1924-1925.

GUIJARRO MILLÁN, Rocío; CANTERO CALERO, Braulio; MUÑOZ RODRÍGUEZ, Manuel; CANTERO CALERO, Francisco. *Ayudantes técnicos Medio Ambiente de la Junta de Andalucía,* Espanya: Editorial Mad, 2004, p.145:150.

H. DIAZ, James. *The evolving global epidemiology, syndromic classification, management, and prevention of caterpillar envenoming*, Louisiana: 2005, p.347-357.

HINOJOSA MACÍAS, M. *3ª ponencia: nuevos alergenos ocupacionales*, Madrid: 2002.

HÓDAR, A. José; CASTRO, Jorge; ZAMORA, Regino. *Pine processionary caterpillar Thaumetopoea pityocampa as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming,* Granada: Elsevier, 2002.

HUSEYIN CEBECI, H.; TAMER OYMEN, R.; ACER, Sabiha. *Control of pine processionary moth, Thaumetopoea pityocampa with Bacillus thuringiensis in Antalya, Turkey*, Istambul: Triveni Interprises, 2010.

*Informatiu mensual dels agents rurals de Catalunya (núm. 42.)*Agents rurals de Catalunya*,* Catalunya: 2007

Informatiu mensual dels agents rurals de Catalunya (núm.33). Agents rurals de Catalunya*,* Catalunya: 2006.

La procesionaria del pino. Junta de Andalucía*, Andalusia: Departamento de Medio Ambiente*, 2000.

Les 100 primeres pàgines del canvi climàtic a Catalunya. Generalitat de Catalunya, Catalunya: 2008.

Lluita contra la processionària a Eivissa. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2006.

Manejo integrado de plagas, Espanya: Editorial García-Barros, 2010.

Memòria per al Pla Integral per al Control de la Processionària del pi 2003-2005. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2005.

MONTOYA MORENO, R.; HERNÁNDEZ ALONSO, R.; PÉREZ FORTEA, V.; MARTÍN BERNAL, E. *La procesionaria del pino,* Aragó: Gobierno de Aragón, 2002.

MUÑOZ LOPEZ, C.; PEREZ FORTEA, V; COBOS SUÁREZ, P; HERNÁNDEZ ALONSO, R.; SÁNCHEZ PEÑA, G. *Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques,* Madrid: Editorial Mundi-Prensa, 2007, p.50:55

NUÑEZ VÁZQUEZ, Luis; RAMONELL ALZAMORA, Antoni. *La processionària del pi. L'insecte desfoliador de pinars autòctons*, Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2002.

Paràsits naturals de la processionària del pi. Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2007.

PÉREZ-CONTRERAS, Tomás; J. SOLER, Juan; SOLER, Manuel. *Why do pine processionary catepillars Thaumetopoea pityocampa (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) live in large groups? An experimental study,* Helsinki: Finnish Zoological and Botanical Publishing, 2003.

Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-20012. Generalitat de Catalunya*,* Catalunya: 2008.

Presència de la processionària del pi a Formentera (2007). Govern de les Illes Balears*,* Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2008.

Referente técnico regional de Cataluña. Centre tecnològic forestal de Catalunya, Catalunya: 2002.

ROMERO GILSANZ, Roberto. *El pino piñonero en la província de Valladolid,* Valladolid: Editorial Maxtor, 2009, p.285:297.

Seguiment, instal·lació i avaluació de caixes-refugi per quiròpters a Eivissa (2006-07). Govern de les Illes Balears, Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2008.

Servicio de tratamiento contra la procesionaria del pino. Consejería de Medio ambiente, Múrcia: 2007.

Tractament aeri sobre la processionària del pi. Govern de les Illes Balears, Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2007.

Tractament terrestre sobre la processionària del pi. Govern de les Illes Balears, Illes Balears: Conselleria de Medi Ambient, 2007.

VILLALVA QUINTANA, Sonia. *Plagas y enfermedades de jardines,* Madrid: Editorial Mundi-Prensa, 2004, p.102:108

LLOCS WEB

Balí insecticida [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.martinezpascual.grupouni2.com/balcat.htm [Consulta 18-8-2010]

Combate a la procesionaria del pino [En línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.carm.es/siga/REVISTA/enclave_n5/html/procesionaria.html [Consulta 9-8-2010]

Condriceps militaris [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.micologia.net/articulos/cordiceps.htm [Consulta: 21-7-2010]

Definging the sorts of pine processionary caterpillar, thaumetopoea pityocampa in fruit gardens, being researched the development effects of pond system and formica rufa in the struggle with these insects [en línia]. Disponible des d'Internet en: www.inepo.com/english/uplFiles_resim/net_3.doc [Consulta: 21-6-2010]

El «efecto mariposa» del cambio climático [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.larazon.es/noticia/el-efecto-mariposa-del-cambio-climatico [Consulta: 9-8-2010]

El pop, eina per a l'extracció d'insectes de procesionaria agrupats en les seves bosses-niu [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.metalicstordera.com/pdf/Manual%20usuari%20processionaria.pdf [Consulta: 17-8-2010]

Erugues al gener [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.vilaweb.cat/www/elpunt/noticia?p_idcmp=2339343 [Consulta: 7-4-2010]

Ficha de la plaga [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.plagasbajocontrol.com/plaga.php?idplaga=1 [Consulta: 22-6-2010]

Fumigaciones con químicos tóxicos [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.terra.org/fumigaciones-con-quimicos-toxicos_2353.html [Consulta 7-4-2010]

Hatter, Mad. Cuestión de temperatura [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://juliomadhatter.blogspot.com/2010/01/cuestion-de-temperatura.html [Consulta: 9-8-2010]

La procesionaria de los pinos [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.infoagro.com/forestales/procesionaria.htm [Consulta: 17-3-2010]

La procesionaria de los pinos [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://servicios.ideal.es/canalagro/datos/forestales/procesionaria2.htm [Consulta: 10-7-2010]

La procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.floresalud.es/wordpress/?p=33 [Consulta: 21-6-2010]
La procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://forestman.espacioblog.com/post/2006/03/19/la-procesionaria-del-pino [Consulta: 21-6-2010]

La procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://jardinactual.com/menu-revista-articulos/84-LA_PROCESIONARIA_DEL_PINO [Consulta 21-8-2010]

La procesionaria, la plaga de los pinos [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://plantas.facilisimo.com/reportajes/arboles/coniferas/la-procesionaria-la-plaga-del-pino_183940.html [Consulta 18-8-2010]

Las procesionarias se controlan este año biológicamente mediante una bacteria [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.hoy.es/20081111/plasencia/procesionarias-controlan-este-biologicamente-20081111.html [Consulta 17-8-2010]

Orugas procesionarias. Prevención y control [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.madridsalud.es/temas/procesionaria.php [Consulta: 17-3-2010]

Pine Processionary Caterpillar Thaumetopoea pityocampa (Thaumetopoeidae) [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://web.cortland.edu/fitzgerald/PineProcessionary.html [Consulta: 4-5-2010]

Procesionaria del Pino (Thaumetopoea pityocampa) II [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.flickr.com/photos/fitopatologia/2363622721/ [Consulta: 22-7-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://plantas.facilisimo.com/reportajes/arboles/coniferas/la-procesionaria-la-plaga-del-pino_183940.html [Consulta: 7-4-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://articulos.infojardin.com/PLAGAS_Y_ENF/PLAGAS/procesionaria-del-pino.htm#6 [Consulta 22-6-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://alicantesiempre.blogspot.com/2009/03/la-procesionaria-del-pino.html [Consulta 2-8-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://krispyyamaguchy.blogspot.com/2010/01/procesionaria-del-pino.html [Consulta 19-8-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1109168169333&idTema=1109265601060&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&segmento=1&sm=1 [Consulta 20-8-2010]

Procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.asocoa.com/descargas/procesionaria_pino.pdf [Consulta 20-8-2010]

Processionnaire du pin [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.avignon.inra.fr/les_recherches__1/liste_des_unites/ue_forestiere_mediterraneenne/la_processionnaire_dossier [Consulta: 21-6-2010]

Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.eeb.cornell.edu/stastny/publications_files/Buffo_etal_AgForEntom_07.pdf [Consulta: 10-7-2010]

Thaumetopoea pityocampa [en línia]. Disponible des d'Internet en: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0640e/i0640e10u.pdf [Consulta: 22-6-2010]

The pine processionary and climate change: from a forest pest to an urban nuisance [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.international.inra.fr/research/some_examples/pine_processionary_and_climate_change [Consulta: 21-6-2010]

The pine processionary caterpillar and its life cycle [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.wildsideholidays.com/natural/insects-and-creepy-crawlies/99-moths/319-the-pine-processionary-caterpillar-and-its-life-cycle.html [Consulta 22-7-2010]

FOTOGRAFIES

Totes les fotografies han esta realitzades per la autora del treball, excepte aquelles en què s'indica la font de forma explícita.

DOCUMENTS AUDOVISUALS

El control de la procesionaria del pi [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.edu3.cat/Edu3tv/Fitxa?p_amb=4843&p_id=23390 [Consulta 5-8-2010]

La procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://video.google.es/videoplay?docid=-4744254900811397 98# [Consulta 7-4-2010]

La procesionaria del pino [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://medioambienteblog.blogspot.com/2009/11/la-procesionaria-del-pino-thaumetopoea.html [Consulta7-4-2010]

La procesionaria en expansió [en línia]. Disponible des d'Internet en: http://www.tv3.cat/videos/364059/La-processionaria-en-expansio [Consulta 5-8-2010]

La processionària del pi, una plaga en expansió.

ANNEX I

Reportatge gràfic

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LA POSTA I LES ERUGUES

La posta.

Tres postes en acícules seques.

Petites erugues del segon estadi larvari, teixint un niu provisional.

Primer niu. S'observa la defoliació que provoquen les erugues a les acícules.

Els residus s'acumulen al fons de la bossa.

Erugues del tercer estadi, alimentant-se durant la nit.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES ERUGUES

Erugues, del tercer estadi larvari, teixint una nova bossa.

Primers danys sobre els pins.

Bossa-niu definitiva.

Erugues corresponents al quart estadi.

Una eruga, del quart estadi, menjant acícules.

Danys importants sobre la vegetació.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES ERUGUES

Eruga en el quart estadi, causant greus defoliacions als pins.

Larva corresponent al quart estadi, sortint de la bossa-niu.

Vida en colònia. Dins el niu, s'escalfen les unes a les altres.

Eruga corresponent al cinquè estadi.

Canvi de branca per falta d'aliment.

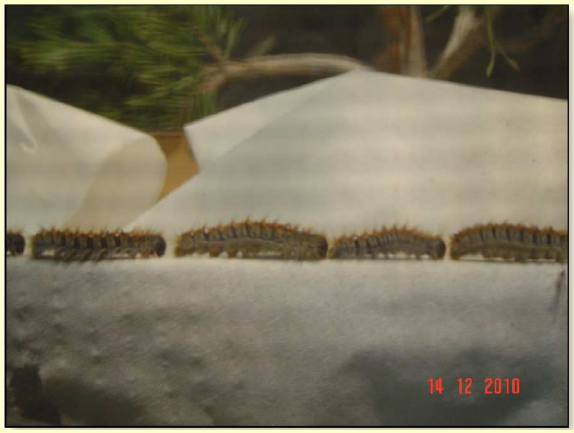
Descens de les erugues per a l'enterrament.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: PROCESSÓ D'ERUGUES

Processó.

L'eruga capdavantera decideix el recorregut.

Seguint a la precedent.



S'orienten amb els fils de seda que segreguen i amb els pèls de l'eruga anterior.

Les erugues segueixen el rastre dels fils de seda per trobar el camí de tornada al niu.

Unió de dues colònies.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: PROCESSÓ D'ERUGUES I ENTERRAMENT

La colònia comença a dispersar-se, en augmentar la temperatura fins a 30ºC.

Erugues en fila índia.

El cercle d'erugues no es trenca, atès que cada eruga segueix a l'anterior.

Buscant un lloc on enterrar-se.

Reagrupació de les erugues en espiral, just abans de l'enterrament.

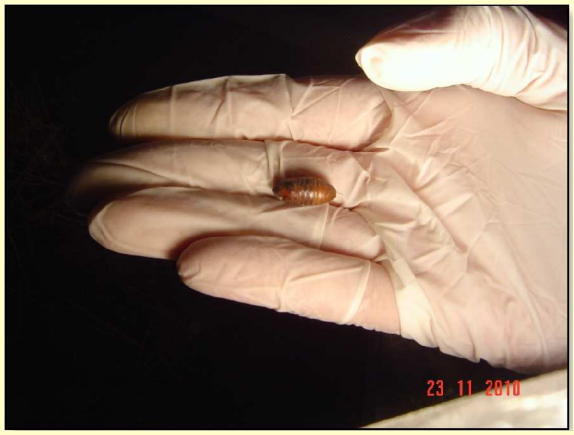
Inici de les primeres perforacions.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES CRISÀLIDES

Removent el sòl per trobar crisàlides.

Capoll de la processionària del pi. L'insecte entra en fase de prepupa.

Prepupa dins un capoll.



Crisàlide viva.

Fils de seda i crisàlides mortes.

La majoria de capolls estan buits a finals d'estiu.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES CRISÀLIDES I PAPALLONES

La processionària s'enterra en grup.

Algunes crisàlides resten en diapausa.

Crisàlide buida.

Conjunt de crisàlides trobades sota terra.

Observació i recompte de crisàlides.

Papallona mascle.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES PAPALLONES

Papallona nounada, just després d'emergir.

Papallona estirant les ales.

Femella enfilant-se a una branqueta.

Una papallona que ja ha estirat les ales i una altra que encara s'està assecant.

Papallona femella, amb les ales desplegades.

Papallona mascle a punt de volar.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: LES PAPALLONES

Descansant sobre la reixeta.

A punt d'estendre les ales.

Femella esperant un mascle.

Intentant obrir-se camí des del terra.

Les papallones s'acumulen.

Femella ponent els ous.

OBSERVACIÓ DEL CICLE BIOLÒGIC: EL RECOMPTE DE PAPALLONES

Recull de papallones emergides.

Total de papallones femelles.

Total de papallones mascle.

Separació femelles/mascles.

MÈTODES DE CONTROL: TRAMPES DE FEROMONES SEXUALS

Parts d'una trampa de feromones sexuals.

Recipient on s'introdueixen les feromones.

MÈTODES DE CONTROL: TRAMPES DE FEROMONES SEXUALS

Feromones d'atracció sexual.

Trampa de feromones sexuals.

Col·locació de les trampes al bosc.

Primeres captures de mascles

Fent el recompte diari.

MÈTODES DE CONTROL: TRAMPES DE FEROMONES SEXUALS

Captures de la trampa 1.

Captures de la trampa 2.

Comprovant el contingut de les trampes.

Destriant les espècies capturades.

Papallones mascles capturades.

Formigues, vespes, cigales i altres insectes atrapats a les trampes.

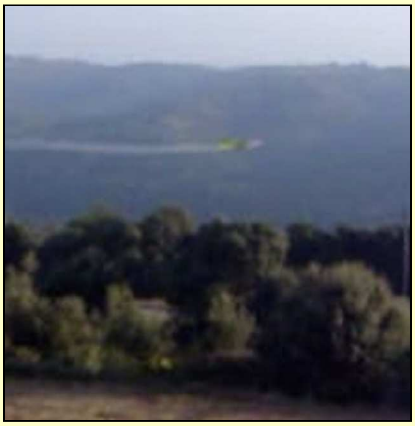
MÈTODES DE CONTROL: FUMIGACIÓ AÈRIA

Inhibidor del creixement.

Alerons que permeten la dispersió del producte.

Fent les mescles per al tractament.

Avioneta per a realitzar la fumigació.



Tractament aeri.

MÈTODES DE CONTROL: FUMIGACIÓ AÈRIA

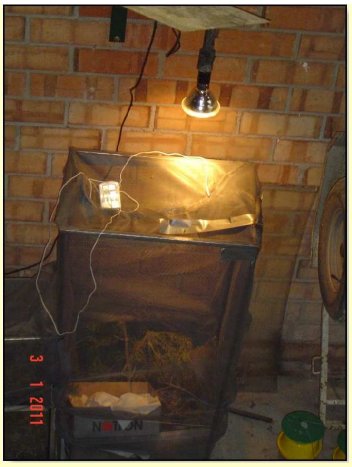
Els productes químics es dispersen pel bosc.

Aplicant un inhibidor de quitina.

MUNTATGE DELS TERRARIS A DIFERENT TEMPERATURA

Mètode per mantenir el terrari fred.

Terrari a temperatura ambient.



Mètode per mantenir el terrari calent.

Vestimenta de protecció per poder manipular les erugues dels terraris.

Mostres de les diferents fases del cicle vital de la processionària del pi.

Mostres de diferents estadis larvaris.

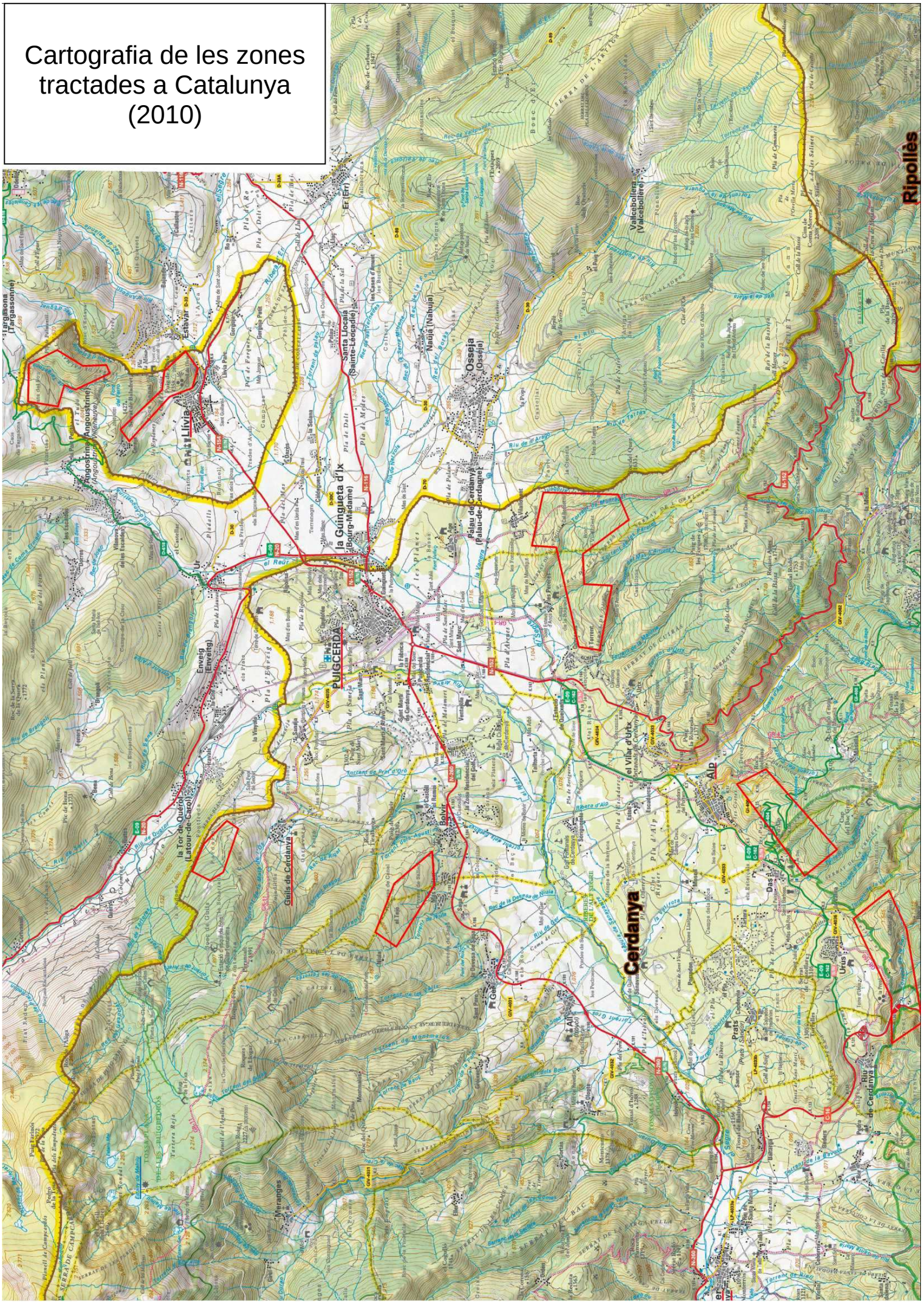
La processionària del pi, una plaga en expansió.

ANNEX II

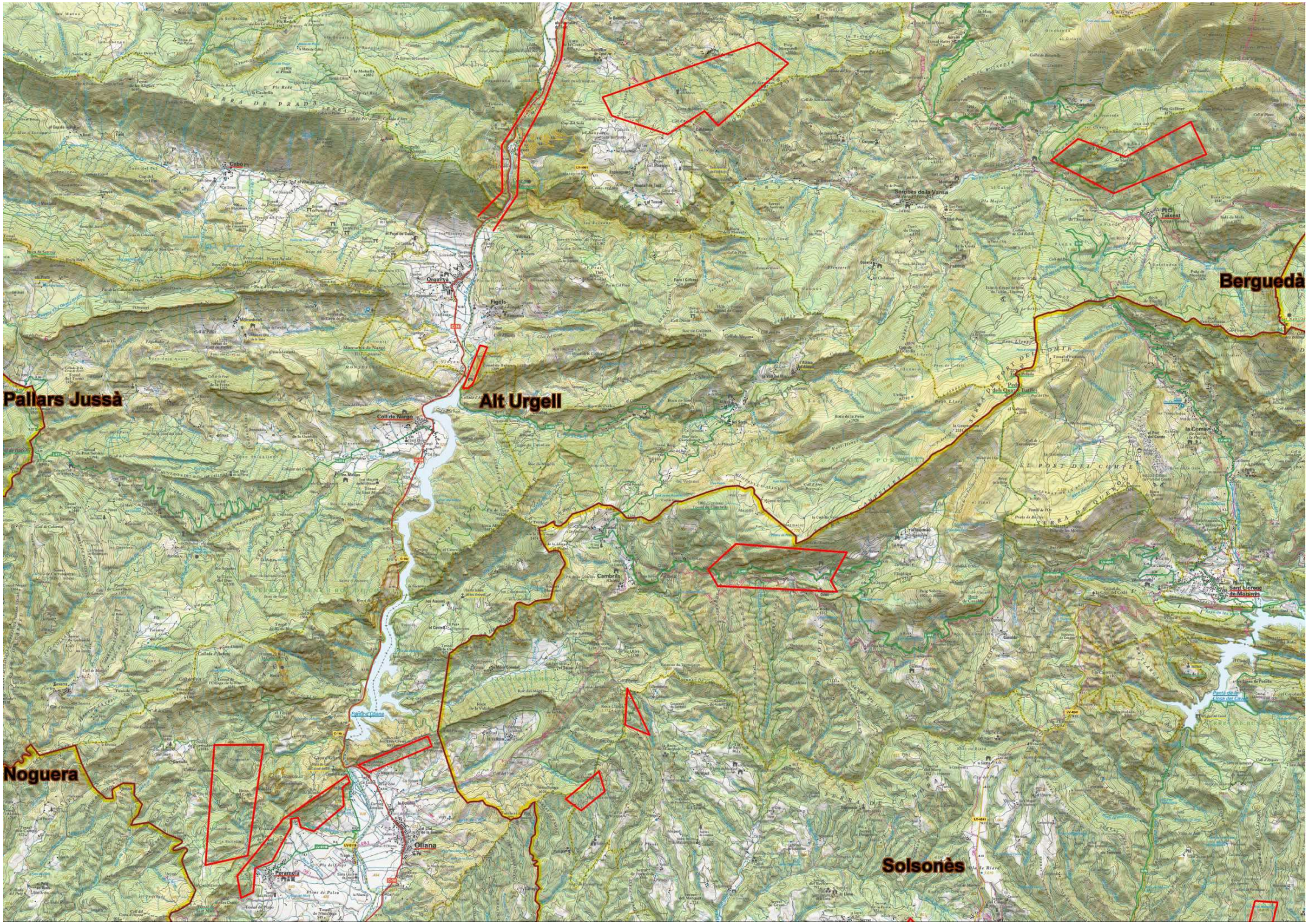
Cartografia de les zones tractades a Catalunya

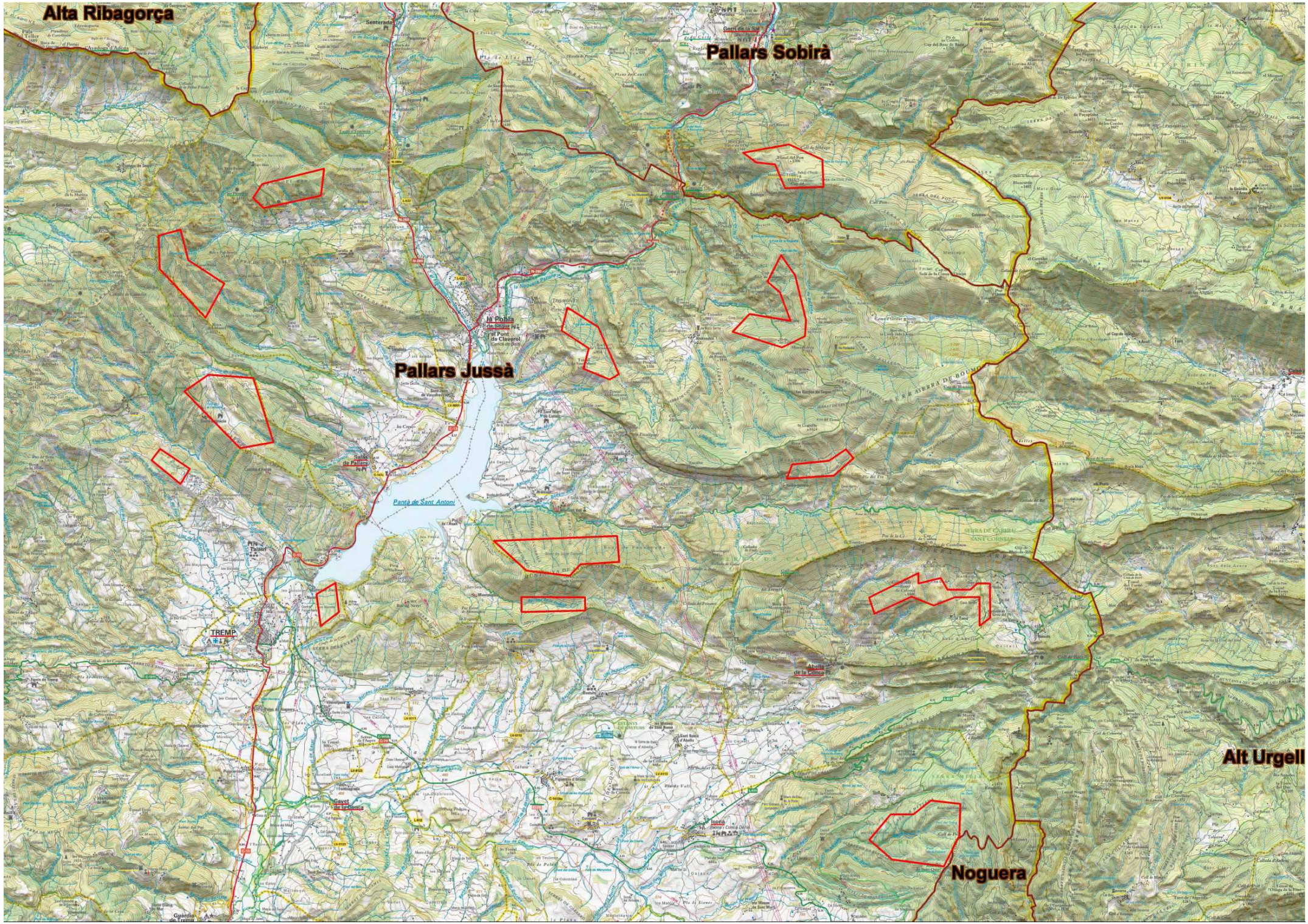
(Any 2010)

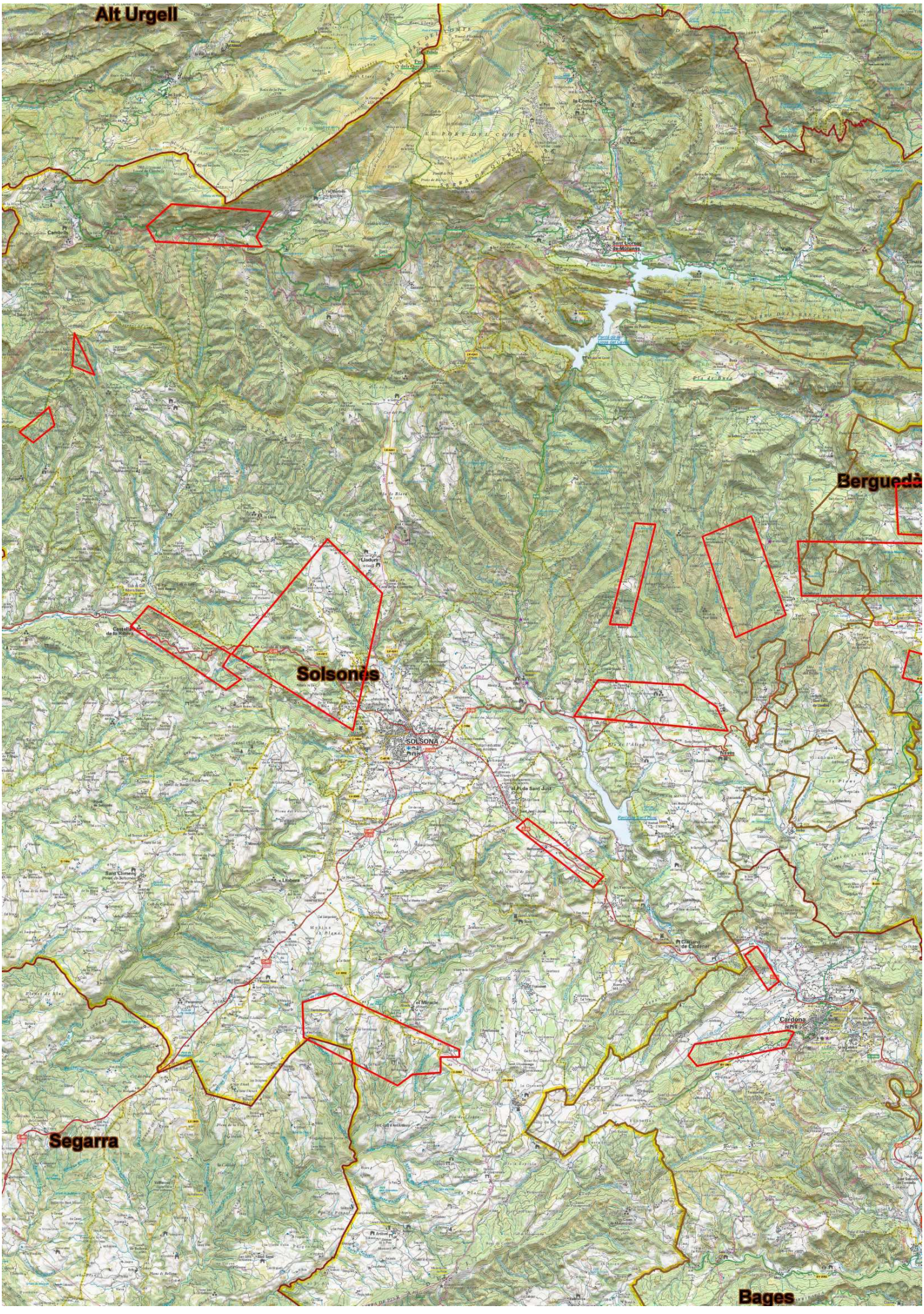
Cartografia de les zones tractades a Catalunya (2010)



Ripollès
Solsonès
Berguedà
Osona
Bages
BERGA
Ripollès
Solsonès
Berguedà
Osona
Bages


Pallars Jussà
Alt Urgell
Berguedà
Noguera
Solsonès
Organyà
Figols
Coll de Nargó
Cambrils
Oliana
Peramola
Sorribes de la Vansa
la Comasa
Sant Llorenç de Morunys


Alta Ribagorça
Pallars Sobirà
Pallars Jussà
Alt Urgell
Noguera
Pantà de Sant Antoni
TREMP


Alt Urgell
Berguedà
Solsonès
SOLSONA
Segarra
Bages