



**XVIII Premi PRBB al millor treball de recerca
en Ciències de la Salut i de la Vida**

2023

Treball guanyador del 1r premi

**Anàlisi i predicció de l'afectació de la
processionària: Catalunya i terme municipal de
Terrassa**

Lluc Serrat Alemany

Tutor: Antoni Delgado

Institut Torre del Palau (Terrassa)

INSTITUT
TORRE DEL PALAU



ANÀLISI I PREDICCIÓ DE L'AFECTACIÓ DE LA PROCESSIONÀRIA: **CATALUNYA I TERME MUNICIPAL DE TERRASSA**

TUTOR:

Antoni Delgado

Lluc Serrat Alemany

TREBALL DE RECERCA 2022-23
2n BATXILLERAT TECNOLÒGIC

ABSTRACT

The present research work investigates the impact of the *Thaumetopoea pityocampa* (pine processionary) at a national scale (Catalonia) and at a local scale (Terrassa). The main objectives are to analyze the current impact of the processionary caterpillar and its evolution in the coming years. The used methodology consists in bibliographic research, data processing and conducting interviews with eminent scientists. Based on the analysis of the results, it is concluded that the current treatments used in the study areas are effective in controlling the plague. In addition, an altitudinal shift of the plague is predicted to occur, taking into account the IPCC's RCP 8.5 climate prediction model. Finally, scientific dissemination of this subject is carried out to inform the public of the importance of controlling the plague.

Keywords: *Thaumetopoea pityocampa*, pine processionary, pest, Terrassa, Catalonia, phytosanitary treatments, current impact, defoliation, altitudinal displacement, dendrochronology.

El present treball de recerca tracta sobre l'afectació de la *Thaumetopoea pityocampa* (proceccionària del pi) a Catalunya i el terme municipal de Terrassa. Els objectius principals són analitzar l'afectació actual de l'eruga proceccionària i la seva evolució en els pròxims anys. La metodologia utilitzada consisteix a fer recerca bibliogràfica, tractaments de dades i realització d'entrevistes a científics eminents. A partir de l'anàlisi dels resultats, es conclou que els tractaments actuals utilitzats en les zones d'estudi resulten efectius pel control de la plaga. A més, es preveu un desplaçament altitudinal de la plaga, tenint en compte el model de predicció climàtica RCP 8.5 del IPCC. Per últim, es fa divulgació científica d'aquesta temàtica per informar a la ciutadania de les implicacions d'aquesta plaga.

Paraules claus: *Thaumetopoea pityocampa*, proceccionària del pi, plaga, Terrassa, Catalunya, tractaments fitosanitaris, afectació actual, defoliació, desplaçament altitudinal, dendrocronologia.

El presente trabajo de investigación trata sobre la afectación de la *Thaumetopoea pityocampa* (proceccionaria del pino) en Catalunya y el término municipal de Terrassa. Los principales objetivos son analizar la afectación actual de la oruga proceccionaria y su evolución en los próximos años. La metodología utilizada consiste en realizar investigación bibliográfica, tratamientos de datos y realización de entrevistas a científicos eminentes. A partir del análisis de los resultados, se concluye que los actuales tratamientos utilizados en las zonas de estudio resultan efectivos para el control de la plaga. Además, se contempla un desplazamiento altitudinal de la plaga, teniendo en cuenta el modelo de predicción climática RCP 8.5 del IPCC. Por último, se hace divulgación científica de esta temática para informar a la ciudadanía de las implicaciones de esta plaga.

Palabras claves: *Thaumetopoea pityocampa*, proceccionaria del pino, plaga, Terrassa, Catalunya, tratamientos fitosanitarios, afectación actual, defoliación, desplazamiento altitudinal, dendrocronología.

*"The processionary caterpillar is not the problem, the problem is us.
We still have time, it is in our hands."*

Lluc Serrat Alemany (2022)

*"L'eruga processionària no és el problema, el problema som nosaltres.
Encara som a temps, està a les nostres mans."*

Lluc Serrat Alemany (2022)

AGRAÏMENTS

Abans d'endinsar-nos en el treball, clarificar que aquest ha sigut possible gràcies a la col·laboració de moltes persones i institucions, sense les quals no s'hagués pogut disposar de moltes dades i informació primordials.

En primer lloc, agrair als científics que són eminència en l'eruga processionària. Al José Antonio Hódar, professor titular d'Ecologia de la Universitat de Granada, autor d'articles essencial pel treball, i per respondre exhaustivament l'entrevista realitzada. A l'Ànder Achotegui, científic de la Fundació Emys, per tanta disposició en l'entrevistat. A la Mireia Banqué i Casanovas, coordinadora del projecte "AlertaForestal" i treballadora del CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), per la seva ajuda en les consultes fetes.

En segon lloc, a les institucions que treballen en la gestió d'aquesta plaga. A l'Ajuntament de Terrassa, per tots els registres facilitats, especialment, al Jaume Macià de l'àrea de Parc i Jardins i al Joaquim Orença de Serveis de Medi Ambient. Al departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya i el CTFC (Centre Tecnològic Forestal de Catalunya) per facilitar documentació necessària per al treball.

En tercer lloc, al meu tutor Antoni Delgado per confiar en mi durant tota la realització del TDR. El seu suport i interès han sigut molt importants pel desenvolupament del treball. També m'agradaria agrair a Teresa Valors Ivars i a la Fundació Pedrera, per haver tutoritzat el meu primer article que va ser la primera llavor d'aquest treball de recerca.

Finalment, a tots aquells que, d'una manera o altra, m'han ajudat i motivat a continuar, encara que els seus noms no consten de forma explícita en aquestes línies.

ÍNDEX

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓ | 7 |
| METODOLOGIA | 8 |
| MOTIVACIONS I DIFICULTATS | 9 |
| PART I. PERTORBACIONS FORESTALS | 10 |
| 1. Pertorbacions forestals | 10 |
| 1.1. Què és una pertorbació forestal? | 10 |
| 1.2. Tipus de pertorbacions forestals | 10 |
| 1.3. Característiques de les pertorbacions | 11 |
| 2. Canvi climàtic | 12 |
| 2.1. Relació canvi climàtic i món | 12 |
| 2.2. Clima vs. temps | 19 |
| 2.3. Meteorologia vs. Climatologia | 20 |
| 2.4. Biomes | 22 |
| PART II. ERUGUES PROCESSIONÀRIES | 24 |
| 3. Erugues Proceccionàries | 24 |
| 3.1. Què són les erugues proceccionàries? | 24 |
| 3.2. Cicle vital de les erugues proceccionàries | 25 |
| 3.4. Diapausa de la proceccionària | 27 |
| 3.5. Distribució i evolució de la població d'erugues proceccionàries a Catalunya | 29 |
| 3.6. Paràsits i depredadors de les erugues proceccionàries | 34 |
| 3.7. Afectació de l'eruga proceccionària a la salut dels animals i persones | 38 |
| PART III. PINS DE CATALUNYA | 39 |
| 4. Coníferes pertanyents a la <i>Pinaceae</i> (Pi) | 39 |
| 4.1. Origen | 39 |
| 4.2. <i>Pinaceae</i> que tenim a Catalunya, característiques i la seva distribució | 39 |
| 4.3. <i>Pinaceae</i> més afectades per l'eruga proceccionària a Catalunya | 43 |
| 4.4. Grau de defoliació dels boscos afectats per la proceccionària | 45 |
| 4.5. Estat de la natura a Catalunya | 47 |
| PART IV. PART PRÀCTICA | 49 |
| 5. Explicació procés estudi (Serrat et al., 2022) | 49 |
| 5.1. Material i Mètodes | 49 |
| 5.2. Resultats | 50 |
| 5.3. Discussió, resultats i prediccions | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 6. Eruga processionària a Terrassa, Barcelona, Catalunya | 52 |
| 6.1. Extensió eruga processionària a Catalunya, informes de la Generalitat de Catalunya | 52 |
| 6.2. Tècniques de reducció d'eruga a Catalunya | 54 |
| 6.3. Productes fitosanitaris autoritzats | 58 |
| 6.4. Diferències entre producte fitosanitari biològic i químic | 59 |
| 6.5. Productes fitosanitaris aplicats per Terrassa i per la Generalitat | 60 |
| 7. Anàlisi afectació de la processionària a Terrassa i a Catalunya | 62 |
| 7.1. Evolució dels tractaments i afectació de processionària a Catalunya | 62 |
| 7.2. Evolució de les zones més afectades de Terrassa | 64 |
| 7.3. Processament de dades dels tractaments de Terrassa | 68 |
| 7.4. Prediccions del futur de la processionària i el clima a Terrassa i a Catalunya | 70 |
| 7.5. Participació en el projecte d'AlertaForestal | 79 |
| 8. Divulgació del TDR | 80 |
| 8.1. Publicacions per una divulgació científica apta per a joves | 80 |
| 9. Respostes a preguntes del TDR | 81 |
| 10. CONCLUSIONS | 85 |
| 11. BIBLIOGRAFIA | 89 |
| 12. WEBGRAFIA | 91 |
| 13. ANNEXES | 94 |
| 13.1. ANNEX I: Paraules claus per entendre el canvi climàtic | 94 |
| 13.2. ANNEX II: Un abans i un després del canvi climàtic | 97 |
| 13.3. ANNEX III: Dendrocronologia | 104 |
| 13.3.1. Tipus de creixements (primari, secundari, xilema i floema) | 104 |
| 13.3.2. Anell de creixements | 106 |
| 13.3.3. Tècnica de la datació dels anells | 107 |
| 13.4. ANNEX IV: Fotografies dels diferents pins de Catalunya i la seva distribució | 108 |
| 13.5. ANNEX V: Com diferenciar les diferents espècies de pinàcies a Catalunya | 114 |
| 13.6. ANNEX VI: Article complet de Serrat et al., 2022 | 117 |
| 13.7. ANNEX VII: Materials suplementaris | 117 |
| 13.8. ANNEX VIII: Registre d'instàncies sector Medi Ambient | 117 |
| 13.9. ANNEX IX: Seguiment del Treball de Recerca | 118 |
| 13.10. ANNEX X: Entrevistes a experts | 123 |
| 13.10.1. Transcripció entrevista Ander Achotegui Castells → 14/4/2022 | 123 |
| 13.10.2. Entrevista per escrit a José Antonio Hódar Correa → 19/9/2022 | 128 |
| 13.11. ANNEX XI: Registre tractaments de processionària de la Generalitat de Catalunya | 138 |
| 13.12. ANNEX XII: Prediccions de temperatures màximes i mínimes absolutes de Terrassa | 139 |
| 13.13. ANNEX XIII: Registre de tractaments de processionària de l'Ajuntament de Terrassa | 140 |

INTRODUCCIÓ

Aquests últims anys, el canvi climàtic s'ha fet molt evident en el nostre entorn. L'augment de temperatures i la sequera extrema han pertorbat els boscos. Algunes poblacions d'insectes que habiten en aquests ecosistemes han esdevingut plagues. La seva supervivència s'ha vist propiciada per aquest canvi de clima. Una d'aquestes plagues és l'eruga processionària, fàcil d'observar els seus nius blancs en els pins del costat de les carreteres.

L'any passat vaig tenir la sort de ser escollit per participar en un projecte de ciència, anomenat "Joves i Ciència". Aquest va tenir com a resultat un article científic tutoritzat, titulat *Efecte de la processionària en el creixement de la pinassa: implicacions a llarg i curt termini*. L'objectiu d'aquest estudi era quantificar l'efecte de la defoliació produïda per l'eruga processionària (*Thaumetopoea pityocampa*) en el creixement radial de la pinassa (*Pinus nigra*). Gràcies a aquest projecte vaig començar endinsar-me en el món forestal, el qual és tant apassionant com ampli. En finalitzar l'article, el meu interès no va parar. Durant l'article, hi havia molts aspectes que em van interessar, però que no tenien cabuda.

En aquest treball, s'ha aprofundit en els efectes del canvi climàtic sobre la processionària present als boscos del meu entorn. Per tot això, s'ha fet una anàlisi i una predicció de futur de l'afectació de la processionària a Catalunya i al meu entorn proper, Terrassa.

És important donar a conèixer els canvis que estan havent-hi als nostres boscos per tal de sensibilitzar sobre el medi ambient i el canvi climàtic. Així doncs, s'ha intentat fer divulgació científica sobre aquest tema tan desconegut per la població i s'ha creat un compte d'Instagram per anar pujant contingut sobre el TDR.

La temàtica del treball s'ha delimitat tenint en compte les eines disponibles, el temps i la possibilitat d'obtenir dades i informació de les institucions.

Així doncs, els objectius principals de la recerca són:

- 1) Conèixer la relació entre perturbacions forestals, canvi climàtic, les poblacions de l'eruga processionària i el creixement de les coníferes.
- 2) Conèixer la gestió de la plaga de l'eruga processionària per part de la Generalitat de Catalunya i l'Ajuntament de Terrassa, i valorar l'efectivitat de les seves actuacions.
- 3) Analitzar l'afectació de l'eruga processionària a Terrassa i a Catalunya, i la seva evolució en els últims anys, així com valorar si pot esdevenir un perill pel futur dels boscos.
- 4) Divulgar la informació extreta i els resultats assolits i encoratjar i donar eines a la població de com pot participar en aquestes temàtiques.

METODOLOGIA

El treball que teniu a continuació està estructurat en quatre apartats. En primer lloc, una introducció on s'expliquen conceptes bàsics forestals i del canvi climàtic, amb informació extreta de cerca bibliogràfica. La segona part, se centra en l'eruga processionària, els seus cicles, distribució i efectes poblacionals, amb informació extreta d'articles científics, i entrevistes¹ fetes a científics experts en aquesta espècie. La tercera part, s'expliquen conceptes importants dels pins i es relaciona amb la processionària. Finalment, la quarta part, és la part pràctica del TDR, subdividida en dos apartats. En el primer, es fa una valoració dels tractaments que es realitzen a Terrassa i Catalunya. En el segon, es fa una predicció de l'afectació futura de la processionària, a escala catalana i terrassenca, a partir de les dades meteorològiques d'Infomet i de l'escenari RCP 8.5 de l'IPCC processat per KNMI Climate Change Atlas.

Per obtenir informació i dades per a fer el treball, s'ha fet recerca bibliogràfica d'articles científics i pàgines de divulgació científica. S'han efectuat entrevistes a científics especialitzats en la processionària, així com s'han dut a terme consultes concretes a centres d'investigació i institucions especialitzades en el món forestal, com el CREAM, el CTFC, el projecte AlertaForestal i els tècnics encarregats a gestionar plagues de la Generalitat de Catalunya i de l'Ajuntament de Terrassa. El registre de trucades, emails, instàncies, entrevistes i cites, que s'han efectuat al llarg de tot el treball, i que m'han permès obtenir informació i dades de primera mà, el podeu consultar a l'annex IX.

¹ Annex IX. Transcripcions de les entrevistes.

MOTIVACIONS I DIFICULTATS

La passió pels boscos del meu entorn, així com la preocupació pel canvi climàtic i l'afectació d'aquests ecosistemes en un futur, han estat la principal motivació per tal de triar el tema d'aquest treball. Des de ben petit, he gaudit fent excursions, observant les plantes i animals, però també era conscient que els humans hem pertorbat l'equilibri de la natura. Sempre que realitzo trajectes amb cotxe, m'he fixat en els nius de processonària. És per això que poder fer un treball per tenir més coneixement sobre els nostres boscos i com ajudar a establir l'equilibri natural d'aquests ecosistemes em va motivar per triar aquesta temàtica.

Les dificultats més destacables a l'hora de realitzar el treball, ha estat poder contactar i obtenir informació de les institucions. Per tal d'obtenir les dades vaig haver de ser molt persistent i pacient, a diferència dels científics i centres d'investigació que de seguida van estar molt contents que mostrés interès per aquestes temàtiques. Des del primer moment, van estar molt predisposats a facilitar-me informació i resoldre les meves consultes.

Referent a la part pràctica, aquesta ha tingut un replanteig important durant la realització del treball. Ja que, amb les dades de les quals disposava de l'Ajuntament de Terrassa, no podia fer l'anàlisi prevista, perquè els tractaments que fan són molt sistemàtics. Un altre dels aspectes plantejats per a la part pràctica, era fer treball de camp acompanyant a tècnics treballadors de la Generalitat. L'objectiu era valorar el grau d'afectació d'uns boscos concrets. Però no es va poder fer per un inconvenient de les assegurances. Amb aquests impediments, la part pràctica plantejada en un inici ha sofert modificacions considerables, trobant alternatives que finalment han permès extreure conclusions profitoses.

PART I. PERTORBACIONS FORESTALS

En aquesta primera part, es fa un recull de conceptes i informació rellevant relacionada amb les pertorbacions forestals i amb el canvi climàtic. Aquesta part és necessària per poder comprendre altres conceptes que apareixen més endavant al treball.

1. Pertorbacions forestals

1.1. Què és una pertorbació forestal?

Les pertorbacions són processos que modifiquen els patrons espacials i temporals de la composició específica d'un sistema (presència, abundància, riquesa), l'estructura (vertical i horitzontal de la biomassa i dels organismes) i la dinàmica i el funcionament dels ecosistemes (cicle de nutrients, interaccions entre espècies...) (Bormann i Likens, 1979; Pickett i White, 1985). És a dir, tot succés que modifica l'ecosistema forestal de forma considerable.

1.2. Tipus de pertorbacions forestals

Els tipus de pertorbacions forestals més habituals són els següents:

- **Incendis:** Un incendi forestal s'entén com la propagació no controlada de foc sobre la vegetació que troba al seu pas. Hi ha molts tipus, i poden ser causats per diversos factors, el més elevat és per negligències amb un 43% dels incendis provocats, segons un estudi dels bombers del 2017.
- **Ventades:** Una ventada és un augment de la intensitat de vents durant un interval curt de temps. Pot causar la caiguda d'arbres sobretot d'arbres alts i amb arrels poc profundes com és el cas dels pins, perquè es produeix un efecte palanca.
- **Allaus:** Gran massa de neu que llisca per un pendent de forma violenta arrossegant tot el que es troba per davant. Un pendent nevad on hi hagi la presència de bastants arbres es redueix el risc d'allau.
- **Plagues:** Aparició massiva d'organismes de la mateixa espècie que causen greus destrosses en ecosistemes, desestabilitzant la seva dinàmica i en molts casos provocant una reducció o extinció de la població d'altres espècies.

En aquest TDR, tractarem en profunditat aquest tipus de pertorbació, en concret de les erugues processionàries (*Thaumetopoea pityocampa*) que afecten sobretot a les coníferes.

- **Sequera:** Anomalia climatològica transitòria la qual, durant aquell període, la disponibilitat hídrica de l'àrea és baixa en comparació amb la disponibilitat habitual. És a dir, no hi ha la suficient aigua per proveir les necessitats dels organismes d'aquell ecosistema. Aquesta pertorbació és clau tenir-la en compte a l'hora d'estudiar el clima d'una zona forestal concreta.

1.3. Característiques de les pertorbacions

Per poder descriure i tenir més coneixement d'una pertorbació forestal s'utilitzen diferents paràmetres per a caracteritzar i identificar els factors que han tingut una rellevància en ella. Aquest són els següents:

- **Intensitat:** És una magnitud física que mesura el registre màxim d'un factor. Si per exemple estem analitzant un incendi serà la temperatura màxima, si estem analitzant una ventada serà la ratxa màxima de vent o si estem analitzant una pluja àcida serà el pH més baix de la pluja.
- **Severitat:** Grau d'afectació que ha tingut aquesta pertorbació. Per exemple percentatge d'arbres morts. En molts casos es confon la intensitat amb la severitat, per exemple un incendi pot tenir una intensitat alta, hi ha registres de temperatures màximes molt altes, però pot no haver afectat gaire al bosc, és a dir amb severitat baixa. En canvi, pot haver-hi un incendi que es produeixi a sota terra quedant afectades les arrels dels arbres. En aquest cas, podria tenir molt poca intensitat, però en cremar-se les arrels podria causar la mort dels arbres, o sigui podria ser molt sever.
- **Extensió:** Component espacial que quantifica l'àrea que ha estat afectada. Per exemple, nombre d'hectàrees cremades.
- **Freqüència:** Component temporal que indica la recurrència d'aquesta pertorbació. Per exemple: incendis/any, mesos de sequera/dècada.
- **Estacionalitat:** Indica l'època de l'any el qual es produeixen aquestes pertorbacions.

Com es pot observar a la figura 1, hi ha una tendència a què les pertorbacions amb menys extensió i severitat són les més freqüents, en canvi, les pertorbacions amb més extensió i severes són les menys freqüents.

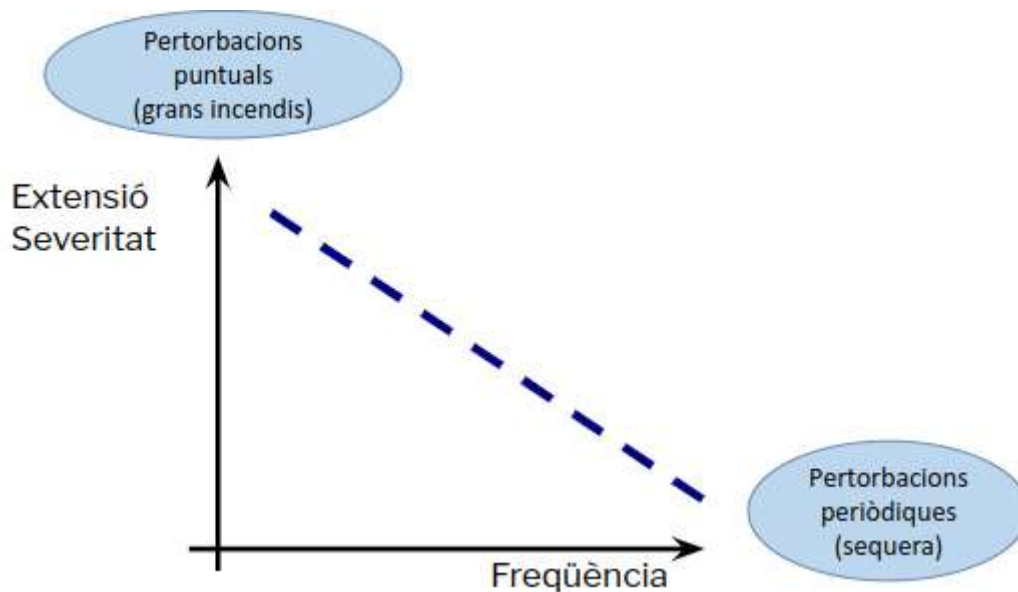


Figura 1. Relació de freqüència (X) i extensió/severitat (Y) aplicat en les pertorbacions forestals.
Font: Lluís Coll i Mir, professor de la Universitat de Lleida.

2. Canvi climàtic

2.1. Relació canvi climàtic i món

S'entén com a canvi climàtic la variació global del clima de la Terra, provocada tant per factors naturals com per l'activitat humana. Des que es va formar la Terra, el planeta ha experimentat diversos canvis climàtics a causa de fenòmens naturals (variacions en l'òrbita de la Terra, impacte de meteorits, canvis en la circulació oceànica, etc.).

Des de la comunitat científica s'alerta que el canvi climàtic actual és conseqüència de l'activitat humana, sobretot per la crema massiva de combustibles fòssils.

Això engloba alguns conceptes claus en aquest tema.

→ **Efecte hivernacle:**

Parlem d'efecte hivernacle com el procés físic que fa que la Terra s'escalfi. Aquest efecte es produeix perquè hi ha alguns gasos que tenen la característica de captar amb més facilitat la radiació solar. Aquests gasos s'anomenen gasos d'efecte hivernacle. De fet, tots els gasos capten radiació solar, però hi ha alguns que ho fan en proporcions més altes. Aquests capten la radiació solar que ha rebotat de la Terra i després l'alliberen i es converteix en energia tèrmica, la qual fa que la temperatura global de la Terra augmenti (Figura 2). Els principals gasos d'efecte hivernacle són: CO₂, N₂O, CH₄ i CFC (clorofluorocarbonis).

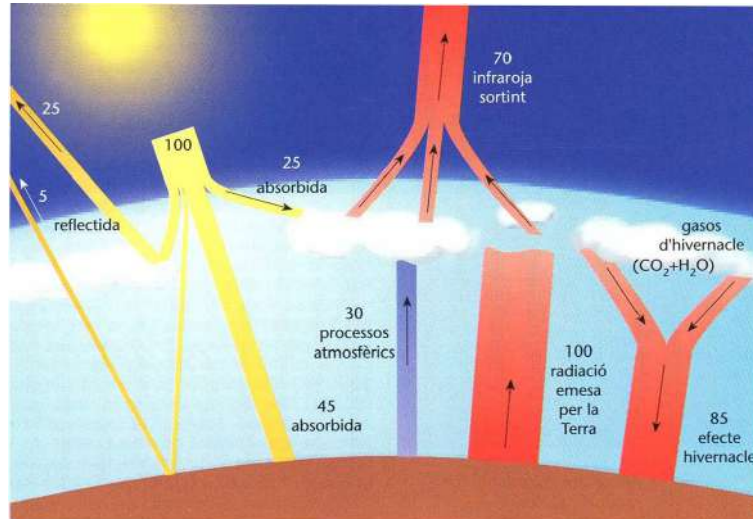


Figura 2. Explicació efecte hivernacle.

Font: Enciclopèdia Catalana.

La majoria de gasos d'efecte hivernacles són el producte final de reaccions de combustions d'indústries que utilitzen els combustibles fòssils.

Charles Keeling va inventar un aparell per mesurar amb precisió el nivell de CO₂ a l'aire l'any 1957, i va establir un observatori per fer-ho. Aquest observatori està a Mauna Loa (Hawaii), ja que és un lloc on no hi ha gaires indústries que puguin alterar la composició de l'aire. Així doncs, els valors obtinguts no es podien ser alterar.

El març del 2021 es va registrar 417,64 ppm (parts per milió) de CO₂ a l'atmosfera, mentre que el març del 2022 el nivell era de 418,81 ppm.

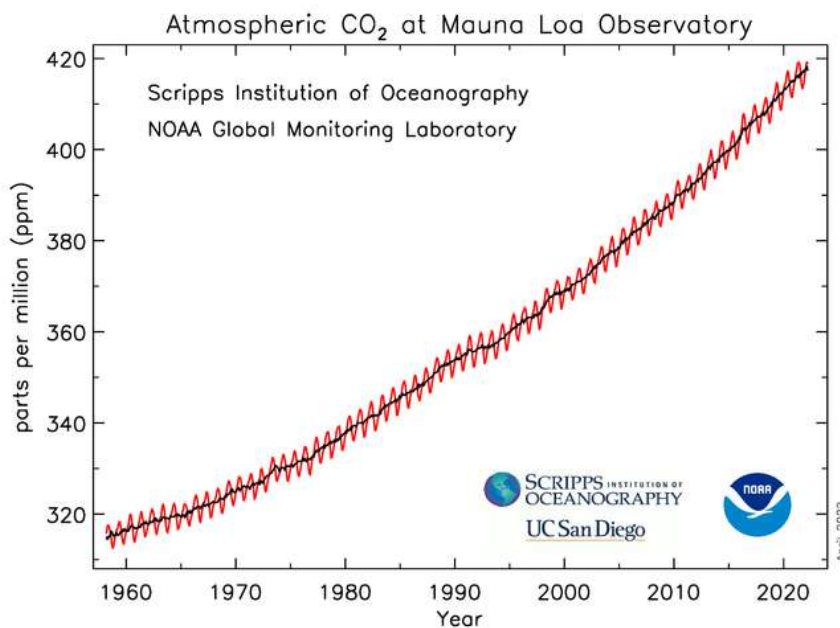


Figura 3. Nivells de CO₂ a la terra d'ençà que hi ha un registre.

Font: Global Monitoring Laboratory.

Com s'observa a la figura 3, hi ha una tendència creixent dels nivells de CO₂ a l'atmosfera. Això significa que cada cop hi hagi més efecte hivernacle, significat un augment de temperatura.

→ **Escalfament global:**

S'entén per escalfament global l'augment de la temperatura mitjana de la Terra.

Aquest fenomen és causat per l'excés d'emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, derivat de l'activitat humana. Aquesta pujada s'ha estat produint des de la primera revolució industrial i, en últims anys, s'ha accelerat.

Per comprovar d'una forma gràfica he creat amb l'ajuda del KNMI Climate Change Atlas (Figura 4) un mapa que compara la diferència de temperatura de dos períodes, del 1900 al 1920 i del 2000 al 2020.

mean rcp45to85 temperature 2000-2020 minus 1900-1920 Jan-Dec AR5 CMIP5 subset

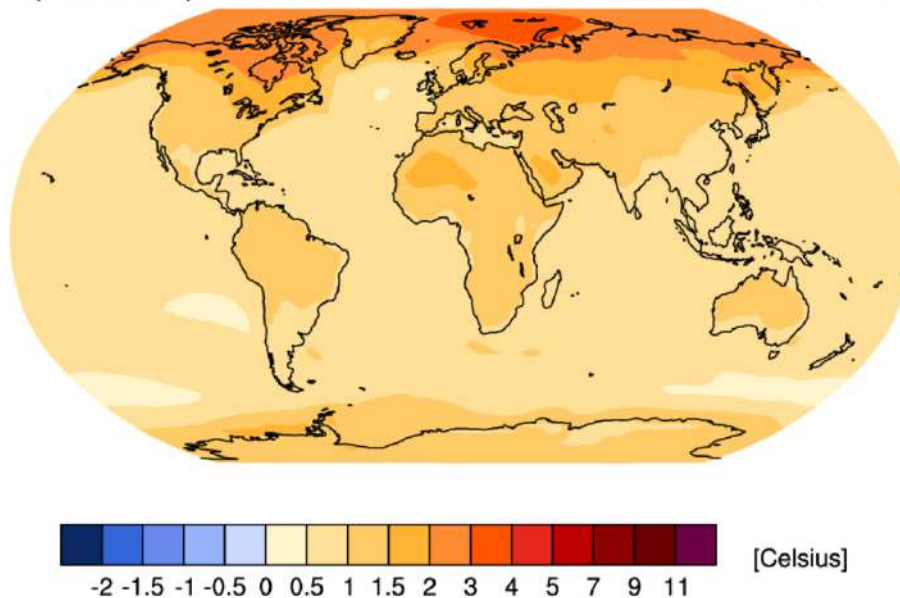


Figura 4. Diferència de temperatura a la superfície entre dos períodes 1900-1920 i 2000-2020.
Font: mapa creat amb KNMI Climate Change Atlas.

Es pot veure de forma clara com hi ha hagut un augment significatiu de temperatura. En general, hi ha un augment entre d'1 °C i 1,5 °C i, al pol nord de 2 °C i 3 °C.

Potser ens pot semblar un augment insignificant, però això té conseqüències globals molt grans, ja que pot canviar la dinàmica i les xarxes tròfiques dels ecosistemes.

Hi ha científics que han volgut fer prediccions de les temperatures del clima del futur. Per fer això, s'han creat diferents models els quals tenen en compte diferents variables.

Existeixen molts models, però ens centrarem en els models RCP (Trajectòries de concentració representatives) (Figura 5) proposats per l'IPPC (Panell Intergubernamental d'Experts del Canvi climàtic). Es descriuen diferents casos segons possibles escenaris d'emissions futurs.

- **RCP 2.6:** És un escenari que es basa en una emissió molt estricta de gasos, és a dir amb moltes restriccions d'emissions. Es preveu que a partir del 2050 les concentracions de CO₂ a l'atmosfera començaran a baixar. S'aconseguiria no augmentar més de 2 °C a la Terra.
- **RCP 4.5:** Aquest model es basa en una estabilització d'emissions de CO₂ el 2100, i la utilització de tècniques de reducció de gasos GEI. Es prediu un augment de més de 2 °C a la Terra.
- **RCP 6:** Model el qual es basa en una estabilització d'emissions de CO₂ el 2100, es prediu un augment de més de 3 °C a la Terra.
- **RCP 8.5:** És un model on les emissions continuen augmentant durant tot el segle XXI, a l'escenari "business as usual" ("negocis com sempre"). És a dir, que es continua fent les coses igual que ara. Prediu un augment de més de 4 °C a la Terra.

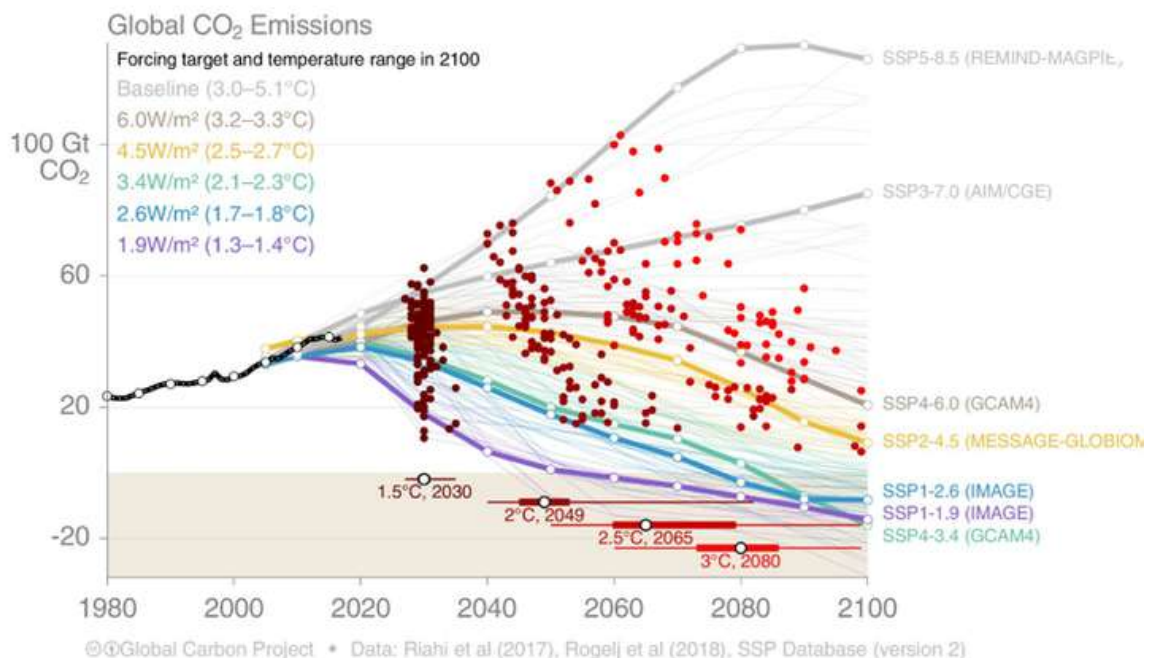


Figura 5. Correlació CO₂ amb els diferents models RCP.
Font: CICERO Center for International Climate Research (Oslo).

→ **Canvi climàtic antropològic:**

Actualment, estem vivint un conjunt de processos i fenòmens que provoquen alteracions en l'equilibri del nostre planeta com per exemple, la desforestació, espècies invasores, contaminació, sobrepesca... Això provoca un canvi global, a escala mundial, ja que les interaccions entre els ecosistemes canvien la seva dinàmica (Figura 6).

El canvi climàtic té efectes sobre la fenologia de les espècies, és a dir, canvis amb el seu cicle vital, fent que normalment s'acceleri molt més la sortida de fulles dels arbres o l'eclosió dels ous d'alguns insectes. També hi ha un efecte en la seva distribució, com que el clima està canviant amb una tendència d'augment de temperatures, les espècies d'éssers vius s'han de desplaçar, per trobar les mateixes condicions que tenien en un altre lloc. Un exemple molt gràfic és el desplaçament del *treeline* (Figura 7) dels arbres cap a una alçada més alta, buscant les mateixes condicions que tenien però ara a una altitud més alta.



Figura 6. Conseqüències del canvi climàtic.

Font: diagrama de Peñuelas et al. 2004 (adapted from Hughes 2000).

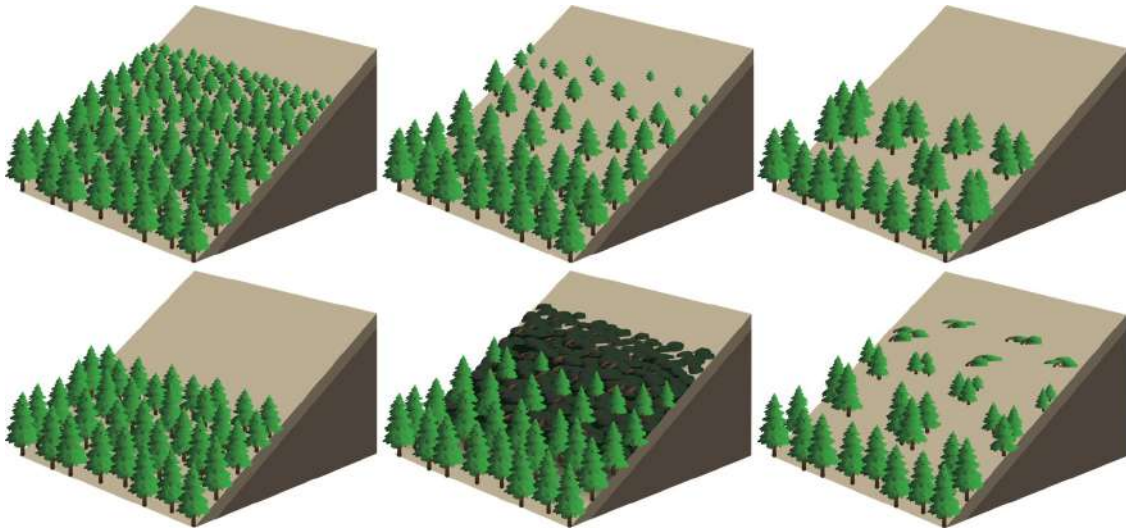


Figura 7. Diferents tipus de *treeline*. Font: Maaïke Bader, November 10, 2020.

Aquest canvi global tindrà alguns efectes en el nostre dia, a continuació s'explica alguns dels efectes del canvi climàtic que tindrem.

La informació de continuació ha estat extreta i sintetitzada de dos articles² la pàgina web de Greenpeace, una ONG activista la qual està lluitant dia a dia pels nostres drets i per un món més just socialment i ambientalment.

- **Desertització:** Si continua augmentant la temperatura mitjana del planeta, l'any 2090 la península Ibèrica serà com el Sàhara, segons la revista Science. Avui dia, el 20% de la Península es pot considerar desert. Set de les deu conques hidrogràfiques amb una sequera crònica major d'Europa es troben a Espanya, i gairebé el 75% del territori espanyol està en risc de convertir-se en un desert a la fi de segle.
- **Fenòmens meteorològics extrems:** Superar el límit d'1,5 °C significa un increment major de la calor extrema, de les pluges torrencials i de la probabilitat de sequeres. La tropicalització dels oceans comporta un índex d'evaporació més alt i, per tant, un augment de la nuvolositat, la qual cosa facilita la formació de fortes tempestes i altres fenòmens meteorològics. Els hiverns més humits i una mar més calenta augmentarà el risc d'inundacions sobtades a la Mediterrània.

² Consultar la webgrafia

- **Augment de temperatura:** La latitud en la qual se situa el nostre país serà especialment colpejada per l'escalfament global. Això significa que les ones de calor a l'estiu seran més implacables i duradores. Es preveu que les temperatures pugin fins a 6 °C en 2100, cosa que provocarà un increment de les condicions d'aridesa, així com més esdeveniments extrems de precipitació.
- **Biodiversitat:** El canvi climàtic està afectant processos essencials de molts organismes, com el creixement, la reproducció i la supervivència de les primeres fases vitals, i pot arribar a comprometre la viabilitat d'algunes poblacions. Els aiguamolls es troben en risc de desaparèixer totalment, i espècies com l'os bru o la surera estan en perill d'extingir-se al nostre país. D'altra banda, ens trobem amb una proliferació d'espècies invasores, com ara meduses o mosquits tigre, en detriment d'altres espècies autòctones, com els caragols marins. En els nostres mars s'observa una disminució d'espècies d'algues, com les algues vermelles al Cantàbric. Els esculls de corall del mediterrani es troben greument afectats.
- **Incendis:** El canvi climàtic transformarà el règim d'incendis en els pròxims anys, i provocarà fenòmens més intensos i una desforestació major per la disminució de la capacitat de recuperació dels boscos mediterranis. L'augment de la temperatura mitjana i la disminució de les precipitacions crearan el brou de cultiu ideal per als incendis, especialment a les zones d'alta muntanya.
- **Desglaçament:** Al nostre país s'ha perdut ja més del 80% de les glaceres pirenaïques i, per al 2050, podrien desaparèixer de forma irreversible. El Mont Perdut ha disminuït una mitjana de 5 metres de grossor en les últimes dècades, encara que hi ha punts on són fins a 14 metres menys. En general, retrocedeix un metre a l'any. De les 52 glaceres que hi havia en 1850 n'han desaparegut ja 33, la majoria després del 1980. Les 3.300 hectàrees de llengües de gel que hi havia a principis del segle XX al Pirineu s'han reduït a 390.
- **Pujada del nivell del mar:** S'espera una pujada d'entre 10 i 68 cm el nivell del mar per a final d'aquest segle. Hi haurà pèrdues d'un nombre important de platges, sobretot al Cantàbric i a bona part de les zones baixes costaneres s'inundaran deltes de l'Ebre, del Llobregat, la Manga del Mar Menor i la costa de Doñana.

- **Qualitat de l'aire:** La qualitat de l'aire en general, i la de les ciutats en particular, es degrada si la concentració de determinats contaminants atmosfèrics supera els valors límits establerts. Respirar aquest aire insà perjudica la salut dels ciutadans. Els últims anys ha augmentat la preocupació per un contaminant molt singular, l'ozó troposfèric. Aquest és el causant de 17.000 morts prematures a la Unió Europea a l'any, de les quals, 1.800 són a Espanya.
- **Salut:** Les ones de calor i de fred tenen conseqüències greus per a la salut pública, ja que poden agreujar les malalties cardiovasculars i respiratòries i, fins i tot, poden causar la mort. Respirar aire contaminat provoca més de 30.000 morts prematures a Espanya cada any. A més, la pujada de la temperatura mitjana afavorirà les condicions perquè apareguin nous tipus de mosquits i animals, que portaran malalties contagioses.
- **Agricultura, ramaderia i pesca:** Algunes de les nostres produccions agrícoles tradicionals ja es veuen afectades directament per l'augment de les temperatures. L'erosió i l'aridesa del sòl estan reduint dràsticament la productivitat agrícola. El 70% dels cultius principals a Espanya depenen de la pol·linització d'insectes com les abelles. Però l'augment de les temperatures, l'ús de pesticides nocius o l'expansió de depredadors com la vespa asiàtica i l'abellerol, han comportat el descens de les seves poblacions.
Respecte a la ramaderia, els canvis climàtics en les estacions modificaran la vegetació que serveix d'aliment de la ramaderia extensiva.
La pesca també pateix els efectes del canvi climàtic. A mesura que augmenta la temperatura del mar, algunes espècies natives no poden sobreviure i algunes altres invasores s'expandeixen.

2.2. Clima vs. temps

Per entendre el canvi climàtic, s'ha de diferenciar clima i temps.

El temps són les variacions diàries de les condicions de l'atmosfera, en canvi, el clima és un patró de temps establert durant un llarg període de temps. Per poder estudiar i determinar un clima s'ha d'estudiar com a mínim les temperatures de 25-30 anys anteriors, tot així com més registres de temperatures es disposin, es podrà determinar el clima amb més precisió.

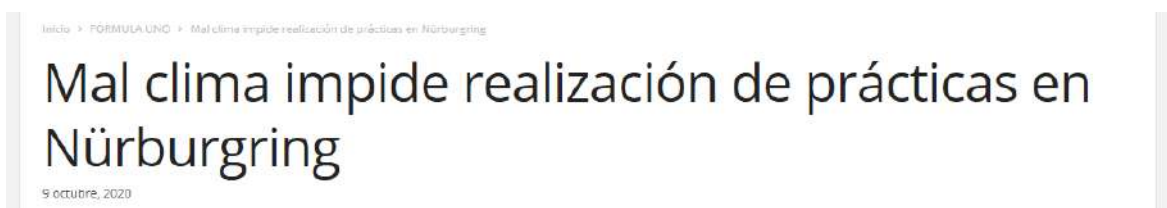
Moltes vegades, alguns periodistes han confós temps amb clima i han errat en el seu titular de la notícia. A continuació, es deixen alguns titulars d'algunes notícies amb aquesta errada.

MONTCADA

La climatologia va impedir que les falleres fessin la seva ofrena a la Mare de Déu a l'ermita de Santa Bàrbara de Montcada

La pluja de el 18 de març va fer que es canviessin els plans i finalment l'ofrena es va realitzar des de l'Ajuntament fins a l'església de Sant Jaume, on esperava la imatge titular de la "Geperudeta"

*El temps va impedir... A causa del mal temps no es va poder fer les falles, i no pas a causa del clima.



*Mal tiempo impide...



*La meteorología...



* El mal tiempo...

2.3. Meteorología vs. Climatología

Definim meteorologia com a part de la física que estudia els fenòmens de l'atmosfera, la climatologia, el vent, la pluja... En canvi, es defineix climatologia com la ciència que estudia el clima, les varietats i els canvis i les causes d'aquesta.

La meteorologia estudia fenòmens com la pluja i, és per això, que utilitzen estacions meteorològiques per obtenir registres de temperatures, ràfegues de vents, quantitat de litres per m² de pluja... per això han d'utilitzar diferents instruments.

A Espanya trobem una xarxa de dades meteorològiques molt potent, en l'àmbit nacional tenim l'AEMET (Agència Estatal de Meteorològic) i en l'àmbit català tenim el Meteocat (Servei Meteorològic de Catalunya). Us convido que consulteu les seves respectives web: 1) Meteo.cat 2) AEMET .

El clima ve caracteritzat pel valor que prenen els elements climàtics i com varien al llarg d'un any “tipus”. La climatologia recull les dades que s'han aconseguit en les estacions meteorològiques i les estudia en gran conjunt, a partir d'aquí, poden fer preedicions de les temperatures futures. Al final, el clima és el món de les mitjanes, ells diuen quina serà la mitjana de temperatures d'un mes. Però després, pot esdevenir que la temperatura d'un dia d'aquell mes sigui més alta o més baixa. Tot així és molt útil, sobretot per fer climogrames de zones, per veure quins mesos tenen seques, quins mesos fa més calor... Gràcies a aquesta ciència podem saber els diferents microclimes d'Espanya (Figura 8) i del món.

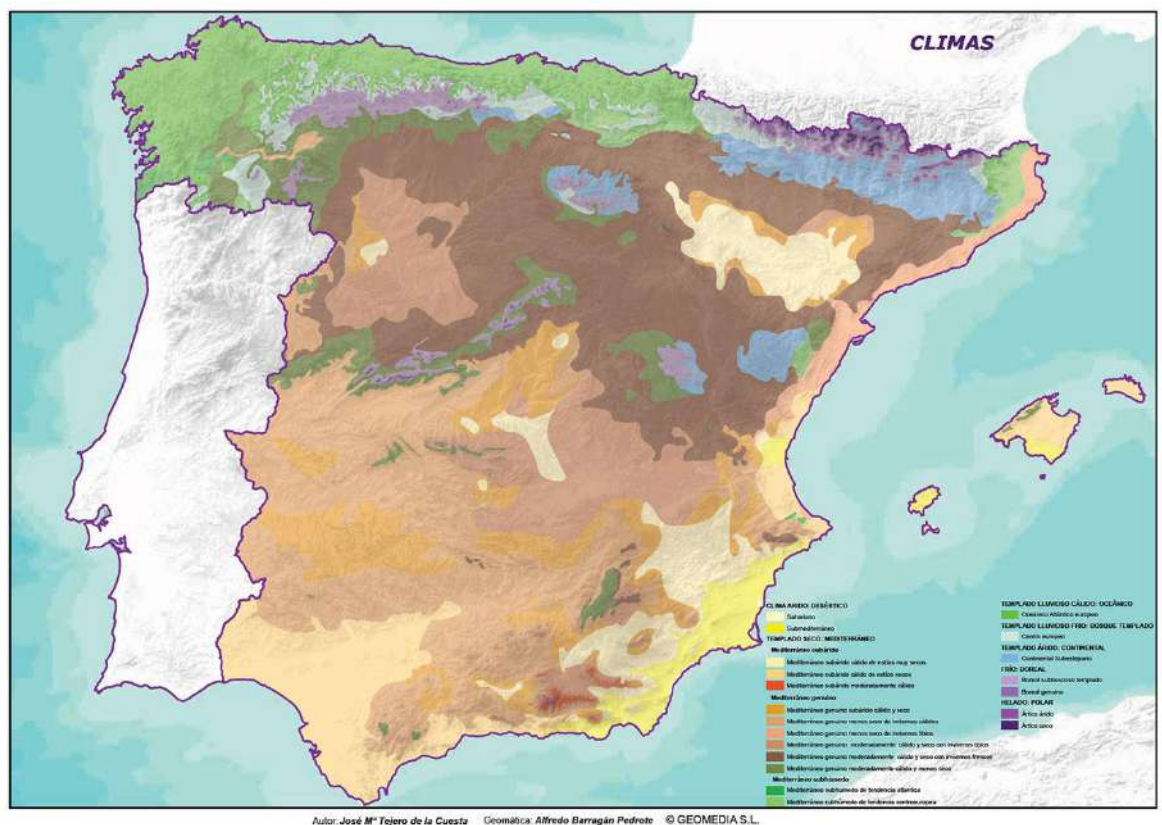


Figura 8. Classificació de microclimes d'Espanya. Font: Allué-Andrade.

2.4. Biomes

Per entendre bé el canvi climàtic hem de saber que és un bioma.

Un bioma és un conjunt de comunitats biològiques que es formen en resposta al clima d'un lloc, les quals comparteixen règim climàtic (Figura 9), tipus de vegetació (flora) i tipus d'espècies d'animal (fauna). Es veuen influenciats per la latitud del lloc, la temperatura, l'estacionalitat, les precipitacions, l'elevació i altres factors ambientals (Figura 10).

El canvi climàtic produirà un desplaçament d'alguns biomes cap al nord d'algunes regions. Això significarà que alguns biomes de zones desapareixeran, i la seva dinàmica i el clima d'aquella zona canviarà totalment. Tot això comportarà canvis de fauna i flora de la zona, extingint algunes de les espècies d'éssers vius autòctons de la zona i canviant el paisatge totalment.

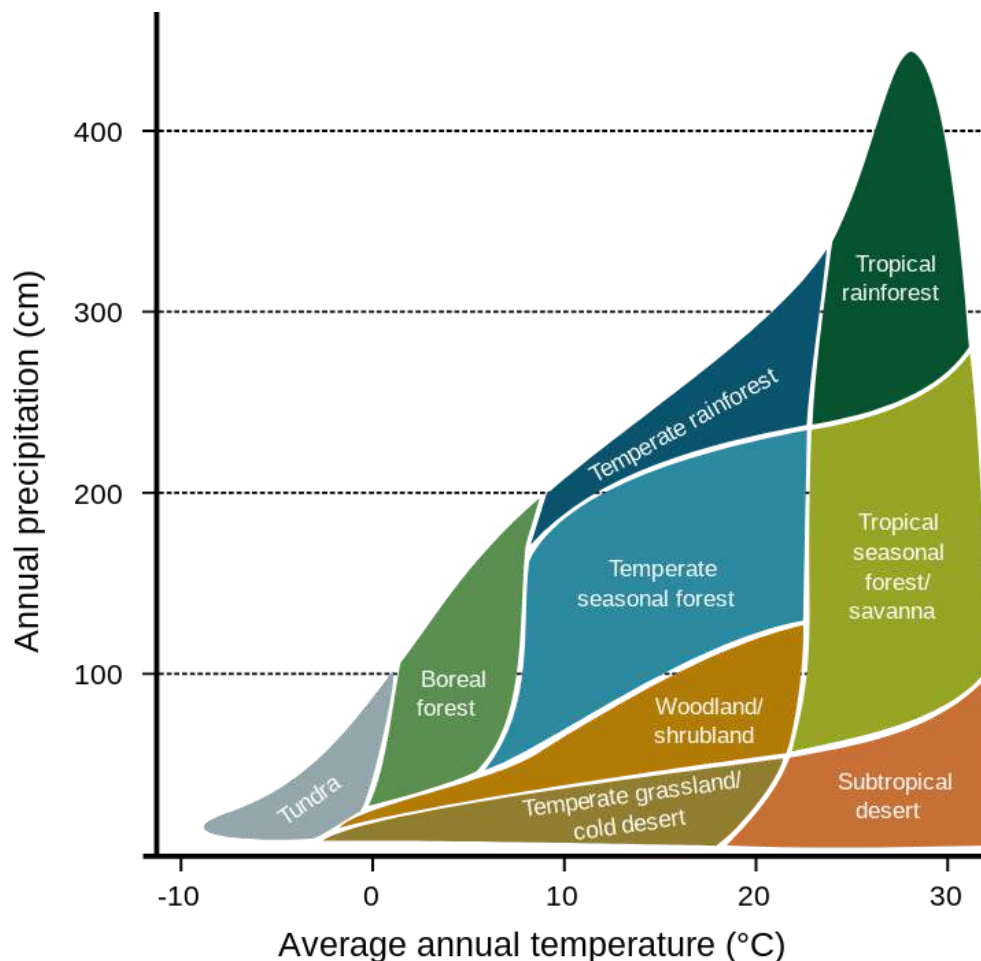


Figura 9. Diferents biomes del món classificats segons temperatura i precipitació
Font: Climate influence on terrestrial biome de Navarra (domini públic).

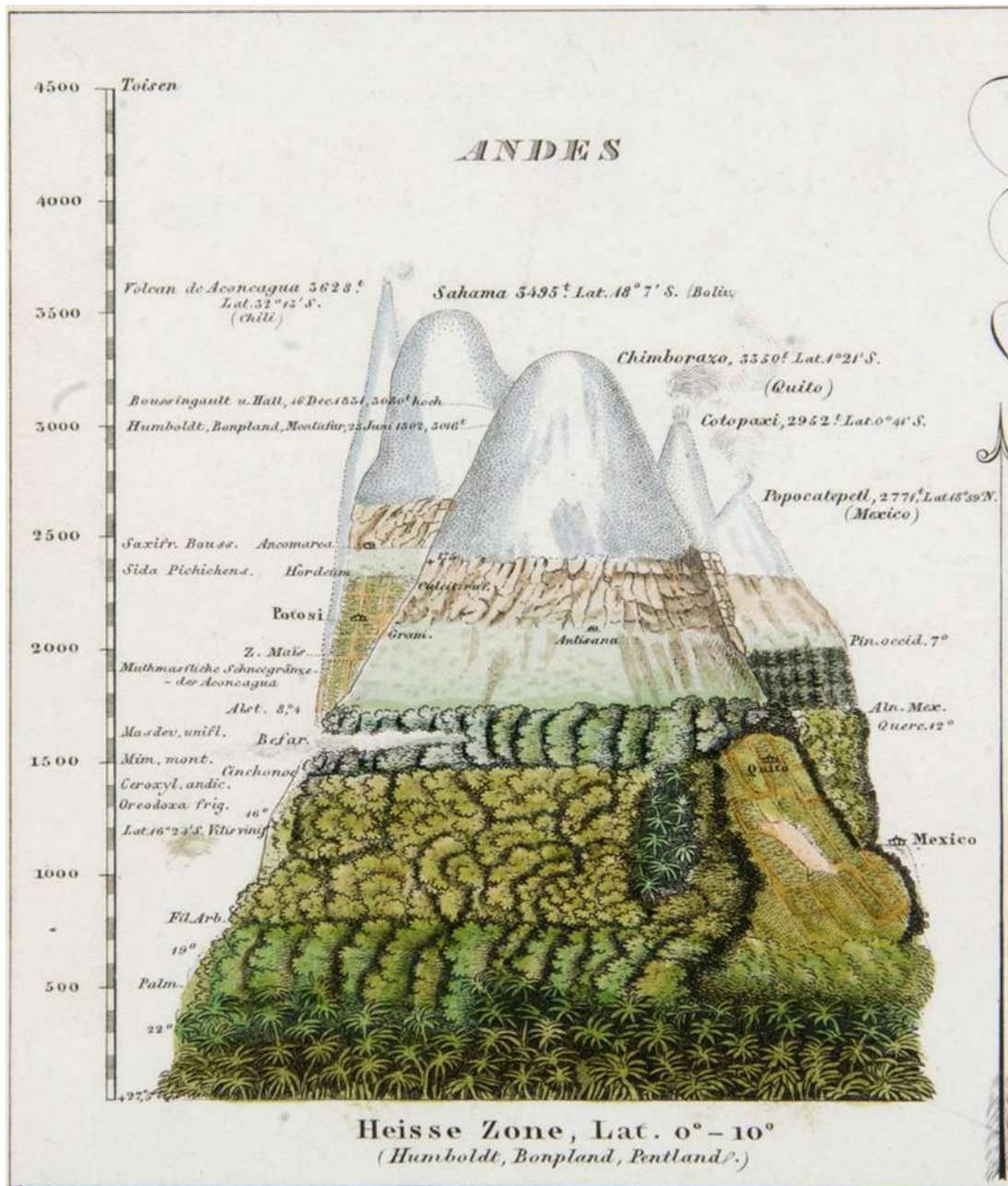


Figura 10. Imatge històrica de la vegetació dels Andes del gran naturalista i explorador alemany Alexander von Humboldt. Font: A. Von Humboldt.

PART II. ERUGUES PROCESSIONÀRIES

Aquesta part tracta sobre la processionària del pi. La informació parteix de la cerca bibliogràfica feta amb l'article que vaig desenvolupar l'any passat (Serrat et al., 2022) i ampliant diferents aspectes amb més recerca bibliogràfica.

3. Erugues Processionàries

3.1. Què són les erugues processionàries?

La processionària (*Thaumetopoea pityocampa*) (Figura 11) és una de les plagues més devastadores de coníferes, particularment en la zona Mediterrània, tant des del punt de vista econòmic com ambiental (Devkota & Schmidt, 1990). La processionària és un insecte gregari³ defoliador⁴ univoltí⁵ i polípag, que s'alimenta de coníferes (Pimentel et al., 2006), sent les zones supramediterrànies, amb estiu i hiverns suaus, el nínxol ecològic òptim per al seu desenvolupament (Rousselet et al., 2010).



Figura 11. Niu de processionària (*Thaumetopoea pityocampa*) Font: blog del CREA.

³ **Gregari:** Grups d'individus de la mateixa espècie agrupats per aconseguir la seva supervivència.

⁴ **Defoliador:** Insecte que s'alimenta de les fulles dels arbres.

⁵ **Univoltí:** Organisme que només produeix una sola generació cada any.

3.2. Cicle vital de les erugues processionàries

El cicle vital de la processionària comença amb la posta dels ous a les acícules del pi, durant els mesos de juliol i agost. Al setembre, es produeix l'eclosió dels ous, moment en què les larves comencen a desenvolupar-se gràcies a l'aliment que obtenen de les acícules dels arbres (Devkota & Schmidt, 1990). Els pins ofereixen aliment a les erugues en qualsevol època de l'any, ja que són perennes, proporcionant, així, estabilitat al seu cicle vital (Berardi et al., 2015). Per contra, en la fase larvària la processionària pot arribar a defoliar l'arbre completament. Entre l'octubre i novembre, amb el descens de les temperatures, les erugues creen un niu de seda que els hi permet suportar temperatures hivernals mínimes d'entre 0-8 °C dintre del niu (EPPO, 2021). És també en aquesta època de l'any quan les larves desenvolupen les seves defenses repel·lents urticants (Pimentel et al., 2006). Durant els mesos de febrer i març, les erugues baixen de l'arbre fent una processó i s'enterren. Finalment, es transformen en una crisàlide durant el mes d'abril. Més tard, cap al juny, la crisàlide eclosiona, moment en què les arnes adultes, amb capacitat reproductiva, tenen 24-48 hores de vida per aparellar-se, fer una posta d'aproximadament 200 d'ous i morir, llavors el cicle comença de nou (Hódar, 2015; Berardi et al., 2015).

Després d'aquesta explicació cal destacar que l'eruga processionària, s'ha d'entendre com un insecte gregari. El seu cicle vital depèn molt sobre les condicions climàtiques de cada any, és per això que el seu cicle pot variar un mes amunt o avall (Figura 12). Quan aquests insectes estan en fase d'eruga, es divideix aquest procés en 5 estadis. Aquests cinc estadis els passaran en el mateix pi on es van fer les postes dels seus ous. Com a mesura de protecció, durant els tres primers estadis (setembre-novembre) fan uns petits nius provisionals que els aniran canviant constantment. A partir del quart estadi ja fan un niu permanent per tot l'hivern, aquest serà el que es veurà des de la carretera de color blanc. Com ja he dit anteriorment, és en aquest punt que les erugues desenvolupen les seves defenses repel·lents urticants.

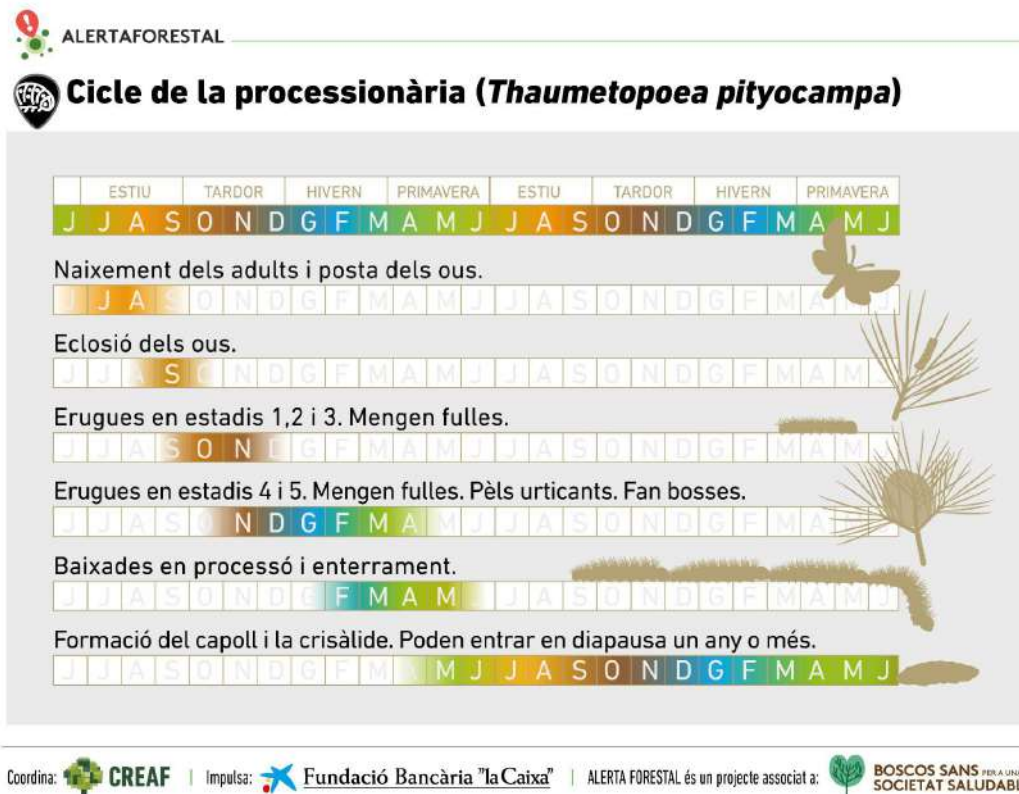


Figura 12. Estadis del cicle de la processionària (*Thaumetopoea pityocampa*)
Font: projecte d'AlertaForestal.

Segons alguns estudis de José Antonio Hódar i l'entrevista que li vaig realitzar el setembre del 2022, la processionària a part de tenir un cicle vital, també té una dinàmica cíclica poblacional i aquesta té una durada d'uns cinc-sis anys. Explica que amb una seguretat gairebé absoluta, aquesta dinàmica ha d'estar determinada per factors biològics (probablement per una combinació de l'efecte dels depredadors i els parasitoides amb disponibilitat d'aliment).

La defoliació mitjana d'un conjunt d'arbres es pot relacionar directament amb la població de processionària. Si una zona està molt defoliada, és perquè la població de l'eruga ha pujat molt. En José Antonio Hódar va estudiar la dinàmica cíclica de l'eruga al sud-est peninsular, i va veure que la dinàmica cíclica es manté des dels 0m fins a 2200m d'altitud amb independència de l'espècie de pi afectat (Figura 13). En un futur on es preveu un augment de temperatura, fa pensar que no canviarà gaire la dinàmica. És cert que la processionària no mostra dinàmiques cícliques en tots els llocs, per això no és tan desgavellat pensar que pugui haver-hi canvis significatius en la seva dinàmica.

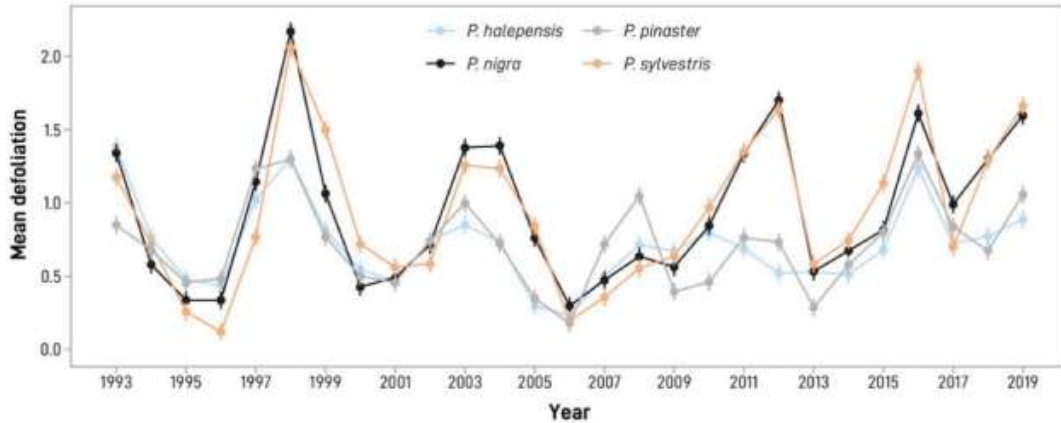


Fig. 6 Population trend (average defoliation index per winter) of PPM in Sierra Nevada. Trends are provided separately for each pine species

Figura 13. Respostes de les poblacions i comunitats animals al canvi climàtic i als canvis d'ús del sòl. Extret de: Zamora R, Hódar JA, Pérez-Luque AJ, Barea-Azcón JM. 2022. Págs. 193-211 en: Zamora R, Oliva M. (eds.) *The landscape of Sierra Nevada: A unique laboratory of global processes*. Springer-Verlag. Font: entrevista a Hódar.

3.4. Diapausa de la processionària

La processionària pupa⁶ s'enterra en el terra i al cap de diverses setmanes de metamorfosis emergeix com a arna adulta. Però, hi ha un tant per cent de pupes que no emergeix aquell mateix any sinó en els següents anys. Aquest reserva d'individus serveix per si en un any hi ha una mortalitat massiva a l'hivern i les larves no s'han pogut desenvolupar correctament. Normalment, es diu que el tant per cent d'erugues en diapausa és més gran com més fred fa al lloc, que aquí equivaldria a més altitud. En Hódar va publicar un estudi el 2015 on havia fet uns enterraments de processionària experimentals a Sierra Nevada en una altitud aproximada de 1650 m sobre el mar. El 95% de les arnes va emergir i un 5% es va quedar en diapausa.

En aquest estudi en Hódar va descobrir un fet important, en molt pocs casos les larves de processionària enterrades sobrevivia quan es trobava al terra d'un bosc frondós o de matollars, en canvi, en llocs de terra nu la seva supervivència augmentava molt més. Això explica per què la processionària busca esplanades sense quasi vegetació.

En Hódar va explicar aquest fet dient que era possible que fos major la presència de parasitoides i de patògens sota la cobertura vegetal que en un terra nu.

Un altre factor a tenir en compte és la temperatura, ja que la metamorfosi és un procés de canvi molt exigent i en un terra aïllat hi ha molta més irradiació solar que en un terra amb matolls.

⁶ **Pupa:** Estadi de desenvolupament intermedi dels insectes holometàbols entre la fase de larva i la d'adult. Sinònim: crisàlide.

Durant aquest estudi, també es va fixar si hi havia alguna relació entre el creixement de les eruges i la humitat. Va observar que la humitat no afectava la supervivència de l'eruga, però, en canvi, sí que afectava la seva fenologia⁷. Com menor era la humitat, és a dir que s'apropava a un clima més aviat amb sequera, abans és produïda l'eclosió de la crisàlide, arribant a avançar-se fins a un mes (Figura 14).

L'explicació d'aquest fet és que les larves de l'eruga són molt sensibles a les condicions climàtiques i la qualitat d'aliment que se'ls hi pot oferir, i una diferència d'un més és molt alta.

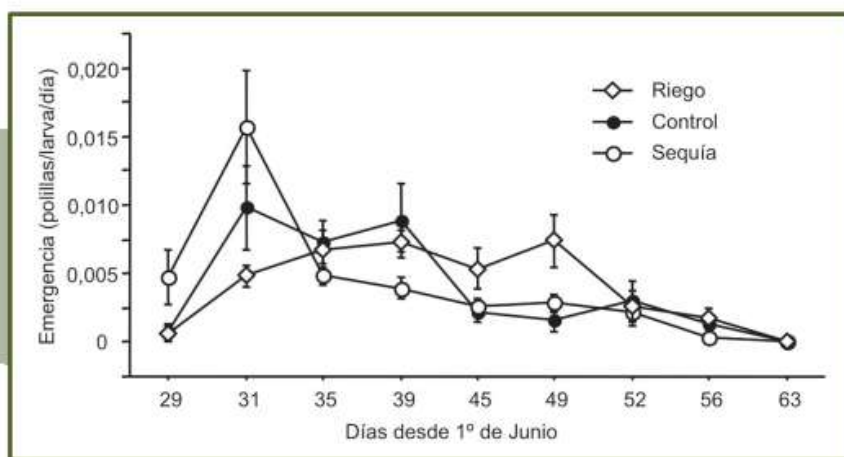


Figura 3. Fenologia de emergencia (medias \pm 1 error estándar) de las polillas de procesionaria en función del tratamiento de humedad en los enterramientos forzados en el Jardín de la Cortijuela. Riego: adición de 12 mm de agua por semana de abril a octubre; control: sin alteración del patrón natural de lluvia; sequía: reducción un 30% de la lluvia recibida de abril a octubre.

Figura 14. Gràfic on explica l'avançament de l'eclosió de la crisàlide a causa de la baixa humitat de l'ambient. En l'eix de les (X) tenim els dies que han passat des del dia 1 de juny i, en l'eix de les (Y) tenim l'eclosió d'arnes per larva que hi ha per dia. Font: Hódar et al., 2015.

Això indica que en un futur on les temperatures seran més altes (hiverns més suaus) i on hi hagi més sequeres (avançament del cicle de l'eruga), l'eruga arribarà més desenvolupada a l'hivern incrementant la seva supervivència. Un estiu més càlid i sec també fa que les fulles dels pins es desenvolupin més aviat, factor en què l'eruga surt beneficiada, ja que tindrà més menjar disponible (Hódar et al., 2015).

3.5. Distribució i evolució de la població d'eruges processionàries a Catalunya

⁷ **Fenologia:** ciència que estudia els cicles vitals dels organismes.

Mentre vaig fer la redacció del meu article (Serrat et al, 2002) vaig veure que durant els últims anys s'havia observat que tant l'extensió com la intensitat de l'erupció poblacional de la processionària havia augmentat, fins i tot en zones on fins ara era inexistent. Aquest increment respon principalment a l'augment de la temperatura que s'ha produït en els darrers anys (Battisti et al., 2005; Hódar, 2015). En un futur, un augment de temperatures i una reducció de precipitacions podria afavorir l'estabilitat de les larves durant l'hivern, ja que aquestes segurament naixerien abans de l'establert i, per tant, podrien arribar més desenvolupades de cara l'hivern. Per altra banda, un estiu més càlid i més sec podria permetre el creixement més aviat de les acícules, això suposaria que la processionària tindria disponibles fulles madures abans, cosa que també ajudaria a la supervivència de les erugues (Hódar et al., 2012). Per tant, tots els factors esmentats, afavoreixen la supervivència de les erugues, augmentant la problemàtica de la plaga.

A continuació, podeu veure unes captures realitzades el 21 juny 2022 les quals recullen els punts afectats per la processionària des del 2017 fins al 21 de juny del 2022 (Figures 15, 16 i 17). Cada punt representa una zona afectada per l'eruga. Per valorar el nivell d'afectació s'han fet 4 tipus de punts els quals identifiquen el nivell de defoliació dels arbres. Els punts vermells marquen que el nivell d'afectació és molt alt, els punts taronges indiquen que el nivell d'afectació és alt, els punts grocs donen a conèixer que el nivell d'afectació és moderat i, finalment, els punts verds que el nivell d'afectació és baix.

ANÀLISI I PREDICCIÓ DE L'AFECTACIÓ DE LA PROCESSIONÀRIA:
CATALUNYA I TERME MUNICIPAL DE TERRASSA

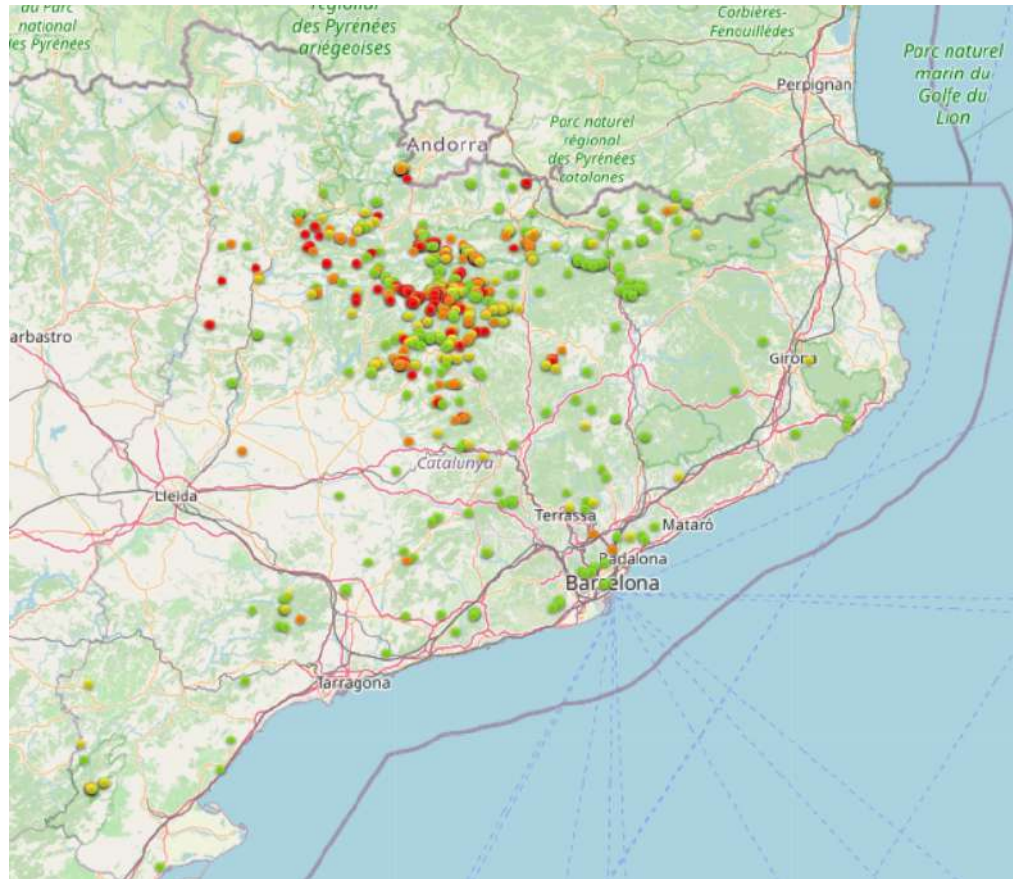


Figura 15. Afectació de l'eruga processionària a tota Catalunya.
Font: projecte d'AlertaForestal #processonaria.

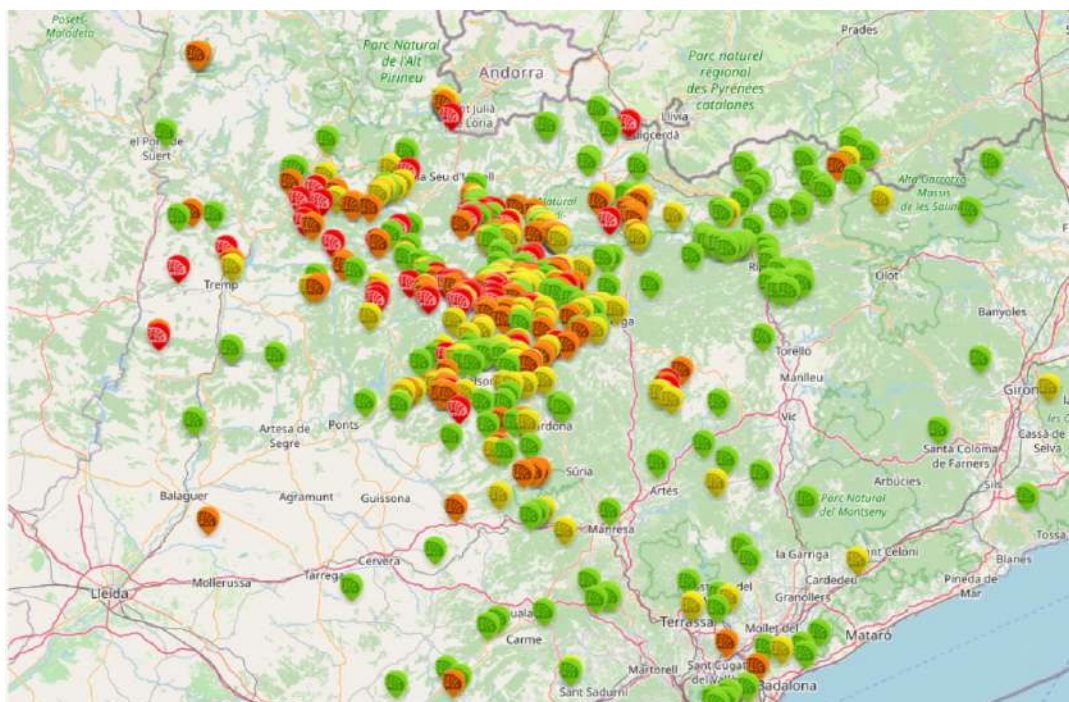


Figura 16. Afectació de l'eruga processionària a Catalunya central (Prepirineus)
Font: projecte d'AlertaForestal #processonaria.

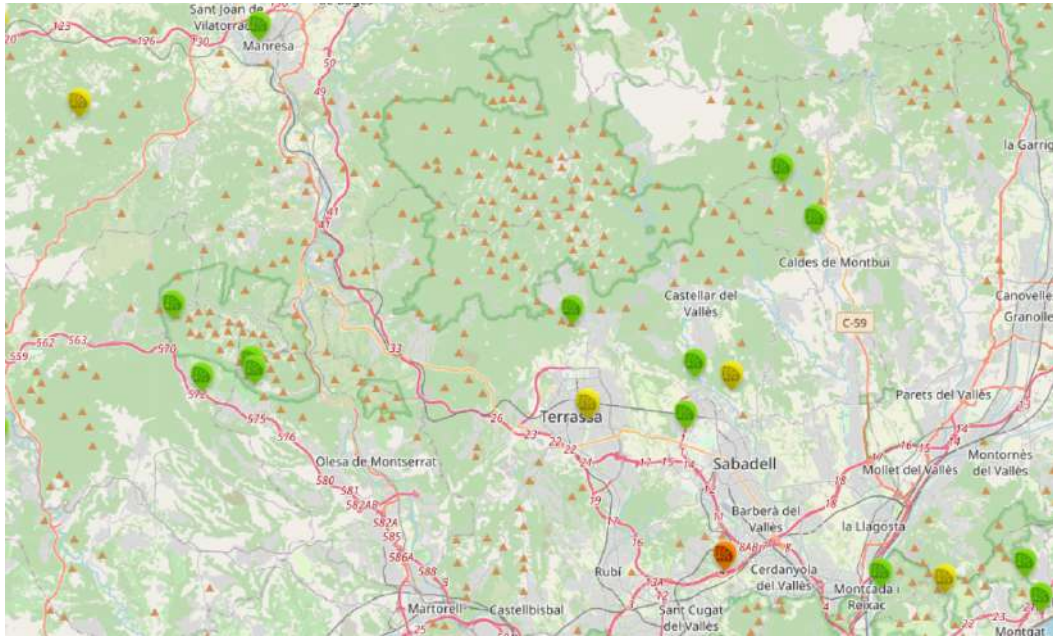


Figura 17. Afectació de l'eruga processionària en els voltants de Terrassa.
Font: projecte d'AlertaForestal #processonaria.

AlertaForestal és un projecte de ciència ciutadana el qual té l'objectiu d'analitzar l'estat de salut actual dels boscos de Catalunya. Així com preveure, per mitjà de models de simulació, com serà l'estat de salut d'aquests boscos en el futur tenint en compte el canvi climàtic i altres canvis ambientals que s'estan produint a escala global i local.

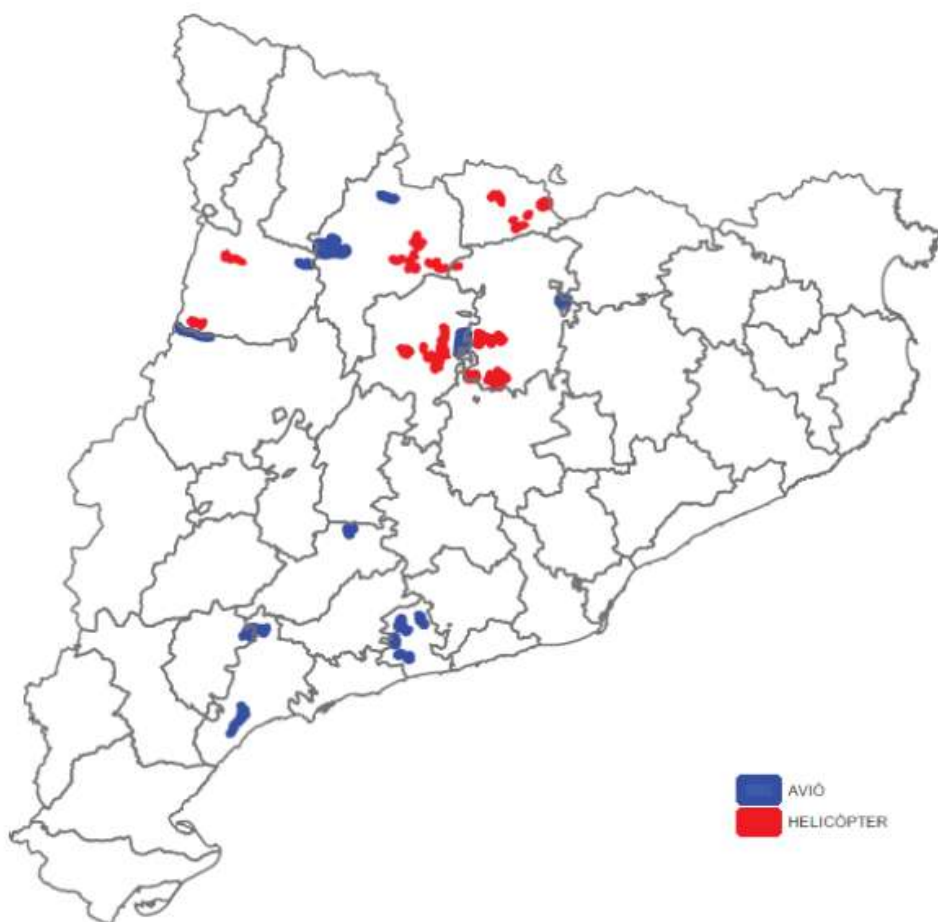
La ciutadania ajuda a recollir dades sobre els fenòmens que afecten la salut dels nostres boscos (plagues, sequeres, ventades, etc.). Per fer-ho, a través del mòbil, fan una fotografia de les zones afectades per un fenomen i l'identifiquen. Llavors aquestes observacions són enviades i processades per AlertaForestal, i es posa en un mapa indicant la zona afectada. El mapa generat és obert i pot ser consultat per tota la ciutadania, on es pot veure les zones afectades per un fenomen identificat per tu mateix i altres persones.

En tractar-se d'un projecte de ciència ciutadana no podem donar com a objectius els resultats obtinguts, ja que hem de tenir en compte moltes variables, per exemple, per on es mouen les masses de persones. Hi ha moltes persones que passen els caps de setmanes a la Cerdanya o pels voltants, és per això que podem predir que per aquella zona hi haurà moltes més identificacions que no pas a la Vall d'Aran, zona la qual està molt més allunyada i no és tan típic que la gent vagi a passar el cap de setmana.

És per això, que per veure si realment aquest mapa és fiable o està influenciat, necessitem un altre mapa i sobreposar els dos.

Aquest altre mapa que utilitzo (Figura 18), és el de les zones d'actuació de fumigament de la processionària del 2019. L'he extret de l'informe recull de "Pla d'aplicacions aèries per al control de la processionària del pi" per la campanya del 2019. Cada any, la Generalitat fa una fumigació de *Bacillus thuringiensis* a les àrees més afectades de tot Catalunya i crea un informe recull. En l'informe recull del 2019 es va crear un mapa de les zones afectades, i aquest és el que utilitzaré per contrarestar el mapa d'AlertaForestal.

Mapa de les zones d'actuació



TRACTAMENTS AÈRIS PROCESSIONÀRIA 2019

Figura 18. Zones d'actuació de tractaments aeris per fumigació de processionària dins el "Pla d'aplicacions aèries per al control de la processionària del pi" de la campanya del 2019 de la Generalitat de Catalunya. Font: informe recull d'actuació de la processionària del 2019 de la Generalitat de Catalunya.

Cada any, la Generalitat de Catalunya cap final d'anys crea un informe recull de l'estat de processionària a Catalunya. Aquest inclou totes les zones a tractar, la quantitat d'hectàrees que a tractar, quins dies ho faran, i quina empresa ho farà. Aquests informes són públics, i els pengen anualment a la web de la Generalitat de Catalunya. En el meu cas, vaig contactar amb ells i vaig demanar tots els informes recull des del 2018 fins al 2021 (l'any 2022 no el tenien encara).

Per poder determinar en quines zones s'ha d'actuar, realitzen un procés llarg.

Primer de tot, cap al febrer-març els guardes forestals s'organitzen per fer inventari dels boscos de Catalunya i avaluar en quin estat es troben i quin és el grau de defoliació de les copes dels arbres. A continuació, les dades obtingudes les envien al CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals) els quals tractaran aquestes dades i creant uns informes de l'estat dels boscos de Catalunya. Aquests informes creats pel CREAM, s'envien a la Generalitat de Catalunya. Des de la Generalitat, decidiran quins llocs s'hauran de tractar a partir dels informes que han generat des del CREAM. A l'agost, uns experts van a fer una avaluació del terreny i dels boscos abans de tractar-los per finalment, al setembre prendre una decisió final. Així doncs, de setembre a novembre començaran a fer els tractaments de les zones afectades amb una avioneta i un helicòpter. Per decidir quines zones tractaran tenen en compte les variables següents: afectació de la zona l'any anterior, reiteració de les afectacions, sensibilitat de les masses, ubicació i logística, demandes d'actuació per part d'entitats públiques, presència de zones ramaderes, aprofitaments forestals i treballs silvícoles i de zones d'elevat ús social, impacte paisatgístic de les afectacions, sol·licituds de no tractament i afectació a espais naturals o espècies protegides (Informes de la Generalitat de l'any 2018-2021 i conversa telefònica amb els guardes forestals).

A continuació, podem veure un mapa (Figura 19) d'elaboració pròpia on he sobreposat els dos mapes anteriors: el mapa d'AlertaForestal i els punts on la generalitat va fer la seva actuació l'any 2019. Com s'observa, hi ha una correlació bastant alta entre els dos mapes. Amb això, podem dir que el projecte de ciència ciutadana funciona i que realment és fiable, dintre d'uns paràmetres establerts, ja que els punts on la Generalitat va fer la seva actuació per incidència alta de processionària coincideixen amb els punts marcats per la ciutadania amb el projecte d'AlertaForestal.

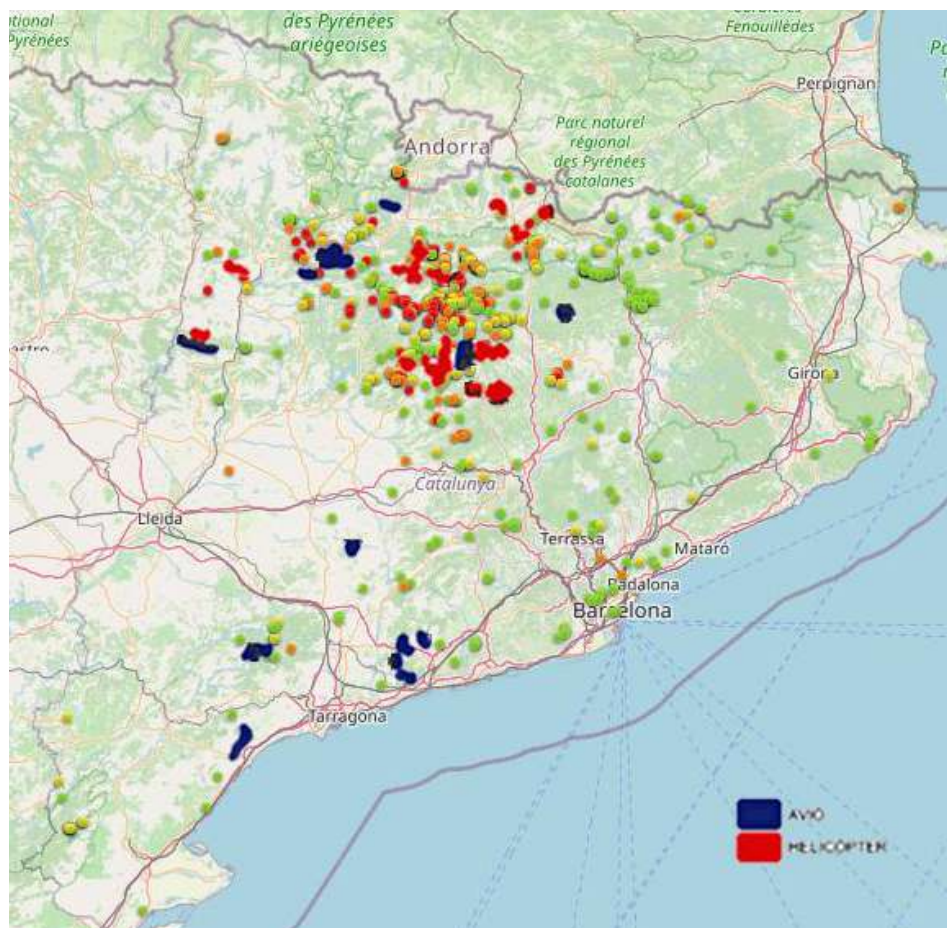


Figura 19. Mapa del projecte de ciència ciutadana d'AlertaForestal amb el hashtag #processonaria (punts des del 2017 fins al 21 de juny del 2022) sobreposat amb el mapa de zones d'actuació de tractaments aeris de la processonària del 2019 per la Generalitat de Catalunya.

Font: elaboració pròpia.

3.6. Paràsits i depredadors de les erugues processonàries

L'eruga processonària té un cicle vital molt intel·ligent. El seu desenvolupament es realitza durant l'estació de la tardor-hivern, significat que pot estalviar molta competència que sorgeix a la primavera, època en la qual la majoria d'insectes es desenvolupen. Aquesta capacitat fa que es redueixi molt la seva competència amb altres insectes i molt parasitoides els quals estan sobretot actius durant la primavera, ja que necessiten temperatures més altes. A més, s'alimenten durant la nit, a partir de temperatures superiors de 9 °C dintre del seu niu, i durant el dia digereixen el seu aliment. Això fa que durant el dia estigui protegida pels seus depredadors, perquè està dintre del niu i, en canvi, quan surt a menjar durant la nit hi ha molta menys exposició a depredadors que durant el dia a causa de la foscor. Tot així, aquest insecte té una llarga llista de paràsits i depredadors, els quals anomenarem a continuació (Entrevista a Ànder Achotegui i article "The Conversation" publicat per Hódar)

En un informe de la Universitat de les Illes Balears, s'exposen alguns dels depredadors de processionària en diferents fases de la seva vida. Alguns dels depredadors són els següents.

- **Depredadors d'ous:** Trobem ortòpters, com ara els saltamartins efipigèrids, per exemple el *Thyreonotus corsicus*, però també podem trobar les cigales.
- **Depredadors d'eruges:** El puput (*Upupa epops*) és un dels principals depredadors de processionària, l'eruga és un dels aliments principals en la seva alimentació. També hi ha altres ocells que s'alimenten d'ella com és el cas de la mallerenga emplomallada (*Lophophanes cristatus*) i la mallerenga carbonera (*Parus major*).
- **Depredadors de crisàlides:** Les formigues vermelles (*Formica rufa*) i la rata cellarda (*Eliomys quercinus*) són un dels depredadors de crisàlides de les erugues processionàries de pi.
- **Depredadors d'arnes:** Ja com últims depredadors de les arnes adultes de les erugues tenim els ratpenats (*Chiroptera*) i els *Calosomes* un gènere de coleòpters (escarabats).

En un estudi d'Hódar del 2013 explica que els depredadors més habituals de la processionària són saltamartins efipigèrids, que alguns anys poden arribar a consumir fins a la meitat de les postes de la processionària. S'ha estudiat com evoluciona la població dels efipigèrids segons la densitat de postes de processionària, i s'ha observat que no hi ha cap relació concreta. S'ha vist que els saltamartins efipigèrids quan hi ha una població controlada de processionària es mengen les seves postes, pel seu cicle normal d'aparellament. En canvi, quan la processionària es converteix en una plaga, la població de saltamartins baixa en picat, tot i que la lògica apuntaria al fet que augmentaria, ja que tindria més aliment passa tot el contrari. Això ens indica que és un bon controlador quan la plaga no està descontrolada i està dintre d'uns paràmetres poblacionals normals.

L'eruga processionària té molts parasitoides, però només parlarem dels que els hi afecta les postes dels ous, la larva i la pupa (crisàlide). En un estudi que va fer Hódar el 2015 es va veure que a major altitud hi ha més quantitat d'ous en les postes que a menor altitud. Això és degut al nivell de parasitació present a diferents altituds. Com més altitud estiguin situades les postes, menys parasitació tenen, en canvi, si estan a menys altitud, ho sigui

més arran de terra, tindran més parasitació (Figura 20). Això és causat per l'abundància de diferents paràsits a diferents alçades. A alçades baixes apareixen dos paràsits molt típics, l'*Ooencyrtus pityocampae* i *Baryscapus servadei*. El primer és bastant generalista, en canvi, el segon ja és més específic de la processionària. Els dos són molt abundants a cotes baixes, però a mesura que augmenta la cota cap als 1500 m rarament s'observen, com és el cas de l'*Ooencyrtus pityocampae*, o ve hi ha alguns com el *Baryscapus servadei* que sí que es troben present però en molta menys abundància. Aquests paràsits no aguanten les condicions ambientals de les cotes altes, i això explica per què hi ha una parasitació molt més baixa en cotes altes.

Tot això pot ajudar a explicar per què hi ha una major relació entre variables climàtiques i defoliació en cotes més altes (Hódar, 2015).

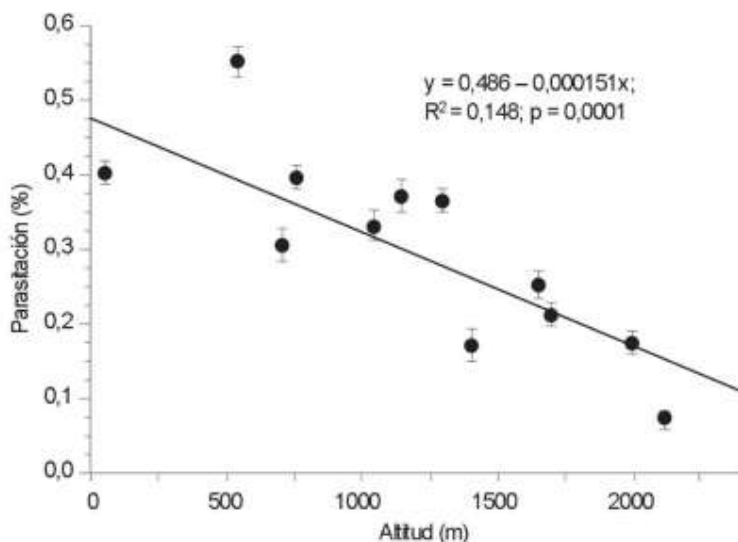


Figura 20. Variació de la taxa de parasitació en les postes de processionària al llarg de diversos gradients altitudinals, en la província de Granada. Cada punt té una mitja d'error estàndard +/- 1 i representa la taxa mitjana de les postes de les parcel·les en aquella altitud durant els 4 anys d'estudi (2008-2011) amb un total de 1727 postes. Font: Hódar, 2015.

Els científics E. López-Sebastian, H.-P. Tscarorsing, J. Pujade-Villar, M. Gguara, J. Selfa, van publicar un article científic el 2007 titulat "*Sobre los parasitoides asociados a las fases de larva y pupa de la procesionaria del pino en cuatro bosques mediterráneos (España)*". En aquest article van estudiar els parasitoides de l'eruga en estat larvari i de pupa (crisàlide), publicant una taula molt interessant on indicaven un llista de parasitoides associats a la processionària (Taula 1).

La taxa de parasitisme global procedent de l'atac a la fase de larva en aquell estudi oscil·lava entre el 0,06% i el 37,2%, mentre que el de pupa variava entre el 0,09% i el 5,8%. Per tant, podem dir que hi ha molt més parasitisme en estat larvari que en pupa.

Cuadro 1. Listado de parasitoides asociados a las fases de larva y pupa de la procesionaria del pino.

| Especie | Familia/Orden |
|---|---------------------------|
| <i>Compsilura concinnata</i> (Meigen, 1824) | |
| <i>Exorista larvarum</i> (Linnaeus, 1758) | |
| <i>Exorista segregata</i> (Rondani, 1859) | Tachinidae/Diptera |
| <i>Phorocera grandis</i> (Rondani, 1859) | |
| <i>Phryxe caudata</i> (Rondani, 1859) | |
| <i>Meteorus versicolor</i> (Wesmael, 1835) | |
| <i>Apanteles</i> sp. | Braconidae/Hymenoptera |
| <i>Erigorgus femorator</i> Aubert, 1960 | |
| <i>Coelichneumon rudis</i> (Fonscolombe, 1847) | Ichneumonidae/Hymenoptera |
| <i>Conomorium eremita</i> (Förster, 1841) | |
| <i>Conomorium pityocampae</i> Graham, 1992 | Pteromalidae/Hymenoptera |
| <i>Psychophagus omnivorus</i> (Walker, 1835) | |
| <i>Villa brunnea</i> Becker, 1916 | Bombyliidae/Diptera |
| <i>Hemipenthes morio</i> (Linnaeus, 1758) | |
| <i>Hemipenthes velutina</i> (Meigen, 1820) | Bombyliidae/Diptera |
| <i>Exhyalanthrax afer</i> (Fabricius, 1794) (= <i>fimbriata</i> Meigen) | |
| <i>Muscina prolapsa</i> (Harris, 1780) (= <i>pabulorum</i> Fallén) | Muscidae/Diptera |
| <i>Angiometopa falleni</i> Pape, 1986 (= <i>ruralis</i> Fallén) | |
| <i>Sarcophaga</i> sp. | Sarcophagidae/Diptera |
| <i>Pteromalus chrysos</i> Walker, 1836 | Pteromalidae/Hymenoptera |
| <i>Trichopria</i> sp. | Diapriidae/Hymenoptera |
| <i>Gelis liparæ</i> (Giraud, 1863) | |
| <i>Gelis carbonarius</i> (de Stefani, 1884). | Ichneumonidae/Hymenoptera |
| <i>Brachymeria secundaria</i> (Ruschka, 1922) | Chalcididae/Hymenoptera |
| <i>Dybrachis cavus</i> (Walker, 1835) | Pteromalidae/Hymenoptera |

Taula 1. Taula de parasitoides associats a la fase larvària i pupa de la processionària.
Font: E. López-Sebastian et al., 2007.

Després de conèixer els paràsits i depredadors de les erugues processionàries, m'agradaria fer una menció especial a un fong molt conegut a la zona del Nepal que es diu *Cordyceps militaris*. Aquest fong és molt típic trobar-se'l parasitant crisàlides de la processionària, ja que un cop l'eruga baixa de l'arbre i s'enterra, les fa molt susceptibles a atacs de depredadors o paràsits, com aquest fong.

Així doncs, en *Cordyceps militaris* es beneficia de la processionària. Qui també es beneficia molt d'aquest bolet és la medicina oriental, perquè té propietats medicinals molt bones per la salut. Aquí a Europa, s'ha començat a comercialitzar i va molt buscat. Li vaig plantejar al científic Hódar si podria ser una alternativa a tenir en compte per tractar la processionària, ja que hi havia estudis que deien que podia acabar amb més del 80% de les erugues de la processionària enterrades. Ell em va explicar que probablement el *Cordyceps militaris* estigui molt limitat per la humitat del terra i que no és casualitat que les larves de processionària es moguin cap a terrenys clars i assolellats per enterrar-se. Com us he explicat en apartats anteriors, en Hódar va fer un experiment d'enterraments de crisàlides a diferents llocs, i va veure que la supervivència com a crisàlides de les larves en sòl nu era molt més gran que les enterrades sota matoll o pinar. Ell sospita que

els fongs i altres patògens, més presents en zones amb matolls, són una de les conseqüències. Així doncs, si les larves es mouen cap a zones clares, de terra més sec, si introduïssim parasitoide de la família dels fongs la seva efectivitat seria molt baixa. (Entrevista a Hódar).

3.7. Afectació de l'eruga processionària a la salut dels animals i persones

La processionària és un problema per la salut dels nostres boscos, però també ho és per la nostra salut. De fet, és aquesta la principal raó per la qual es tracta els arbres amb eruga, ja que pot crear reaccions al·lèrgiques a les persones o alguns animals.

Els seus pèls són urticants, que utilitzen com a mecanismes de defensa i, per tant, qualsevol individu que toqui aquests pèls o els inhali, tindran una reacció al·lèrgica. Sobretot aquest problema sorgeix quan creen les típiques processions quan baixen dels pins després d'haver passat l'hivern, creant una filera d'erugues molt llarga.

Durant l'octubre i novembre, quan les erugues creen el seu niu de seda que els hi permet suportar temperatures hivernals mínimes d'entre 0-8 °C, també desenvolupen les seves defenses repel·lents urticants (Serrat et al., 2002).

Cadascuna d'aquestes erugues té el cos recobert per 500.000 pèls, tots llestos per alliberar-se del cos de l'eruga, i deixar la seva toxina allà on es posin. Això ho farà tan aviat com l'insecte senti que es troba en perill. Per aquest motiu, la majoria de tractaments es fan durant la tardor, per intentar evitar que les erugues puguin crear els seus pèls urticants.

Després d'haver llegit uns quants articles de diferents blogs, es coincideix que la millor forma de prevenir el contacte amb les erugues és intentar no passejar per llocs on hi hagi pinedes a prop, durant els mesos de febrer-abril (moment quan es produeix el descens dels arbres de les erugues). En el cas que veiem que una persona/animal ha estat afectada, la clau està a mantenir la calma, rentar la zona afectada amb aigua a baixa pressió per intentar no trencar els pèls urticants i si veiem que s'està iniciant una reacció al·lèrgica anar directament a l'hospital/veterinari. Allà podran administrar un antihistamínic, ja que no hi ha gaires tractaments més a fer (Salut Pública Diputació de Barcelona).

PART III. PINS DE CATALUNYA

4. Coníferes pertanyents a la *Pinaceae* (Pi)

4.1. Origen

La família de les *Pinaceae* (PI) són plantes gimnospermes, les quals hi ha registrades un total de 220-250 espècies dividides en 11 gèneres. La majoria dels arbres d'aquesta família són arbres de fulles perennes, a excepció dels alerces (*Larix i Pseudolarix*) les fulles dels quals són caduques, i només hi ha una petita part d'aquesta família que són arbustos.

S'han trobat fòssils de pinàcies que daten des del Cretaci. La majoria dels gèneres apareixen a principis del Terciari, en latituds altes i en altituds elevades del continent nord-americà. Actualment, la seva àrea de distribució es troba a l'hemisferi nord majoritàriament. Això, no vol dir que els pins no siguin autòctons a Espanya, ja que la presència de pol·len de pi és constant a les anàlisis pol·líniques de jaciments arqueològics de la prehistòria a la península. Per tant, això indica una àmplia distribució de les pinedes de forma natural en el passat, significat que gran part dels boscos de la Península mediterrània eren pinedes en el passat. Podem trobar set espècies de pi autòcton a la península Ibèrica: el *Pinus halepensis*, el *Pinus pinea*, el *Pinus pinaster*, el *Pinus nigra*, el *Pinus sylvestris*, el *Pinus uncinata* i el *Pinus canariensis*. (Frwiki i Arba Cartagen)

En aquest treball de recerca ens centrarem sobretot en les espècies de pins que podem trobar a Catalunya. En el següent apartat parlarem un mica sobre aquests.

4.2. *Pinaceae* que tenim a Catalunya, característiques i la seva distribució

Els pins que podem trobar a Catalunya són bàsicament els següents:

- **Pi negre (*Pinus uncinata*)⁸:** El pi negre és l'arbre de Catalunya que viu a més altitud. Pot arribar als 25 metres d'alçada, li agrada el sòl humit i creix millor als solells que no pas a les obagues. Pot viure entre els 1.600 metres i 2.400 metres, encara que també podem trobar alguns exemplars fins als 2.700m o descendir fins als 1.400m. És un pi molt resistent, capaç de viure sota condicions dures de fred,

⁸ Per observar la imatge del *Pinus uncinata* consulta l'annex IV.

neu, vent i pendents rigorosos, condicions que cap altra espècie d'arbre suporta tan bé a la Península (tret de l'avet en alguns casos). És de creixement lent, per les condicions de baixes temperatures a les quals viu. En el seu nivell inferior pot formar boscos amb els avets, fajos i el pi roig. Les seves pinyes s'assemblen a un eriçó, la seva principal amenaça són les allaus i la seva fusta és de molta qualitat. En les seves pinedes habita fauna característica del paisatge subalpí i és molt típic a les zones d'alta muntanya d'Espanya.

Podem trobar el pi negre als Alps, els Pirineus i el centre de la Península, en les províncies de Terol (Serra de Gúdar) i Sòria (Serra Cebollera). Forma masses molt grans a les províncies de Lleida, Girona, Tarragona i Osca. A Catalunya s'estenen per tots els Pirineus, des de la Vall d'Aran fins a la Vall de Campodron, i també pel Prepirineu, i és el límit sud de les serres més meridionals (Boumort, Carreu, Port del Compte i Rasos de Peguera).

- **Pi roig (*Pinus sylvestris*)⁹:** El pi roig pot arribar a fer 30 metres d'alçada. El seu tronc es caracteritza per ser d'un color salmó o ataronjat fàcil de reconèixer. Un altre tret característic és que les seves fulles i pinyes són les més petites del gènere *Pinus*. Aquest arbre viu en zones altes i muntanyoses, per sobre dels 1000 metres podent arribar fins als 2000 metres. És resistent als petits incendis, però no gaire als grans incendis forestals, com tampoc no és gaire a les sequeres. La seva fusta és molt apreciada. A les pinedes prepirinenques de pi roig pot aparèixer fauna subalpina i és típic a zones muntanyoses d'Espanya.

La seva àrea natural a Espanya s'estén pel centre i el quadrant nord-oriental. Podem trobar-ho a Serra de Baza i Serra Nevada, per repoblació també s'ha estès al nord. Les seves masses més grans les trobem als Pirineus, el Sistema Ibèric, el Maestrat i el Sistema Central. A Catalunya les pinedes del pi roig predominen a bona part dels Prepirineus, des del Ripollès fins a la Vall d'Aran. També a les parts altes del massís del Port i de les muntanyes de Prades.

- **Pinassa (*Pinus nigra subs. salzmannii*):** La pinassa és una espècie no gaire resistent al foc, pot créixer fins a arribar a fer 30 m d'alçada (excepcionalment 40m). Pot formar boscos mixtos amb les pinedes de pi blanc i amb les pinedes de pi roig, roures i alzines. Li agraden les zones humides on la pluja és més regular.

⁹ Per observar la imatge del *Pinus sylvestris* consulta l'annex IV.

Té preferència pels sòls calcaris i viu entre els 800m i els 1.500 m d'altitud, podent arribar fins als 2.000m en les muntanyes andaluses i baixant fins als 500 m al nord d'Espanya. Li costa regenerar-se després del foc. Algunes espècies de rapinyaires tenen preferència per les pinedes de pinassa i és molt típic a la península Ibèrica.

Trobem pinedes extenses especialment al Prepirineu, Sistema Ibèric, Maestrat, Sierras de Cazorla i el Segura, entre altres. A Catalunya la pinassa creix a les terres interiors. Trobem pinedes de pinassa a algunes serres tarragonines i als Prepirineus de tendència continental. També a les zones més elevades de la Catalunya central i a les parts més eixutes de l'alta Garrotxa, en els límits amb l'Empordà.

- **Pi pinastre (*Pinus pinaster*)¹⁰:** El pi pinastre és un arbre enganxós, viu a la terra baixa, especialment en sòls granítics o esquistosos¹¹, no massa secs ni amb calç. Creix molt de pressa i forma boscos des del nivell del mar fins als 1.500 metres d'altitud. Les seves pinyes són les més grans de tots els pins peninsulars i la seva resina és molt útil. És típic a les regions mediterrànies.

Habita en la meitat occidental de la regió mediterrània i el seu contorn. Ho trobem a tota la Península, encara que les pinedes de pi pinastre al nord d'Espanya provenen de replantacions. A Catalunya al voltant de tres quartes parts de les existències d'aquesta espècie es concentren a les Comarques Gironines, especialment de la comarca de la Selva.

- **Pi pinyer (*Pinus pinea*)¹²:** El pi pinyer es coneix pel seu interès culinari amb la seva producció de pinyons. Aquest necessita viure a paisatges ben il·luminats, i el seu òptim és als territoris de clima marítim. Li agraden els terrenys silícics i sol viure a cotes baixes (entre 0 i 500 metres), encara que podem trobar-lo fins als 1.000 metres. A més, està còmode en zones amb baixa disponibilitat d'aigua. La seva capçada¹³ s'assembla a un paraigua i té uns pinyons massa bons per recuperar-se del foc, ja que tots els animals, inclosos els humans, se'ls mengen i les conseqüències són que no resten llavors suficients perquè es recuperin després del foc. El pi pinyer és molt útil per la fixació de dunes i sòls sorrencs, perquè és capaç de viure als sòls de naturalesa àcida característics de les zones marítimes i és típic a les regions mediterrànies.

¹⁰ Per observar la imatge del *Pinus pinaster* consulta l'annex IV.

¹¹ **Esquistos:** Roques metamòrfiques les quals els seus constituents originals eren argiles o fangs.

¹² Per observar la imatge del *Pinus pinea* consulta l'annex IV.

¹³ **Capçada:** part superior d'un arbre, normalment és la zona amb més branques de l'arbre.

És un arbre d'origen mediterrani oriental (Àsia Menor). És característic dels paisatges mediterranis litorals i abunda a les comarques marítimes. No és comú trobar-lo al nord i el nord-est d'Espanya. A Catalunya la majoria d'aquestes pinedes es troben a les comarques marítimes (al Vallès Oriental, el Maresme, la Selva, el Gironès i el Baix Empordà), tot i que també hi ha extenses zones a Osona i l'Anoia. Podem trobar-lo també en terrenys arenosos d'alguns llocs costaners per fixar dunes, com ara el Delta del Llobregat.

- **Pi blanc (*Pinus halepensis*)¹⁴:** El pi blanc és el més resistent al foc i la sequera. És el pi més “baixet” de tots els pins autòctons peninsulars, ja que no supera els 20 metres d'alçada. Li agrada el clima càlid i pot sobreviure en zones de poca pluja. És un pi preparat per suportar incendis, perquè només té verd a la capçada de l'arbre. En el cas que hi hagués un incendi de baixa intensitat, el foc només l'afectaria al tronc, ja que aquest està tot nu sense cap branca i, per tant, el foc no podria arribar a dalt a la capçada. A més, en el cas que arribi el foc a la capçada de l'arbre, aquest té una tècnica per assegurar que la seva espècie perduri. Amb l'augment de temperatura les seves pinyes “exploten” i es dispersen, en conseqüència també es dispersen els seus pinyons (llavors). Un cop ha passat el foc, els pinyons de les pinyes que no s'han cremat es troben amb un sòl molt ric en nutrients (de les cendres) i sense competència d'altres plantes. Això els permet recolonitzar sovint les zones cremades on ja hi era. A més, aquest pi és una espècie pionera i evita l'erosió del sòl, per això la seva repoblació, tenia un doble objectiu: evitar l'aterrament dels embassaments, i mitigar les inundacions. És un pi típic a les regions mediterrànies.

El pi blanc es troba a tota la conca mediterrània, especialment a la meitat occidental, sobretot en zones litorals. El trobem a terrenys calcaris en zones fins als 1.000 metres (en serres andaluses fins a 1.600 m). Abunda en tota la península, sobretot en regions mediterrànies, des de Girona fins a Màlaga. A Catalunya, creix i forma boscos als indrets més propers del litoral. S'estén cap als llocs més baixos i càlids de la Catalunya central i de la vall de l'Ebre. No el trobarem als Prepirineus i les contrades més humides. (AlertaForestal-CREAF)

¹⁴ Per observar la imatge del *Pinus halepensis* consulta l'annex IV.

4.3. *Pinaceae* més afectades per l'eruga processionària a Catalunya

Les espècies de pi (i cedres) més afectades a Catalunya per la processionària són la pinassa (*Pinus nigra*) i pel pi roig (*Pinus sylvestris*) (AlertaForestal-CREAF).

Entre els pins autòctons de la península Ibèrica hi ha una clara diferència en susceptibilitat a la processionària. De menys a més, l'ordre seria el de la figura 21.

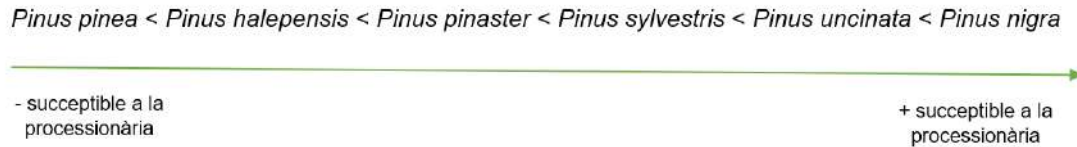


Figura 21. Ordre de susceptibilitat de la processionària dels pins autòctons de la península Ibèrica. Font: elaboració pròpia.

De tota manera, la incidència és molt dependent de les condicions ambientals. Si agafes acícules d'aquests pins separades per espècies al laboratori a 20 °C i, hi afegeixes larves de processionària perquè s'alimentin de les acícules, no hi haurà gaire diferència entre una espècie i una altra. Però si utilitzes larves acabades de néixer probablement sobreviuran menys larves en els pins més propers al *Pinus pinea* i més en *Pinus nigra*. La raó de tot plegat, els pins de la figura 21 més propers al *Pinus pinea*, solen estar en zones tèrmiques que no faciliten la supervivència de la processionària, ja que tenen més depredadors i parasitoides. En canvi, els pins de la figura 21 més propers al *Pinus nigra*, són pins de mitjana-alta muntanya, que són nutritivament millors, i tot i que viuen a llocs on el fred pot ser limitant pel desenvolupament de les larves la manca de presència de parasitoides en facilita la seva supervivència (Entrevista Hódar).

Tot així, els pins que més agrada a la processionària són els pins forans, el *Pinus ponderosa*, *Pinus radiata*, o *Pinus canariensis*. Molt a prop trobem el pi canari, un pi endèmic de la regió de les illes canàries, que es caracteritza pel seu conjunt d'acícules. Normalment, les espècies de pi tenen conjunts de dues acícules, en canvi, el pi canari són conjunt de tres acícules. Actualment, podem trobar el pi canari en diferents regions i no només a les illes canàries, ja que s'ha estès per tot Europa. Tanmateix, no és un pi que el puguem trobar en abundància en els boscos. Sobretot el podem trobar en jardins particulars, és per això que quan parlem de pins més afectats a la península Ibèrica/Catalunya diem que són la pinassa (*Pinus nigra*) i pel pi roig (*Pinus sylvestris*). (Conversa amb Antonio Torrell Sorio el dia 30 juny de 2022).

De fet, hi ha alguns pins que la processionària no els hi afecta quasi, aquest és el pi negre, que es troba en unes altituds tan altes i unes temperatures tan baixes que l'eruga processionària ja no pot aguantar, com molts d'altres insectes que tampoc poden. És per això que en el pi negre no té quasi afectació (Entrevista Ànder Achotegui)

Aquesta era la situació i coneixement teòric del qual es disposava fins fa uns anys. Però, amb l'augment de temperatures s'han començat a veure afectacions al *Pinus uncinata* (pi negre). Tot i que no és freqüent, en els últims anys càlids, ja s'han detectat afectacions als boscos de pi negre al Pirineu (Aigües-Tortes, per exemple) i als Alps. A Sierra Nevada on el pi negre no és autòcton, però hi ha diverses plantacions, ja estan sent afectades. També s'ha observat processionària afectant el *Pinus uncinata* a 2300 m de la cara sud de Sierra Nevada (observacions d'Hódar). Tot i així, els boscos més alçats, a 2.500 m, de moment no estan sent atacades (Entrevista Hódar).

Referent a la defoliació que una eruga processionària pot ocasionar en un pi, la seva afectació és molt baixa. La realitat és que en general els pins es recuperen bé. Només molt rarament en mor algun per defoliació, i normalment és quan s'ajunten altres factors com la sequera, altres plagues o alguna altra pertorbació forestal. Els pins defoliats produeixen nova acícula a la primavera en les zones defoliades (Figura 22 i 23). Encara que a curt termini puguin mostrar un cert minvament en creixement i reproducció, després compensen el dany sofert (Article de The Conversation publicat per Hódar).



Figura 22. Defoliació massiva en una pineda propera a la presa de Rules, al sud de la província de Granada, 25 de març de 2018. Font: José A. Hódar.



Figura 23. Evidència que les defoliacions per processionària no maten els pins, no almenys si són episòdiques i no reiterades. Mateix pinar de la foto anterior proper a la presa de Rules, al sud de la província de Granada, passada la primavera el 9 d'agost de 2018. Font: José A. Hódar.

4.4. Grau de defoliació dels boscos afectats per la processionària

Per poder quantificar l'afectació dels atacs de processionària es classifiquen els atacs en 4 o 5 grups segons la defoliació que ha fet l'eruga (Figura 24). Aquest mètode és molt típic i AlertaForestal i la Generalitat de Catalunya ho utilitzen per poder classificar els atacs, ja a l'hora de fer el tractament de la processionària és molt rellevant aquesta informació. Des d'AlertaForestal ho fan amb 4 graus, perquè qui ho quantifica és la ciutadania i així els hi serà més fàcil. En canvi, la Generalitat fa servir 5 graus. A continuació us explicaré els diferents graus que es poden utilitzar per quantificar l'afectació d'un bosc segons el treball de final de grau de màster de Dña. Leticia Gómez Pérez de la Universitat Politècnica de València.

- **Grau 0:**¹⁵ No hi ha cap bossa (niu). No es troben bosses o el nombre és tan reduït que és difícil trobar-los.
- **Grau 1:**¹⁴ Hi ha alguns nius a les vores de la massa forestal i peus (arbres) aïllats. S'observen nius en arbres de vores de camins amb certa freqüència, però n'hi ha d'altres completament nets.

¹⁵ La majoria de cops el grau 0 i 1 s'ajunten en un.

- **Grau 2:** Es troben bastants nius a les vores de camins, i alguns als centres de la massa forestal, encara que no s'observen defoliacions o són molt esporàdiques.
- **Grau 3:** Defoliacions parcials a les vores de les masses forestals i peus (arbres) aïllats. S'observen molts nius al centre de la massa.
- **Grau 4:** Defoliacions molt fortes a les vores de les masses forestals i peus (arbres) aïllats, i parcials al centre.
- **Grau 5:** Defoliacions molt fortes en tota la massa forestal, i es poden veure molt pocs arbres o cap que mantinguin zones parcialment verdes.

S'ha de tenir en compte que les bosses (nius) que fa la processionària no les reaprofiten d'un any a un altre, acabada la temporada, les larves abandonen el niu. Així doncs, s'ha de saber distingir les bosses actuals i les d'anys anteriors. De fet, es pot diferenciar fàcilment les bosses d'un any amb les de l'any anterior, ja que aquestes segones estan més marronoses, petites i degradades, però s'ha de tenir bon ull. S'ha de tenir en compte, que les bosses d'anys anteriors no desapareixen si ningú les treu. Així doncs, a l'hora de valorar l'afectació d'una zona s'ha d'anar amb compte perquè potser es veuen efectes d'anys anteriors però no d'actuals. (Treball final de màster de Dña. Leticia Gómez Pérez)



Figura 24. Diferents graus d'afectació d'una massa forestal per processionària.

Font: treball de final de Màster de Dña. Leticia Gómez Pérez, Universitat Politècnica de València, Junta d'Andalucia, 2013.

4.5. Estat de la natura a Catalunya

En els darrers 20 anys, la tendència poblacional d'éssers vius en diferents ambients de Catalunya ha baixat amb una mitjana del 30% (figura 25). Això significa que podem trobar menys individus d'una espècie en un territori. Si en una zona cada cop hi ha menys individus de les espècies, això crea un desequilibri de l'ecosistema i, per tant, afectarà la biodiversitat¹⁶ de forma negativa. Les principals causes directes de pèrdua de biodiversitat han estat els canvis en els usos del sòl, el canvi climàtic i l'arribada d'espècies exòtiques invasores. Les mesures de conservació han estat essencials per revertir la situació negativa d'algunes espècies, hàbitats i llocs d'interès, però no han pogut aturar aquest descens generalitzat. Bàsicament, la problemàtica de la conservació de la biodiversitat a Catalunya resulta coincident amb la del conjunt d'Europa.

Els boscos catalans actuals reflecteixen els canvis socioeconòmics viscuts al territori a través de diferents processos. Antigament, moltes de les zones on hi ha bosc actualment, eren zones agrícoles i de pastura, però amb l'abandonament de pastures i cultius, s'ha reduït la pressió de pastura i ha suposat un augment de la superfície forestal i de la quantitat de vegetació als boscos catalans. En conseqüència la gran majoria dels boscos catalans són relativament joves i poc estructurats i presenten una manca gairebé total d'elements de maduresa, ja que estan en les primeres fases de successió vegetal. Això ens indica que en general la fauna pròpia d'espècies generalistes es manté bastant estable, però les espècies pròpies de boscos madurs o de matolls es troben en clara reculada. En molts casos, la gestió forestal i algunes perturbacions de baixa intensitat han tingut un efecte positiu sobre la biodiversitat forestal, especialment la de matolls. No passa el mateix quan l'impacte de la gestió o la perturbació s'ha produït sobre boscos amb graus de maduresa avançats. La biodiversitat en els nostres boscos és molt important, ja que si es desequilibra els nostres ecosistemes comencen a aparèixer plagues com l'eruga processionària.

A escala global, en l'estudi científic "Informe Planeta Vivo 2020", es va calcular l'Índex d'Integritat de Biodiversitat (IIB) dels últims 300 anys (figura 26). L'IIB mitjà global actual (79%) es troba molt per sota del límit de seguretat proposat (90%) i continua reduint-se, especialment a Àfrica, cosa que suggereix que la biodiversitat terrestre global ja està perillosament compromesa. Aquestes dades ens indica que la reducció de biodiversitat no és només un fet local, sinó mundial. Un problema que hem de prendre consciència i

¹⁶ **Biodiversitat:** terme més utilitzat per referir-nos a la diversitat de formes de vida.

començar a canviar, ja que si no abunda la biodiversitat en el nostre món els ecosistemes es desequilibraran, com ja està passant, i podran desencadenar molts problemes.

Tendencias poblacionales por diferentes tipos de ambientes

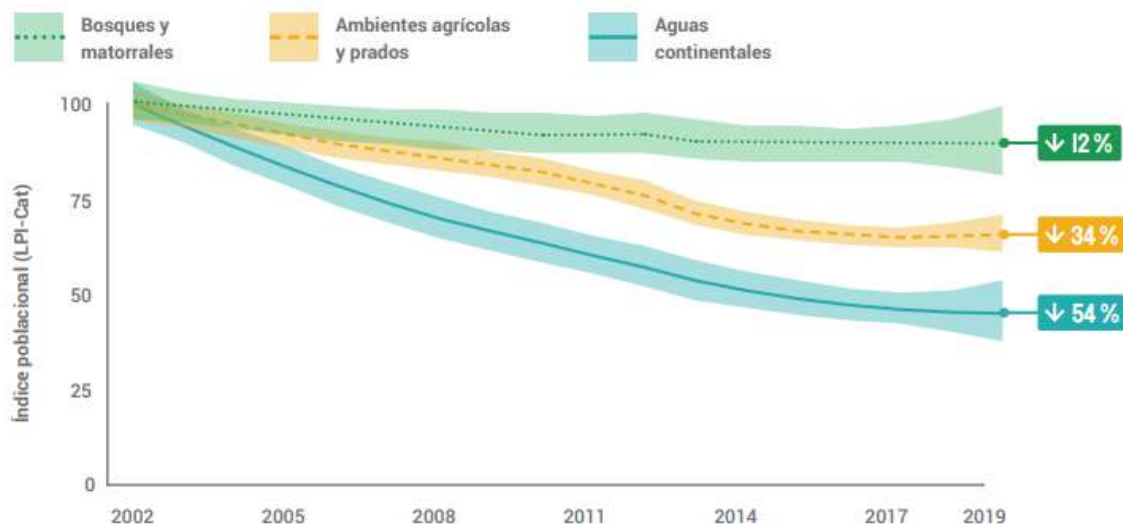


Figura 25. Tendències poblacionals mitges (LPI-Cat) per diferents tipus d'ambients a Catalunya. Cada línia de tendència correspon a un conjunt d'espècies autòctones segons l'ambient on viuen: boscos i matolls (81 espècies), ambients agrícoles i prats (149 espècies) i aigües continentals (45 espècies). Es mostren el valor poblacional mitjà anual i l'interval de confiança del 90%.
Font: Brotons, Lluís, et al. "Estat de la Natura a Catalunya 2020." (2020).

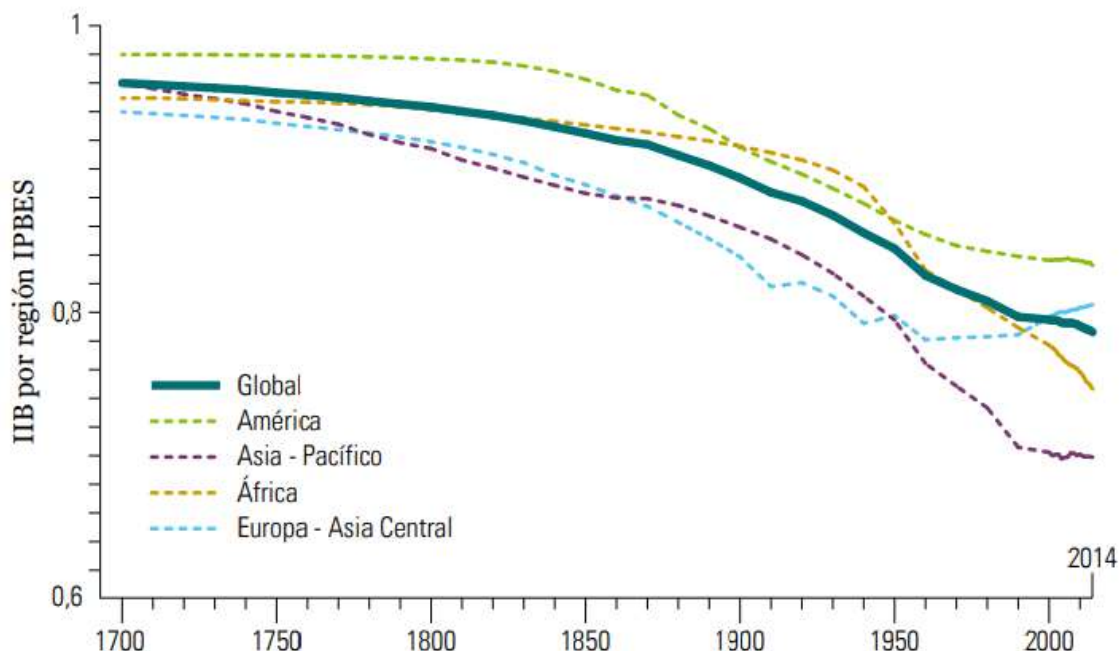


Figura 26. Índice d'Integritat de Biodiversitat (IIB) dels últims 300 anys en diferents regions del món. Font: INFORME, E., & HA, S. INFORME PLANETA VIVO 2020.

PART IV. PART PRÀCTICA

5. Explicació procés estudi (Serrat et al., 2022)

5.1. Material i Mètodes

Com ja s'ha esmentat a la introducció, aquest treball sorgeix de la continuació d'un article científic que vaig escriure a finals d'any del 2021 i principis del 2022. L'objectiu de l'article era quantificar l'efecte de la defoliació produïda per l'eruga processionària (*Thaumetopoea pityocampa*) en el creixement radial de la pinassa (*Pinus nigra*).

Per fer aquest article vam seleccionar una àrea, la qual va ser Can Feliu (42.00N, 1.64E), situada a la comarca del Solsonès. Allà es poden trobar boscos de *Pinus nigra* en un rang altitudinal d'entre 600 m i 1000 m.

L'octubre del 2021, per tal d'analitzar l'efecte de la processionària en el creixement de la pinassa, es van seleccionar 5 individus de pinassa afectats per processionària l'any 2019 i 5 individus que no van ser afectats ni en el 2019 ni en els anys posterior. De cada arbre seleccionat, se'n va extreure un testimoni de fusta¹⁷, amb una barrena de Pressler de forma perpendicular al pendent i a l'alçada del pit. També es va mesurar el diàmetre a l'alçada del pit (DAP) dels arbres afectats i no afectats. A més, vam fer una parcel·la d'inventari (radi=10 m) on es va mesurar el DAP de tots els arbres, es va identificar l'espècie i la vitalitat de cada individu (és a dir, si estava viu o mort). Aquesta parcel·la es va fer amb l'objectiu d'observar l'estructura de bosc en el qual estàvem treballant.

Després, vaig fer una anàlisi de relacions entre el clima i el creixement. Es va obtenir la temperatura mitjana i precipitació mensual de la zona d'estudi per al període 1975-2021, mitjançant registres climàtics i projeccions elaborades per l'Agència Espanyola de Meteorologia (AEMET). També, vam obtenir prediccions de temperatura per diferents escenaris de canvi climàtic amb l'aplicació web KNMI Climate Change Atlas.

Un cop ja teníem les mostres dels arbres (testimonis) (Figura 27) vam fer les seves datacions (dir de quin any és l'arbre) i mesurament dels anells de creixement. Després d'obtenir els resultats de les mostres dels arbres, s'ha de calcular l'increment anual d'àrea basal (IAB, cm²/any) i d'altres variables forestals.

¹⁷ **Testimoni de fusta:** Mostra dels anells de fusta d'un arbre que s'extreu del seu core (centre de l'arbre)



Figura 27. Part d'un testimoni d'un avet de Port Ainé datat. Hi ha un punt cada 10 anys, i dos per marcar cinquanta, aquesta és una tècnica utilitzada per comparar dos testimonis.

Font: Teresa Valor Ivars, projecte Joves i Ciència

Després d'aquest procés, només quedava fer una bona anàlisi de dades i interpretar els resultats.

5.2. Resultats

Els primers resultats obtinguts van ser els de l'àrea basal i la densitat de la nostre parcel·la. Aquestes dues variables que reflecteixen com era la nostra àrea d'estudi. La densitat estimada era de 2674 peus/ha amb una àrea basal de 43,8 m²/ha. La majoria d'arbres pertanyia a la mateixa classe diamètrica (5cm), per tant, la massa forestal d'aquell bosc era regular.

A continuació, vam calcular algunes variables forestals com el DAP (diàmetre a l'alçada del pit), l'edat dels arbres afectats i no afectats i el IAB (increment d'àrea basal) (Fórmula 1). Aquí vam veure que el DAP i l'edat dels arbres afectats i no afectats per processionària era similar. Per contra, l'IAB dels individus afectats per processionària era major que els no afectats.

$$\text{Fórmula } IAB_t = \pi \cdot (R_t^2 - R_{t-1}^2)$$

Fórmula 1. Fórmula per calcular l'IAB (increment d'àrea basal) d'un arbre. R_t representa el radi total de l'any que vols calcular i R_{t-1} representa el radi total d'un any abans del que vols calcular. Aquest dos es resten per saber l'augment de radi de l'any t , i s'eleva al quadrat i es multipliquen pel número pi per poder saber l'augment d'àrea en cm² que s'ha produït aquell any.

Tot seguit, vam fer un gràfic de l'Increment anual d'àrea basal (IAB) dels arbres datats de de l'any 1975 fins a l'any 2020, diferenciant els arbres afectats i no afectats per processionària. En aquest gràfic, no vam observar una tendència clara que indiqués un canvi produït per l'atac de processionària del 2019. Tot i així, dels 5 arbres afectats per processionària, 3 no van créixer després de l'atac.

Finalment, vam fer una anàlisi dendroclimàtic¹⁸. Aquest mostrava que les temperatures del gener, de l'abril i del setembre són significatives pel creixement de la pinassa. Això indicava que la pinassa està afectada positivament per les temperatures de gener i abril i

¹⁸ **Dendroclimàtic:** estudi que relaciona el creixement dels arbres i el clima on viuen.

negativament per les temperatures del mes de setembre. Vam fer amb el mateix entre el creixement de la pinassa i les precipitacions de cada mes, en lloc de la temperatura. Aquest cop, vam observar que les precipitacions del mes de novembre afectaven negativament al creixement de la pinassa.

5.3. Discussió, resultats i prediccions

En l'apart de discussió, primer de tot vaig voler respondre la meva hipòtesi formulada, si la defoliació de la processionària de pi té un efecte negatiu en el creixement radial de la pinassa. Vam concloure que es complia i ho vam confirmar sobretot amb els valors de creixement dels pins afectats de l'any 2021, els quals tres dels cinc arbres seleccionats com a afectats per processionària van tenir un creixement nul, mentre que els arbres no afectats havien continuat creixent.

A partir d'allà vaig voler trobar-li un perquè al fet que un atac de processionària pugui fer que el pi creixi menys. Un dels fets és que la defoliació implica que l'arbre té menys superfície de fulles per fer la fotosíntesi, i com a conseqüència no pot fer les suficients reaccions metabòliques per obtenir recursos pel seu creixement. Aquests arbres segurament inverteixen els recursos, que han pogut obtenir amb menys fulles, en mecanismes de defensa per combatre la processionària.

A partir d'aquí, vam observar altres factors que poguessin estar relacionats amb el futur de la processionària, com per exemple la temperatura. Un augment de temperatura afavoreix la supervivència de l'eruga, ja que el cicle de l'eruga s'avança a l'habitual i arriba més preparada al moment de baixada de temperatures de l'hivern, perquè han tingut més temps per desenvolupar-se. Sabent això, amb l'ajuda d'un programa vam voler fer unes prediccions de temperatures i el seu efecte a la pinassa. Vam observar que l'augment de temperatures pot afavorir el creixement de la pinassa durant els mesos d'hivern, però que durant els mesos d'estiu comporta estrès hídric per la manca d'aigua i, per tant, perjudica el seu creixement. Així doncs, relacionant-ho amb l'eruga processionària, aquest augment de temperatura fa que el cicle de la processionària s'avanci molt més i augmenti el seu nivell de supervivència, ja que troba un escenari òptim per la seva població. Això provoca l'augment de la població d'aquesta plaga i de la seva extensió, tant altitudinalment com latitudinalment. Tot així, no ho podem afirmar perquè s'han de tenir en compte el paper dels parasitoides, que afecten l'eruga, i que, com ja hem vist anteriorment en altres apartats d'aquest treball, també es veuen beneficiats per l'augment de temperatures.

En resum, el futur d'aquest lepidòpter, la processionària, té tendència que sigui bastant favorable, encara que no es pot afirmar de forma rotunda, ja que s'han de tenir en compte moltes variables que no es poden fer amb un únic estudi. Per això, creiem que tenir un bon control d'aquesta plaga en un futur és clau per intentar evitar el debilitament del vigor¹⁹ d'algunes coníferes, com ara la pinassa (*Pinus nigra*).

6. Eruga processionària a Terrassa, Barcelona, Catalunya

A continuació, en els següents apartats, s'explicarà els resultats obtinguts durant el treball i la part pràctica aplicada a Terrassa i Catalunya.

6.1. Extensió eruga processionària a Catalunya, informes de la Generalitat de Catalunya

Com hem vist en el mapa de l'apart 4.4 ("Distribució i evolució població erugues processionàries a Catalunya"), la majoria d'atacs de processionària que podem trobar a Catalunya es produeixen el Prepirineu. Això és degut al fet que les condicions climatològiques d'aquestes zones, tal com s'ha explicat en l'apartat 4.5 ("Paràsits i depredadors de les erugues processionàries, relació poblacional paràsits i eruga"), no afavoreixen la supervivència dels parasitoides de l'eruga i, per tant, la població de la processionària té més supervivència. Així doncs, la població de l'eruga es troba en altituds relativament altes, com és la dels Prepirineus (Joaquim Orenga).

Una forma fàcil de comprovar-ho és observant les comarques on, des de la Generalitat, s'han fet més tractaments per tractar la processionària aquests últims anys. Com es pot analitzar en la taula 2, la majoria de comarques afectades són de muntanya, com ara el Berguedà. Les comarques que estan afectades i són de cotes més baixes, com és el cas del Bages, es pot explicar pel fet que tenen un parc natural o alguna extensió considerables de bosc de pineda.

¹⁹ **Vigor:** volum de fusta d'un arbre, normalment es calcula calculant l'IAB de l'arbre.

| | 2021 | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | ha Total | % ha Total |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|----------|---------------|
| Alt Camp | | | | | | | | | | | | | 1150 | | 1150 | 0,772 |
| Alt Empordà | | | | | | 1300 | | | | | | | 1400 | | 2700 | 1,811 |
| Alt Penedès | | | | 166 | | 600 | | | | | | | | | 766 | 0,514 |
| Alt Urgell | 480 | 4355 | 4168 | 3403 | 2443 | 1100 | 2300 | | | | 1400 | 1500 | 1200 | | 22349 | 14,994 |
| Alta Ribagorça | | 500 | | | 715 | | 200 | | | | | | | | 1415 | 0,949 |
| Anoia | | | | 665 | | | | | | | | | | | 665 | 0,446 |
| Bages | 4193 | 800 | | 2483 | 1303 | 100 | | | | 1000 | | 900 | 1700 | | 12479 | 8,372 |
| Baix Camp | | | 1553 | 973 | | 200 | | | | | | | | | 2726 | 1,829 |
| Baix Penedès | | | 1459 | 228 | | | | | | | 1200 | 500 | | | 3387 | 2,272 |
| Berguedà | 3141 | 3911 | 6030 | 2102 | 7179 | 3900 | | | | 2200 | 2300 | 3700 | 800 | | 35263 | 23,659 |
| Cerdanya | | 1000 | 1302 | 1773 | 2165 | 1050 | 800 | | | | | 700 | 1750 | | 10540 | 7,071 |
| Conca de Barberà | | | 317 | 1103 | | | | | | | 700 | | | | 2120 | 1,422 |
| Garrotxa | | | | | | 1000 | | | | | | | | | 1000 | 0,671 |
| Noguera | 780 | 200 | 546 | | 495 | 400 | | | | | | | | | 2421 | 1,624 |
| Osona | | | | | 1405 | | | | | | | | | | 1405 | 0,943 |
| Pallars Jussà | 60 | 1814 | 892 | 1366 | 775 | 3900 | 3500 | | | | 1350 | 1300 | 2000 | 2100 | 19057 | 12,785 |
| Pallars Sobirà | | 50 | 32 | | | | | | | | | | | | 82 | 0,055 |
| Ripollès | | | 15 | | 20 | 300 | | | | | | | | | 335 | 0,225 |
| Segarra | | | | 571 | | | | | | 800 | | | | | 1371 | 0,920 |
| Solsonès | 5846 | 2370 | 1186 | 5168 | 3500 | 6150 | 200 | | | 1000 | 1900 | | | | 27320 | 18,329 |
| Val d'Aran | 500 | | | | | | | | | | | | | | 500 | 0,335 |
| Superfícies de tractament (ha) | 15000 | 15000 | 17500 | 20000 | 20000 | 2000 | 7000 | 0 | 0 | 5000 | 8850 | 8600 | 10000 | 2100 | 149050 | 100 |

Taula 2. Hectàrees totals tractades per processionària des de la Generalitat durant el període 2008-2021. Font: registre de dades actualitzades el juliol 2022 de la Generalitat, Annex XI.

6.2. Tècniques de reducció d'eruga a Catalunya

En aquest apart, us explicaré les claus per combatre a la processionària. La informació ha estat extreta de diferents articles d'AlertaForestal i contrastada per l'expert Ànder Achotegui.

L'eruga processionària és una peça clau per l'ecosistema, ja que hi ha una gran quantitat de paràsits depredadors que s'alimenten dels seus ous, larves, crisàlides i adults. Trobem la processionària al menú d'ocells, mamífers, insectes i fins i tot de fongs.

A l'estiu, quan l'arna de la processionària pon els ous a les acícules dels pins, aquests ous són el menjar de formigues, vespes i cigales. Les arnes són també un atractiu menjar per a ratapinyades i lirons.

Quan avança el seu cicle i les erugues neixen, des de l'agost (en zones més fredes) fins a l'octubre (en el litoral), passen a ser el menjar dels ocells insectívors. Entre els que trobem la mallerenga carbonera (*Parus major*), la mallerenga blava (*Cyanistes caeruleus*), o el cucut (*Cuculus canorus*) (Figura 28).

Entre el febrer i el març quan baixen en processó i s'enterren, la merla (*Turdus merula*), el puput (*Upupa epops*) i el corb (*Corvus corax*), localitzen i agafen les erugues.

A més, hi ha un fong anomenat *Cordyceps militaris* que parasita a la processionària. Quan les erugues baixen en processó, el fong tira les seves espores que poden enganxar-se als pèls urticants de la processionària. Posteriorment, la humitat i l'enterrament de les erugues afavoreix que els fongs germinin sobre la crisàlide de l'eruga i vagin alimentant-se d'ella a poc a poc, fins que la papallona que es desenvolupa en el seu interior mor.

Aquestes representen algunes de les espècies per a les quals la processionària és una font important d'aliment, així que amb la processionària no tot és dolent. El problema és que l'augment de temperatura causat pel canvi climàtic provoca un increment descontrolat d'aquesta eruga que abans es podia regular de forma natural.

A continuació, s'esmenten algunes estratègies o mètodes que es poden utilitzar per reduir la població de processionària.

- **Caixes nius i menjadores per a ocells insectívors:** Un dels mètodes que podem aplicar per reduir l'eruga és posar caixes nius i menjadores per atraure ocells insectívors. La processionària és un dels plats principals del cucut (*Cuculus canorus*), la merla (*Turdus torquatus*), la puput (*Upupa epops*) o les mallerengues i, per tant, s'encarregaran de reduir la població de processionària de forma natural.



Figura 28. Puput intentant treure la larva de processionària de la crisàlide.

Autor: José Luis Ordóñez. Font: article d'AlertaForestal - CREAM.

- **Con de plàstic al voltant del tronc:** És una barrera física. Es col·loca un con de plàstic al voltant del tronc a 1,5 metres mínim d'altura (Figura 29). Aquest interromp el descens de la processionària i impedeix que s'enterrin en el sòl. Perquè no es desbordi l'aigua si plou és aconsellable fer-hi uns petits forats.



Figura 29. Con de plàstic posat al voltant del tronc per atrapar les erugues, a Toulouse.

Font: Antoni Delgado.

- **Tallar les bosses:** També podem tallar les bosses de processionària i destruir-les per immersió en l'aigua. Aquesta operació cal realitzar-la com més aviat millor quan es detectin colònies d'erugues o directament quan es detecti la formació de bosses (octubre-novembre). És molt important recordar que, a partir de novembre fins al seu enterrament al febrer-març, els pèls urticants de les erugues són perillosos, per això hem de protegir-nos les mans i els ulls. També hi ha el mètode tradicional que és la perdigonada (agafar una escopeta i disparar a les bosses de les erugues).
- **Feromones sexuals²⁰:** En àrees més extenses i amb un baix nivell de plaga, una altra opció és atreure i atrapar els mascles de l'espècie amb feromones sexuals quan estan en fase de papallona, entre el juny i el setembre (depenent de la zona), abans que fecundin les femelles (Figura 30). Aquest mètode és utilitzat sobretot per saber quan comencen la temporada d'erugues, ja que quan es troben els primers mascles dins de les trampes, vol dir que tot just ha començat la temporada.



Figura 30. Parany de feromona sintètica per a processionària. Autor: Cherubino
Font: article d'AlertaForestal - CREA.

²⁰ **Feromones sexuals:** Les feromones sexuals són substàncies alliberades per un organisme per atraure individus amb fins reproductius.

- **Bacillus thuringiensis:** Aquest bacteri serveix com a insecticida biològic actiu en els estadis larvaris. El bacteri produeix toxines que inhibeixen l'aparell digestiu de les larves de processionària i, per tant, provoquen la seva mort.
- **Inhibidor del creixement:** Un altre insecticida és l'inhibidor del creixement que impedeix que les erugues puguin realitzar la muda a l'hora de canviar d'estadi larvari. Té eficàcia en la fase de l'ou i al primer estadi larvari. És necessari conèixer el moment de naixement de les erugues abans d'aplicar-ho.
- **Piretroides:** És un grup d'insecticides que es dirigeixen a les bosses. Es recomana la seva aplicació en pins de poca alçada. Les erugues són més sensibles als insecticides quan són joves i encara no han produït una alta defoliació. Per tant, l'època més aconsellable per aplicar el tractament a Catalunya és durant octubre-novembre. En zones petites el producte s'aplica dissolt en aigua mitjançant aparells polvoritzadors, però si són grans extensions s'utilitzen sistemes aeris. És important i recomanable no realitzar els tractaments químics sense la supervisió d'un expert, perquè aquest tipus d'insecticides poden afectar altres éssers vius, incloent-hi a depredadors de la processionària (Article d'AlertaForestal - CREA).
- **Endoteràpia:** L'endoteràpia és una tècnica de tractament no molt utilitzat a gran escala. Consisteix en injeccions químiques per reacció sistèmica, és a dir, la injecció del químic a la saba de l'arbre (flux que aporta l'aliment a l'arbre). La saba està present al tronc de l'arbre i a les seves fulles, i va circulant de forma similar al vasos sanguinis d'una persona. Si injectes un químic a la saba, aquest quedarà repartit a tot l'arbre i, quan les erugues es mengin les fulles es menjaran el químic que les matarà. Un avantatge d'aquesta tècnica és que no contamina l'atmosfera ni el sòl de la zona. És un tractament directe a l'arbre i no li pot afectar a una persona el producte, com és el que pot passar amb alguns altres productes. El desavantatge és que és un tractament que s'aplica arbre a arbre. No s'aplica per tractar a grans pinedes sinó només en arbres localitzats (Endoteràpia vegetal).

6.3. Productes fitosanitaris autoritzats

Per poder tractar una zona de processionària o de qualsevol plaga amb algun producte fitosanitari, la persona que ho fa ha d'estar autoritzada i el producte que utilitza també. Durant la tardor-hivern els ajuntaments tracten la majoria d'arbres que tenen processionària. Ho fan aquesta època de l'any, ja que la larva encara no s'ha acabat de desenvolupar. Normalment, abans de fer-ho, fan un comunicat a la població pel seu portal web, perquè la gent que té al·lèrgies de la zona estigui assabentada. Per trobar quins productes fitosanitaris estan autoritzats, s'ha de consultar prèviament al portal web del Ministeri d'agricultura, pesca i alimentació d'Espanya. Allà es poden trobar tots els productes autoritzats per combatre la processionària i la seva fitxa tècnica. En aquesta fitxa, s'indiquen les concentracions que s'han d'aplicar el producte, en quins arbres es pot aplicar, quants cops es pot aplicar i fins quan està autoritzat el producte. Aquests productes autoritzats tenen data de caducitat, és a dir, per poder continuar utilitzant-los el Ministeri els ha d'anar renovant. Això significa que, en el temps, no sempre s'utilitzen els mateixos productes fitosanitaris, ja que hi ha alguns que es renoven i hi ha altres que no, afegeixin-hi de nous. De fet, el procés és tan estricte que fins i tot has de comprar el producte en una empresa concreta, perquè és l'única autoritzada per a la seva venda. A més, si un producte fitosanitari no està autoritzat pel Ministerio en el moment que tu vols fer el tractament o ha caducat el producte, no el pots utilitzar, encara que el tinguis en estoc o que anteriorment pogués estar autoritzat.

A continuació, podeu consultar els productes fitosanitaris vigents autoritzats per combatre la processionària (Taula 3). Si voleu consultar els productes fitosanitaris vigents actualment podeu consultar el següent [enllaç](#). La base de dades s'actualitza cada setmana, els divendres a partir de les 14 hores.

| Ver | Nº Reg. | Nombre | Titular | Formulado | Ficha |
|-----|---------|--------|----------------------|--|-------|
| | 22166 | ADINA | SIPCAM | AZADIRACTIN 1% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 23291 | ALIGN | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 23188 | AUDACE | FMC Agricultural Sol | DELJAMETRIN 2,5% [EC] P/V | |
| | 25035 | AZAFIT | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 24816 | AZAR | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |

Mostrando registros 1-5 de un total de 21

« ‹ 1 2 3 4 5 › »

Exportar Excel Exportar Json

| Ver | Nº Reg. | Nombre | Titular | Formulado | Ficha |
|-----|---------|-----------------|---------------|--|-------|
| | 19650 | AZATIN | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 25313 | BELTHIRUL 16 SC | PROBELTE | BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (CEPA PB-54) (16x10E6 U.I./G) 9,74% [SC] P/V | |
| | 21683 | CONFIRM 240 LV | NISSO | TEBUFENOCIDA 24,7% [SC] P/V | |
| | 19848 | CORDALENE | AGRICHEM | BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (EG 2348) (24x106 U.I./G) 18,3% [SC] P/V | |
| | 25100 | DECIS | BAYER | DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V | |

Mostrando registros 6-10 de un total de 21

« 1 2 3 4 5 »

Exportar Excel Exportar Json

| Ver | Nº Reg. | Nombre | Titular | Formulado | Ficha |
|-----|---------|--------------|--------------------|--|-------|
| | 23782 | DECIS EXPERT | BAYER | DELTAMETRIN 10% [EC] P/V | |
| | 13688 | DELTAPLAN | BAYER | DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V | |
| | 24288 | FORTUNE AZA | SIPCAM | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 25722 | KAISO SORBIE | NUFARM ESPAÑA S.A. | LAMBDA CIHALOTRIN 5% [EG] P/P | |
| | 24313 | OIKOS | SIPCAM | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |

Mostrando registros 11-15 de un total de 21

« 1 2 3 4 5 »

Exportar Excel Exportar Json

| Ver | Nº Reg. | Nombre | Titular | Formulado | Ficha |
|-----|----------|---------------------|---------------------|--|-------|
| | ES-00282 | HAPAX AS | CBC (EUROPE) S.R.L. | BACILLUS THURINGIENSIS KURSTAKI (Cepa EG 2348) 22,6% (24 x 10E6 UI/g) [SC] P/V | |
| | 18554 | SADITRINA ULV MICRO | FAESAL | CIPERMETRIN 0,35% [UL] P/V | |
| | ES-00045 | TUREX 50 WG | MITSUI AGRISCIENCE | BACILLUS THURINGIENSIS AIZAWAI 50% [WG] P/P | |
| | 25034 | ZAFIRO | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |
| | 24676 | ZENITH | SIPCAM INAGRA | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |

Mostrando registros 16-20 de un total de 21

« 1 2 3 4 5 »

Exportar Excel Exportar Json

| Ver | Nº Reg. | Nombre | Titular | Formulado | Ficha |
|-----|---------|------------|---------|--|-------|
| | 24736 | ZENITH A26 | SIPCAM | Azadiractin 2,6% (COMO AZADIRACTIN A) [EC] P/V | |

Mostrando registros 21-21 de un total de 21

« 1 2 3 4 5 »

Taula 3. Productes fitosanitaris autoritzats pel *Ministeri d'agricultura, pesca i alimentació*.
 Font: Ministeri espanyol d'agricultura.

6.4. Diferències entre producte fitosanitari biològic i químic

Després d'haver parlat dels diferents productes fitosanitaris, cal esmentar les principals diferències entre un producte fitosanitari biològic i un de químic.

Una de les principals diferències és la matèria activa del producte. En els productes biològics la matèria activa són bacteris o altres organismes, en canvi, en productes químic són complexos moleculars de laboratori, com ja indica el nom.

Una altra diferència és l'objectiu dels productes. Normalment, els productes biològics tenen una finalitat molt localitzada i només afecta l'objectiu marcat, mentre que els productes químics són molt més genèrics, significant que mata l'objectiu i molts altres organismes. Un exemple clar és el cas de la processionària. En aplicar un químic es mata la processionària, però també tots els seus controladors i altres bacteris de l'arbre, és a dir, ho mata tot i pot ser perjudicial.

També, un altre aspecte a tenir en compte és la permanència del producte i la seva efectivitat. De forma genèrica, els productes biològics no tenen tanta efectivitat, el seu % d'eficàcia és més baix que el d'un químic. A més, la seva permanència és més baixa, ja que un cop s'aplica el producte biològic, al cap d'uns anys s'haurà de tractar la zona un altre cop. En canvi, si s'utilitza un producte químic perdura molt més en el temps i no s'haurà de tractar la zona tan aviat.

Tanmateix, si en fixem en la part econòmica dels productes, els productes químics tenen un cost més baix que els biològics. Els productes químics tenen molts punts positius, però en contrapartida no respecten tant l'entorn on s'aplica el producte i afecten més a les dinàmiques dels ecosistemes, ja que la majoria no són productes localitzadors afectant moltes més espècies a part de les que s'havien marcat com a objectiu principal. Després de la seva aplicació, la recuperació de l'ecosistema és lenta i es poden desencadenar problemes (Antonio Torrell Sorio).

6.5. Productes fitosanitaris aplicats per Terrassa i per la Generalitat

En relació amb Terrassa, l'any 2019 es va utilitzar un producte fitosanitari biològic el qual el seu nom és el "Belthirul" de la casa Probelte. Aquest feia servir com a matèria activa el *Bacillus thuringiensis* varietat Kurstaki, i en aquell moment estava autoritzat, però actualment ja no està autoritzat. L'han retirat, ja que s'han realitzat estudis i certa població té sensibilitat al *Bacillus thuringiensis*, afectant l'aparell respiratori. El seu ús està reservat a agricultors i aplicadors professionals a llocs no destinats al públic en general (Reial decret 1311/2012, de 14 de setembre, pel qual s'estableix el marc d'actuació per aconseguir un ús sostenible dels productes fitosanitaris). Com que el tractament biològic més afectiu era el *Bacillus thuringiensis*, l'Ajuntament de Terrassa va deixar de fer tractaments biològics i van passar a fer tractaments químics. El darrer any (2021), des del sector de Parc i Jardins i Medi Ambient de Terrassa, s'utilitza el producte *Decis Protech*, autoritzat com a *Decis*, que té com a matèria activa el deltametrin (Font: Jaume Macià de "Parc i Jardins" i Adam d'"Espais Verds i Biodiversitat Urbana" de l'Ajuntament de Terrassa).

En referència a la Generalitat de Catalunya, quan fan una actuació aèria per combatre la processionària en àrees forestals de masses de pins molts grans (principalment de *Pinus nigra*, *P. sylvestris*, *P. Pinaster* i *P. halepensis*) sempre utilitzen el *Bacillus thuringiensis varietat Kurstaki* amb una concentració del 13,9% fins 17,6%. La concentració del producte pot variar, ja que es determina en el moment que s'adjudica el contracte a l'empresa encarregada. Utilitzen el Bacillus per fer els seus tractaments, perquè és un bacteri específic el qual només afecta la processionària i no altres objectius que no interessin, perquè si no fos específic la dinàmica del bosc se'n podria veure molt afectada.

Quan fan una actuació ho fan en concentracions molt baixes tiren 3L/ha . El producte està autoritzat en aquesta dosi pel control de la processionària del pi al Registre Oficial de Productes Fitosanitaris que gestiona el Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació per a utilitzar amb tècniques d'UBV mitjançant aeronaus amb equips Micronair. Aquest tipus d'actuació no la podrien fer amb productes químics, ja que desequilibrarien la dinàmica de l'ecosistema i tindria conseqüències molt greu. Per aquest motiu, està prohibit fer fumigacions massives amb químics, perquè la majoria no són específics i afectarien moltes d'altres espècies a part de la que interessa.

La justificació principal d'aquestes actuacions aèries per part de la Generalitat per combatre la processionària del pi, es recull als informes que publica. La raó és que la processionària del pi ocasiona danys de consideració en extensions importants de boscos de diferents espècies de pins, origina urticària i trastorns al·lèrgics a les persones i als animals, així com ocasiona perjudicis econòmics per a la població local (turisme, ramaderia, etc.). Actualment, no hi ha alternatives al tractament aeri, ja que no hi ha tècniques econòmicament viables per controlar aquesta plaga, degut a l'extensió de l'àrea afectada i perquè moltes d'aquestes són de propietaris particulars. Així doncs, resulta d'interès públic fer el tractament aeri per raons de salut dels boscos, i de benestar social per les persones i animals (Informes recull de la Generalitat de Catalunya del 2018-2021).

7. Anàlisi afectació de la processionària a Terrassa i a Catalunya

7.1. Evolució dels tractaments i afectació de processionària a Catalunya

Un dels objectius d'aquest TDR és valorar si realment els tractaments de processionària que es duen a terme a escala de Catalunya són efectius. Després de consultar les dades que em van facilitar des de la Generalitat de Catalunya, tractar-les i crear uns gràfics, vaig arribar a extreure una conclusió. Els tractaments que es fan a Catalunya amb avionetes i helicòpters cada any amb el producte fitosanitari autoritzat que té com a matèria activa el *Bacillus thuringiensis*, són efectius. A continuació us en detallaré els motius.

Des del 2008 la Generalitat tracta algunes zones de Catalunya afectades per la processionària amb avionetes, però no és fins al 2012 que es va començar a portar un registre formal de les seves actuacions. És per això, que els gràfics que hem obtingut són a partir del 2012. Els tractaments aeris que fa la Generalitat sempre són amb productes biològics, com ara el *Bacillus thuringiensis*, ja que són productes localitzadors que només afecten l'objectiu desitjat, la processionària. Un fet curiós que es pot observar al gràfic (Figura 31), és que l'any 2013 i 2014 es van deixar de tractar els boscos. El motiu pel qual no es van realitzar tractaments durant aquests dos anys és perquè en aquest període va entrar en vigor una nova normativa Europea que prohibia la realització de tractaments aeris (amb algunes excepcions). En aquell moment, no es van poder realitzar els tractaments, però a partir dels següents anys ja es van reprendre els tractaments aeris. Això és un fet molt important pel nostre treball, ja que com s'observa a la figura 31, els anys posteriors al 2013 i 2014, les hectàrees afectades per processionària augmenten molt. Com que durant aquells dos anys la població de processionària no va ser tractada, la població no es va controlar i es va trobar en un escenari ideal, amb abundància d'aliment, ja que com els anys anteriors anys sí que s'havien efectuat tractaments els arbres no estaven defoliats ni afectats per processionària. A més, si li afegim el factor que durant aquells dos anys les temperatures d'hivern van ser una mica més suaus del normal, la població de processionària fa un creixement excepcional. No va parar d'augmentar fins que els tractaments de la Generalitat es van reactivar, però en aquell moment la població d'erugues ja havia augmentat molt. És per això que han de destinar més diners en fer tractaments, ja que han de tractar més hectàrees de les que ho havien fet fins ara. Durant el 2015, 2016 i 2017 l'eruga té un pic de població. Per aquest motiu, des de la Generalitat no es poden relaxar i reduir els tractaments, així doncs, segueixen insistint cada any. No disminueixen el nombre d'hectàrees tractades fins al 2019, any en el qual, si en fixem en la figura 32, el % hectàrees tractades és superior al % hectàrees

afectades greument. Aquest fet que no havia passat en els anys anteriors. És en aquest moment que els tractaments realitzats comencen a reduir-se, ja que l'eruga processionària està més controlada.

Tots aquests motius i fets demostren que des de la Generalitat s'està fent una bona tasca per tractar aquesta plaga, ja que els tractaments que duen a terme són efectius i eficaços per a tenir aquesta plaga controlada. Els científics que treballen en aquest tema, molts d'ells del CTFC, han demostrat que estan preparats per tractar la plaga amb bons resultats. És per això, que els encoratjo a seguir en aquesta línia. És més, el model de tractaments de la Generalitat de Catalunya, pot ser un model referent per altres comunitats d'Espanya i/o zones del nord d'Europa on es preveu més afectació en un futur.

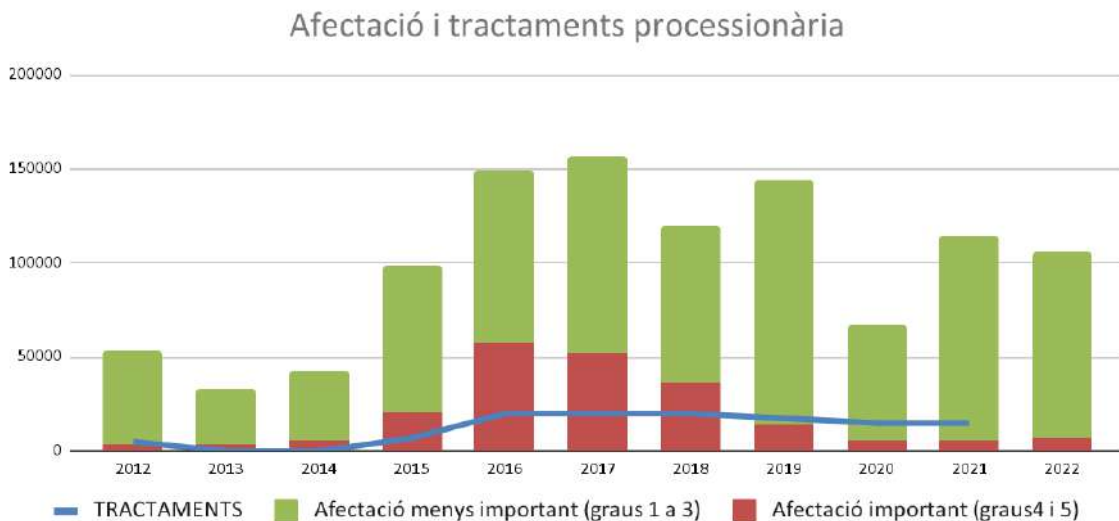


Figura 31. Representació de la quantitat d'hectàrees total afectades per la processionària (columna verda) en comparació de les hectàrees afectades greument (columna vermella), i el total d'hectàrees tractades amb *Bacillus thuringiensis* (línia blava). Nota: encara no es disposen de les dades dels tractaments del 2022. Font: elaboració pròpia amb les dades facilitades des de la Generalitat de Catalunya el 19 de juliol del 2022 (Annex XI).

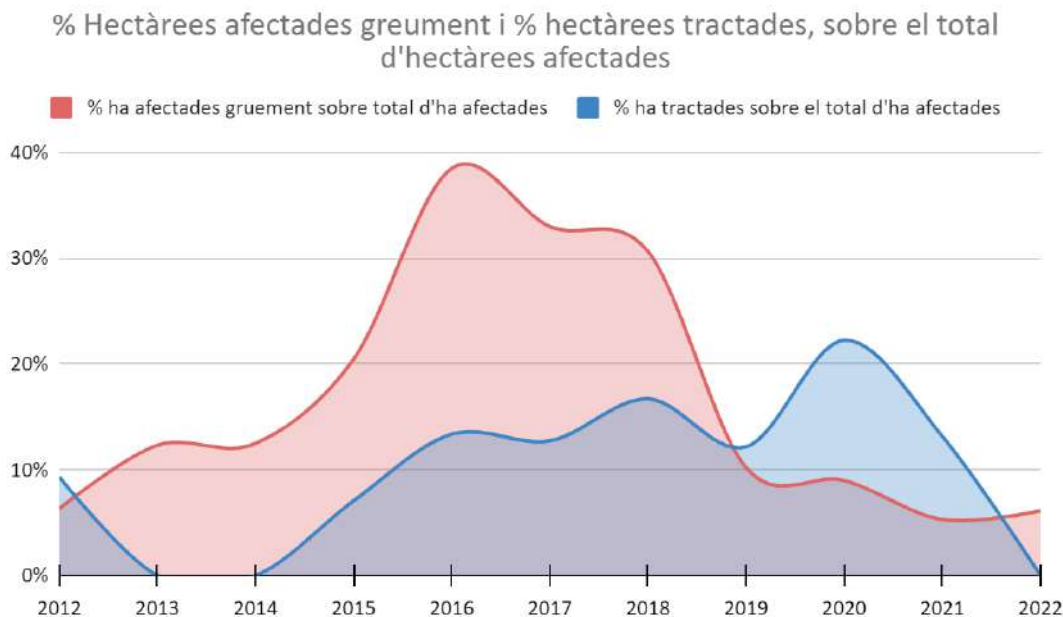


Figura 32. Percentatge d'hectàrees afectades greument sobre el total d'hectàrees afectades (blau) en comparació del % d'hectàrees tractades sobre el total d'hectàrees afectades (vermell).
Font: elaboració pròpia amb les dades facilitades des de la Generalitat de Catalunya el 19 de juliol del 2022 (Annex XI).

7.2. Evolució de les zones més afectades de Terrassa

Unes de les preguntes que m'havia fet durant el TDR era veure l'evolució de les zones de Terrassa més afectades per processionària. Va ser per això que vaig començar intentar aconseguir el registre de les zones tractades els últims anys a Terrassa.

Durant aquest procés, vaig saber quins punts geogràfics tracta l'Ajuntament de Terrassa. També, vaig veure que aquests es divideixen per competències i que per fer els tractaments se'ls reparteixen entre les dues àrees de l'Ajuntament, la de Parc i Jardins de i la de Medi Ambient. Els de Parc i Jardins fan tractaments als punts urbans mentre que des de Medi Ambient fan els tractaments periurbans.

El més curiós és que les dues àrees no tenen comunicació entre elles, i, per tant, no saben els llocs on fan els tractaments l'altra àrea de l'Ajuntament. Els de Parc i Jardins contracten a tres empreses per concurs, que tractaran tot Terrassa i, és després que l'àrea de Medi Ambient subcontracta una d'aquestes empreses per fer els seus tractaments. Així doncs, tots es realitzen amb els mateixos productes.

Un cop vaig aconseguir el registre de les zones tractades (de l'any 2018-2021²¹), vaig voler crear un mapa per veure l'evolució dels tractaments de l'any 2018 al 2021. El mapa el vaig crear amb l'ajuda de Google Earth i ho vaig fer per capes. A continuació, trobareu els enllaços per poder obrir cada capa del mapa (separades per anys) i consultar cada punt la informació corresponent al seu tractament. Durant la creació d'aquest mapa, em vaig adonar que l'Ajuntament des de l'any 2018 fins a l'any 2021 tractava les mateixes zones cada any, tant des de l'àrea de Parc i Jardins com des de Medi Ambient. Això em va sorprendre, ja que l'únic canvi que s'havia produït en aquest any és que, durant l'any 2019, van afegir alguns punts nous a tractar, repartits majoritàriament al barri de Sant Llorenç, i els tractaments de Vallparadís de l'any 2020, tractaments que ja es feien des de fa temps, però que no se'n tenia registre previ. A part d'aquests petits canvis, també l'any 2020 hi ha un canvi pel que fa als productes utilitzats. La nova legislació que va entrar en vigència prohibia la utilització del *Bacillus thuringiensis*. Això va fer que em plantejés si realment els seus tractaments eren efectius, ja que si tractaven els mateixos llocs cada any, estaven actuant en una zona que potser no era necessària tractar. Va ser per això que vaig voler trobar-me amb en Jaume Macià (de Parcs i Jardins), per preguntar-li sobre els mètodes de tractaments que s'estaven duent a terme. Ell em va explicar que a més dels tractaments que han estat fent, a partir de l'any 2020 es van començar a fer eliminacions físiques de nius de processionàries un cop fets els tractaments. D'aquesta manera s'asseguraven que no quedessin nius resistents als tractaments, evitant tenir cap problema sanitari d'alguna persona degut als pèls urticants de la processionària.

A l'acabar de crear els mapes, vaig parlar per telèfon amb Joaquim Orenga, treballador de l'àrea de Medi Ambient de Terrassa, per preguntar-li el procés de gestió que fan de la plaga. Després de la conversa vaig saber que sobretot tracten zones periurbanes que són molt transcorregudes, ja que tracten la processionària com un problema sanitari per l'afectació que pot produir a la salut de les persones. Si l'eruga fos un problema com a plaga no seria de la seva competència, formaria part de la competència de la Generalitat. Pel que fa als tractaments, utilitzen les mateixes tècniques que el sector de Parcs i Jardins. Com ja s'ha dit, les dues àrees no estan connectades i, per tant, no s'organitzen de cap manera concreta a l'hora de fer els tractaments. Amb el temps, el que han fet és que sigui la mateixa empresa que ha contractat els de Parcs i Jardins, la que després faci els tractaments de Medi ambient. Així doncs, la subcontracten i li realitzen els mateixos tractaments a les zones que per competència pertanyen a l'àrea de Medi Ambient (Conversa amb Joaquim Orenga).

²¹ Les eliminacions físiques dutes a terme l'any 2022 formen part de l'acabament del tractament de l'any 2021

Mapes d'elaboració pròpia creats amb l'ajuda del programa Google Earth on indiquen els punts tractats de Terrassa durant diferents períodes (figura 33):

- Punts tractats a Terrassa de l'any 2018 al 2021: [enllaç](#)^{22 i 23}
- Punts tractats a Terrassa de l'any 2019 al 2021: [enllaç](#)^{22 i 23}
- Punts tractats a Vallparadís de l'any 2020 al 2021: [enllaç](#)^{22 i 23}
- Punts on han fet una eliminació física a Terrassa: [enllaç](#)^{22 i 23}
- Punts on han fet una endoteràpia: [enllaç](#)^{22 i 23}
- Zones on han fet tractaments el sector de Medi Ambient: [enllaç](#)²³

Per observar les dades d'on s'ha creat aquest mapa podeu consultar l'Annex XIII, on hi ha el registre de tractaments de processionària facilitats per Jaume Macià de Parcs i Jardins, actualitzat el 25 d'abril del 2022.

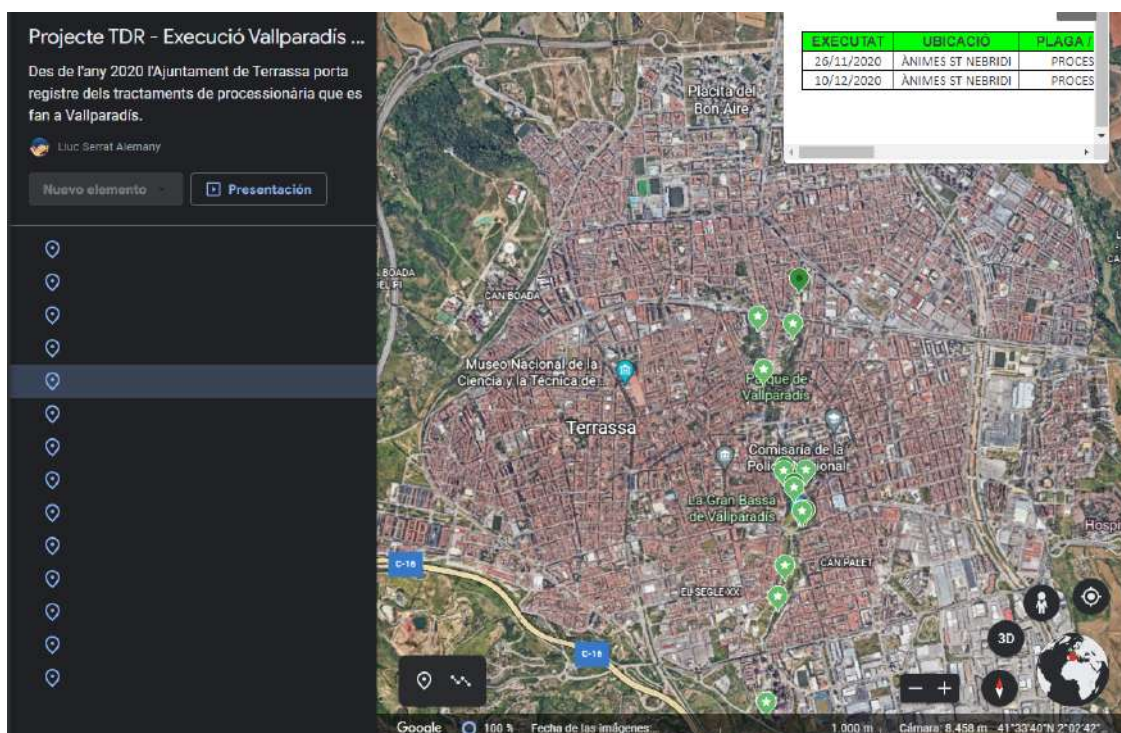


Figura 33. Mapa amb els punts tractats a Vallparadís de l'any 2020 al 2021, amb la respectiva informació de cada punt. Font: elaboració pròpia amb el programa Google Earth

²² Punts tractats pel sector de Parc i Jardins de Terrassa.

²³ Enllaços actualitzats el 7 de setembre del 2022

El dia 30 de setembre vaig quedar amb el Jaume Macià amb l'objectiu de preguntar-li quins eren els fonaments dels tractaments que diuen a terme des de l'Ajuntament. Anteriorment, havia fet una entrevista a Hódar, on li havia preguntat si creia que els ajuntaments estaven preparats per tractar aquesta plaga i on ell em va contestar que no ho estan. La contestació d'Hódar a la pregunta esmentada va ser la següent:

“No, no lo están. De otro modo no sería explicable por qué se siguen usando los pinos de forma masiva en zonas ajardinadas. Una cosa es usar algún pino que otro (y de según qué especie), y otra llenar parterres enteros de ellos. Aquí en Granada, en el PTS (Parque Tecnológico de la Salud) han llenado varias zonas ajardinadas de pinos; ya he visto la procesionaria en ellos, y en unos años (ojalá me equivoque) será un problema de salud pública. Pero cuando tienen un problema creo que son ellos los que deberían preguntar, no esperar a que nosotros se lo contemos.” (Entrevista Hódar).

Així doncs, ho vaig voler investigar amb el cas de l'Ajuntament de Terrassa. Després de la trobada amb Jaume Macià, vaig poder arribar a una conclusió en referència als tractaments que realitzen i vaig poder fer una petita anàlisi de la seva efectivitat. El fet està que no podem comparar els tractaments que es duen a terme des de l'Ajuntament de Terrassa amb els de la Generalitat de Catalunya. Primer de tot, perquè no disposen del mateix pressupost i perquè entenen la processionària de maneres diferents. La Generalitat de Catalunya entén la processionària com un problema de salut de boscos i, en canvi, l'Ajuntament de Terrassa com un problema de sanitat pública. Això implica que l'Ajuntament de Terrassa té tolerància 0 amb la processionària i, per tant, no es pot permetre que hi hagi cap arbre amb aquests insectes. La processionària, com hem explicat anteriorment en l'apartat 3.7. ("Afectació de l'eruga processionària a la salut dels animals i persones"), pot ser un greu problema per la ciutadania. En conseqüència, des de l'Ajuntament han decidit dur a terme un pla de tractaments que consisteix a tractar tots els pins que potencialment puguin tenir processionària. Això implica que tracten quasi tots els pins de la ciutat de Terrassa de forma preventiva tinguin presència de processionària o no, ja que la despesa de fer-ho és molt més assumible en comparació a la problemàtica que pot causar un niu de processionària. Ells entreguen la confiança a tres empreses que els asseguruen el control la plaga. Aquestes empreses ja tenen controlats els pins que poden causar problemes i els tracten cada any. Si veuen que els tractaments no han sigut prou efectius, ells mateixos treuen manualment els nius o col·loquen cons de plàstic al voltant del tronc.

Per tant, després d'aquestes explicacions podem dir que els seus tractaments són realment efectius. Cal dir que si s'intentessin aplicar els seus mètodes en boscos seria una bogeria, ja que estaria provocant una d'estabilització dels ecosistemes. Però com que estem parlant d'arbres localitzats en una ciutat, utilitzar aquest pla és eficient. Aquest pla permet no tenir cap problemàtica amb la processionària durant els primers mesos de l'any, època en la qual la processionària baixa dels arbres. I realment així, a Terrassa és una ciutat on és quasi inapreciable la processionària. Si ens fixem en el mapa d'AlertaForestal observem que només hi ha un punt d'afectació de processionària en tot el terme de Terrassa (Figura 34). Aquest mapa ens corrobora que realment són efectius els tractaments realitzats.

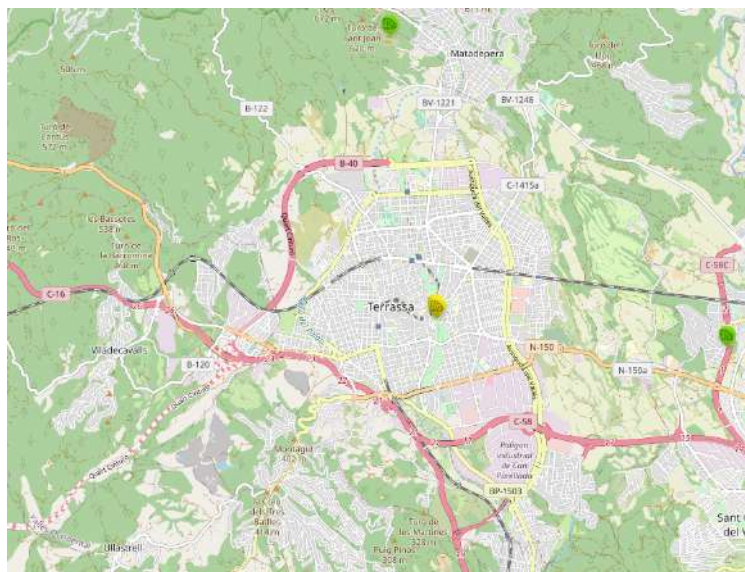


Figura 34. Mapa extret del projecte de ciència ciutadana d'AlertaForestal amb el hashtag #processionaria recull dades del 2017 fins al 4 d'octubre. Font: projecte AlertaForestal.

7.3. Processament de dades dels tractaments de Terrassa

Durant la redacció d'aquest TDR, vaig plantejar-me alguns petits objectius sobre l'afectació de processionària a Terrassa. Alguns eren saber quina és l'espècie de pi més tractada per aquesta plaga o quin era el districte més afectat de Terrassa. Per això, vaig tractar les dades del registre que m'havien facilitat, i vaig obtenir els resultats que a us exposo:

- **Districte més tractat de Terrassa en el període 2018-2021.**

Indiscutiblement, el districte més tractat de Terrassa és el districte número 5 (Nord-oest de Terrassa). Aquesta predominança sobre els altres districtes és degut al tractament que es du a terme al camí Romeu de Montserrat on tracten 1.300 arbres cada any. Si no fos per aquest tractament del camí Romeu de Montserrat, els districtes més tractats serien el número 1 (centre de Terrassa) i 7 (Sud-est de Terrassa). El número 7, pels tractaments que es produeixen al barri de les Fonts i, el número 1 pels tractaments del parc de Vallparadís.

- **Espècie de pi més tractada de Terrassa en el període 2018-2021.**

L'espècie de pi més tractada de Terrassa durant aquest període ha estat el *Pinus halepensis* amb un 89,88% aprox. de tractaments, respecte de tots els pins tractats. Aquests càlculs depenen segons l'any i, no s'han pogut incloure els pins que s'han tractat a Vallparadís, ja que en el registre no indica l'espècie de pi tractada.

- **Totalitat dels tractaments físics que s'han realitzat a partir de l'any 2020.**

El registre de tractaments físics es va començar a dur a terme a partir de l'any 2020. En aquests dos anys s'han registrat un total de 89 tractaments físics, 44 tractaments a la zona Vallparadís i 42 tractaments a la resta de Terrassa. Tots aquests tractaments representen un 0,77 % dels tractaments realitzats a tot Terrassa durant el període de l'any 2018-2021.

- **Endoteràpies realitzades durant el període 2018-2021.**

A partir del 2018, s'han dut a terme un total de 8 tractaments d'endoteràpia, tots al Cementeri Vell de Terrassa. Com que no podien tractar tota la capçada de l'arbre, van decidir fer endoteràpia. Això significa 0,07 % dels tractaments fets a Terrassa.

- **Percentatge dels diferents tipus de tractaments que s'han realitzat.**

Des del 2018 fins al 2021, l'Ajuntament de Terrassa ha tractat molts pins, la majoria amb tractaments químics. Al registre de tractaments, es pot apreciar que durant l'any 2018 i 2019 la majoria tractaments es fan amb productes fitosanitaris biològics, com el *Bacillus thuringiensis*. En el registre es reflecteix l'efecte del canvi de legislació, que prohibeix la utilització de *Bacillus thuringiensis* en zones poblades. A partir de llavors, s'observa com van augmentant els tractaments químics, que es començaran a dur a terme amb molta freqüència a partir de l'any 2020 (Taula 4).

| Físic | Químic | Biològic | Endoteràpia |
|-------|--------|----------|-------------|
| 0,74% | 70,52% | 28,67% | 0,07% |

Taula 4. Percentatge de tractaments realitzats per l'Ajuntament de Terrassa des de l'any 2018 fins al 2021. Registre actualitzat el 25 d'abril del 2022.

7.4. Prediccions del futur de la processionària i el clima a Terrassa i a Catalunya

Un dels meus objectius del TDR era investigar el futur de la població de processionària, a nivell local de Terrassa i a nivell de Catalunya. La meva hipòtesis era que en un futur en el qual es preveu un augment de temperatures, la processionària tindrà un escenari ideal per desenvolupar-se en els Pirineus i Prepirineus catalans. Però, si parlem a escala de Terrassa i zones més costaneres, l'augment de temperatures serà perjudicial per a l'eruga processionària.

Per poder saber si la meva hipòtesi es complia havia de saber que influència realment el creixement de les erugues. Vaig llegir l'article de Battisti del 2005 que em va recomanar el científic Quim Canelles del CTF. En aquest article, s'esmenta que les espècies d'insectes que estan actives i s'alimenten durant l'hivern estan influenciades per l'escalfament global, ja que un augment de temperatures els hi permet una alimentació i supervivència més gran (Battisti et al., 2005; Cuero et al. 1993). És per això, que per aquestes espècies d'insectes, com la processionària, la seva supervivència està marcada per les temperatures més baixes (temperatura letal més baixa, LLT) que sovint es registren a l'hivern (Battisti et al., 2005; Fields i McNeil 1988, Sinclair 1999).

Ara que ja sabia que les temperatures d'hivern són molt significatives per la *Thaumetopoea pityocampa*, havia de saber a partir de quines temperatures moren les larves. Vaig llegir l'article de Pimentel del 2011, que em va recomanar un científic del CTFC, on diu que les larves només sobreviuen si la temperatura mitjana mínima de l'aire del període més fred de l'hivern (desembre a febrer) està per sota de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, sempre que el mínim absolut d'aquell hivern mai hagi estat per sota de $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant una estona prolongada (més d'una hora). En un estudi de Hoch G et al., del 2009, van veure que la supervivència de les larves d'una bossa de processionària sotmesa a temperatures de $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant una hora és d'un 70%. Però, si la gelada era massa prolongada o més baixa d'aquesta temperatura, el tant per cent de supervivència disminuïa ràpidament (Pimentel et al., 2011; Huchon i Demolin, 1971; Buffo et al., 2007; Hoch et al., 2009). A més, les larves només s'alimenten i es desenvolupen si la temperatura dins del niu durant el dia és per sobre de $9\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguit de temperatures de l'aire superiors a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant la nit. Quan no es compleixen aquestes condicions, hi ha una aturada en el desenvolupament que pot durar fins a diverses setmanes, augmentant la mortalitat larval a mesura que augmenta la seva durada (Pimentel et al., 2011; Battisti et al., 2005; Buffo et al., 2007; Hoch et al., 2009). Per això podem dir que, unes temperatures molt baixes a l'hivern estan relacionades directament amb la supervivència de larves (Pimentel et al., 2011; Buffo et al., 2007) i la defoliació que fan (Pimentel et al., 2011; Hódar i Zamora, 2004).

Pel que fa a temperatures altes, se sol admetre que a partir dels $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ les larves surten de la bossa perquè no resisteixen la calor de dins del niu. Una temperatura una mica per sobre no és letal, però com que les temperatures més altes solen ser durant el dia, si surten de la bossa poden ser depredades per depredadors i parasitoides. A partir de temperatures de més de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ es considera que poden ser letals per l'eruga. (Entrevista Hódar).

En un futur on es preveu sequera, aquesta fa que augmenti la severitat de la plaga, però també podria arribar a afectar de forma negativa a la processionària, ja que si els arbres estan molt afectats per l'estrès hídric podria acabar afectant la processionària també. Segons Hódar, pels pins la processionària és el menor dels problemes. Un podria pensar que la sequera unida a la calor i a la presència de la processionària, és una combinació letal. Però, la realitat és que per molt espectaculars que siguin les defoliacions provocades per la processionària, els pins les resisteixen molt bé. Molt rarament un pi defoliat mor. En una anàlisi de dendrocronologia que va fer Hódar fa anys sobre el *Pinus sylvestris*, va comprovar que a mitjà termini els pins que havien patit defoliacions severes no creixien menys que els pins que no havien estat atacats. La combinació, sequera i

calor per si sola és més que suficient per posar en problemes els pins. D'altra banda, la processionària generalment té preferència en atacar pins sans i saludables, i no pas pins estressats (per estrès hídric o tèrmic). Hi ha altres plagues que sí que són habituals en pins estressats, però no és el cas de la processionària. (Entrevista Hódar i entrevista Ànder).

Un cop vaig obtenir tota aquesta informació, vaig voler crear un model de prediccions de temperatures de Terrassa amb l'objectiu de relacionar-ho amb el futur poblacional de la processionària.

Per fer aquest apartat, va ser molt important la resposta d'una pregunta que li vaig fer a l'entrevista a Hódar, "Un augment de temperatura en un futur pot provocar que la processionària deixi de veure's en boscos costaners i busqui boscos de muntanya on actualment no hi ha processionària?".

La seva resposta va ser que això ja està passant, encara que no a la península Ibèrica, sinó al nord d'Àfrica, on també existeix aquesta plaga. En algunes zones de Tunísia ja hi ha llocs on, almenys els anys més calorosos, les larves no arriben a néixer perquè els ous literalment es couen amb temperatures tan altes. A mitjà termini, es creu que això pot arribar a passar en algunes plantacions de pins de la zona de cabo de Gata i Almeria. El que no se sap, és si abans que la processionària desaparegui per calor, desapareixeran els pins per sequera. A la processionària la sequera li va bé, almenys durant la seva fase de pupa a terra, ja que com hem explicat en apartats anteriors, un terra sec és un terra més segur. No sé sap quin límit tindrà la capacitat de la pupa soterrada per suportar la deshidratació del terra. Halperin, un entomòleg israelià, va comprovar fa anys que a Israel la processionària (allà és *Thaumetopoea wilkinsoni*, no *Thaumetopoea pityocampa*, però són quasi idèntiques) podia suportar com a pupa fins a nou anys a terra, abans d'emergir com a arna.

A continuació, podreu veure els gràfics de temperatures absolutes creats amb les dades meteorològiques d'Infomet enregistrades i tractades des d'una estació Davis²⁴ ubicada a la cruïlla de la rambla d'Ègara i el carrer Torrella de Terrassa (Figura 35 i 36).

²⁴ Estació meteorològica que mesura les variables com la temperatura, la humitat... de la marca Davis.

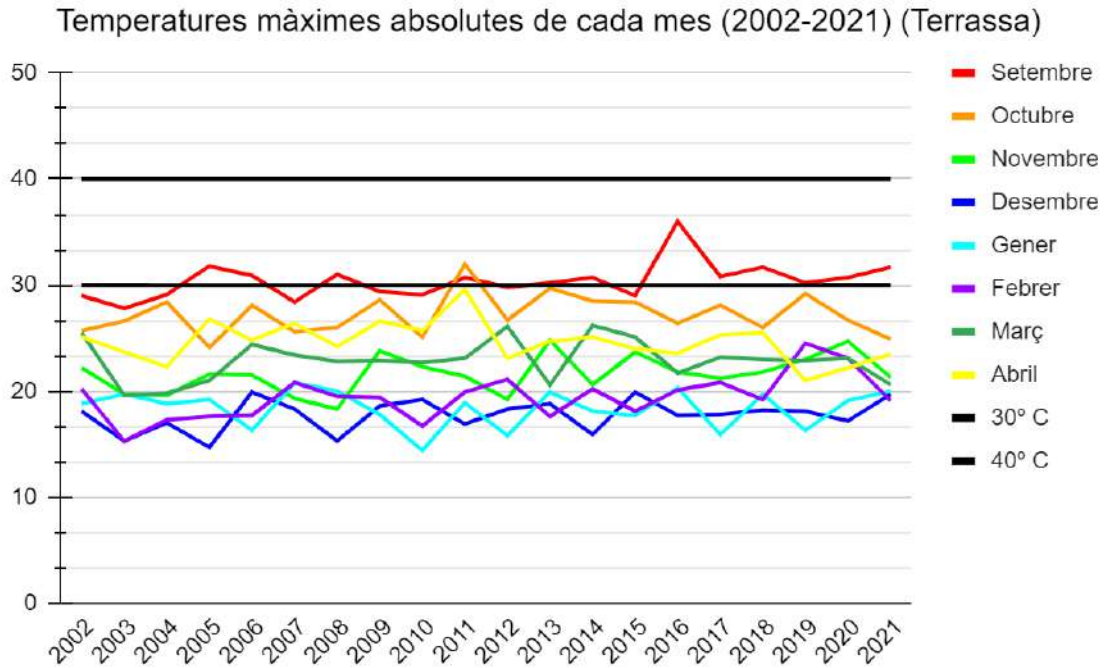


Figura 35. Gràfic de temperatures màximes absolutes de cada mes de l'any 2002 al 2021. Contrastades amb la constant de 30 °C, temperatura que les larves de processionària surten de la bossa, i amb la constant de 40 °C, temperatura que comença ser letal per l'eruga. Font: elaboració pròpia.

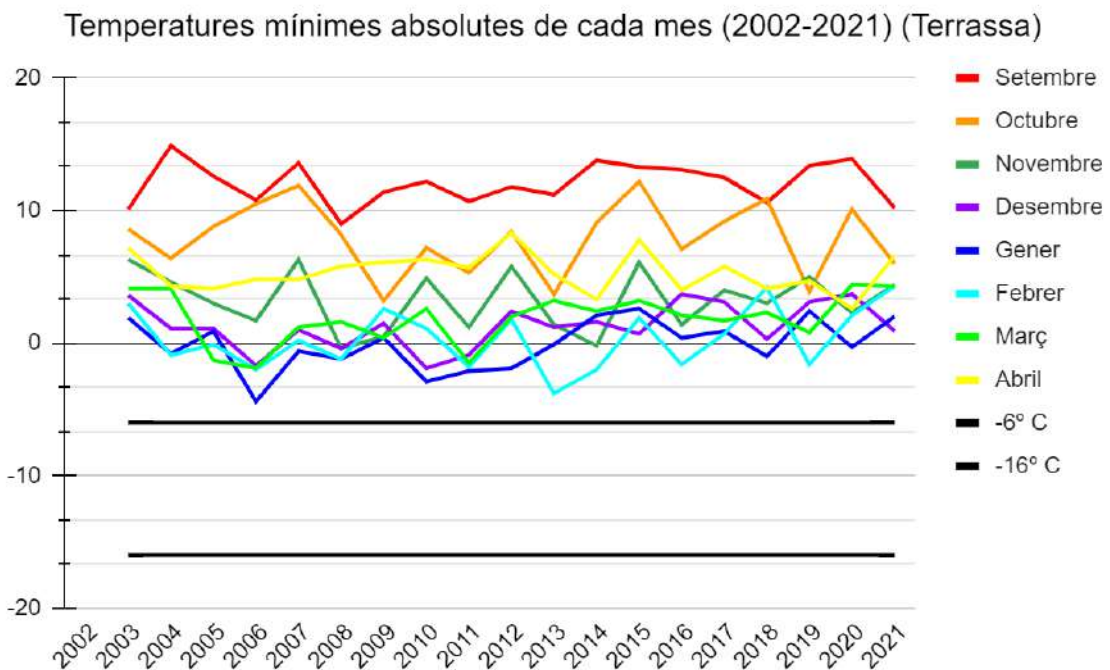


Figura 36. Gràfic de temperatures mínimes absolutes de cada mes de l'any 2002 al 2021. Contrastades amb la constant de -6 °C, temperatura mitjana mínima letal del període més fred de l'hivern per les larves de processionària, i amb la constant de -16 °C, temperatura mínima absoluta letal per l'eruga. Font: elaboració pròpia.

Amb les dades meteorològiques d'Infomet i l'escenari RCP 8.5 de l'IPCC processat per KNMI Climate Explorer, vaig poder crear uns gràfics de prediccions de temperatures absolutes màximes i mínimes de cada mes de Terrassa esperat d'aquí a 60 anys aproximadament (Figura 37 i 38). Aquests gràfics em serviran per poder fer una predicció sobre la població de processionària a la zona de Terrassa.

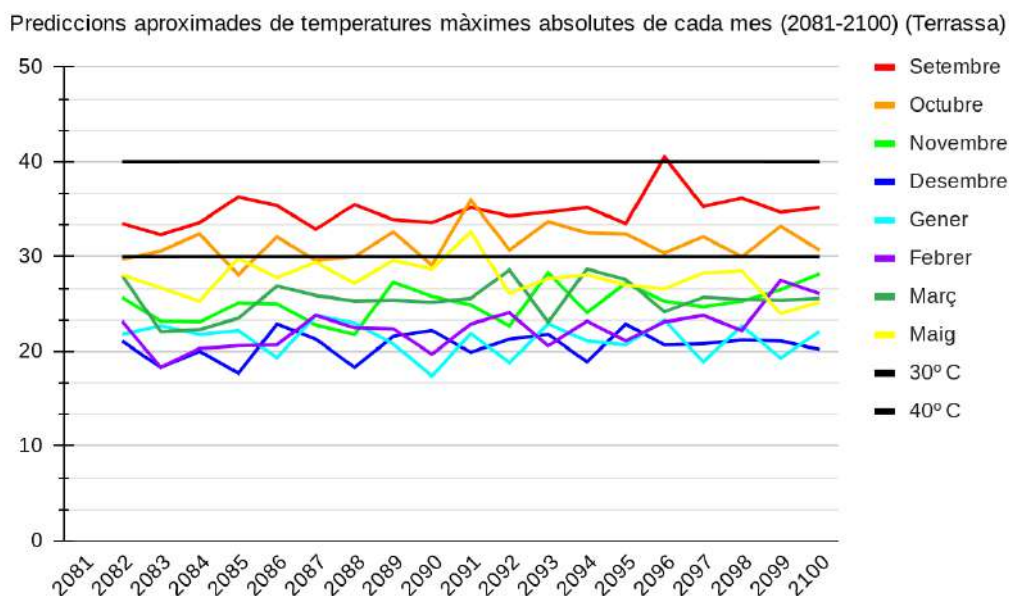


Figura 37. Gràfic de prediccions de temperatures màximes absolutes de cada mes segons l'escenari RCP 8.5 de l'any 2081 al 2100. Contrastades amb la constant de 30 °C, temperatura en què les larves de processionària se surten de la bossa, i amb la constant de 40 °C, temperatura que comença ser letal per l'eruga. Font: elaboració pròpia.

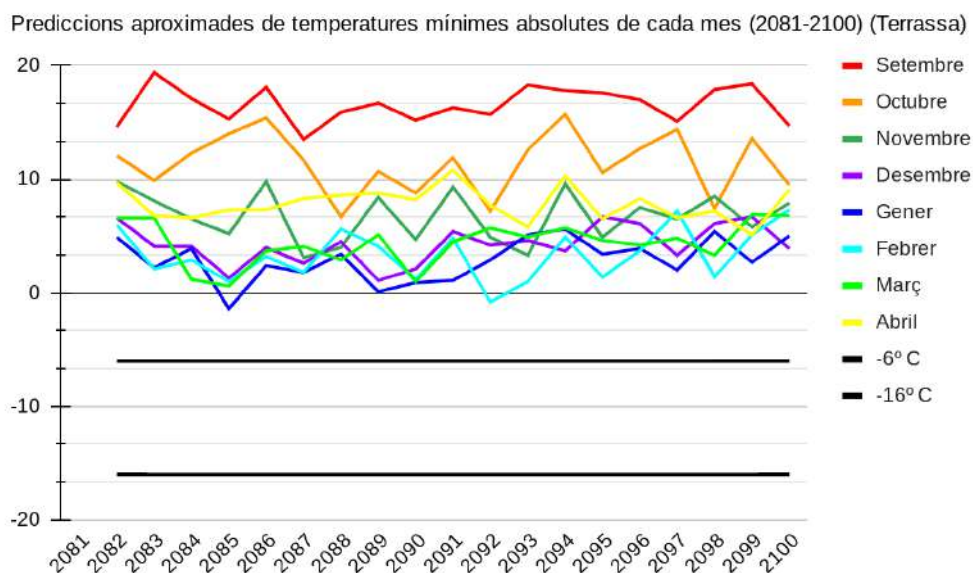


Figura 38. Gràfic de prediccions de temperatures mínimes absolutes de cada mes segons l'escenari RCP 8.5 de l'any 2081 al 2100. Contrastades amb la constant de -6 °C, temperatura mitjana mínima letal del període més fred de l'hivern per les larves de processionària, i amb la constant de -16 °C, temperatura mínima absoluta letal per l'eruga. Font: elaboració pròpia.

Tal com es prediu amb el canvi climàtic, en els dos gràfics s'observa un augment molt significatiu de temperatura, tant en el gràfic de temperatures mínimes absolutes i com en el gràfic de temperatures màximes absolutes. En quasi cada mes, la diferència de temperatura absoluta (mínima i màxima) de cada any entre el període del 2002-2021 i el període 2081-2100 és de 2,5 °C.

Aquest augment és molt important pel cicle de les erugues, perquè com hem dit en l'apartat 3.5. (“Distribució i evolució de la població d'erugues processionàries a Catalunya”), l'eclosió dels ous es produirà abans i les erugues arribaran a l'hivern més desenvolupades. A més, si en fixem amb les T° mínimes absolutes, veiem que en el període 2002-2021 mai estan a prop de les línies constants de -6 °C i -16 °C, que representen la T° mitjana mínima letal del període més fred de l'hivern i la T° mínima absoluta letal per l'eruga. En el període 2081-2100, es pronuncia molt més aquest distanciament entre aquestes dues constants, significat que cada cop tindran temperatures més agradables pel seu desenvolupament. Això, significarà una major defoliació dels arbres afectats per la processionària.

En contrapartida, tenim un augment de T° màximes absolutes en el període 2081-2100. Si ens fixem en el període 2002-2021 quasi no estan a prop de les constants de 30 °C i 40 °C, temperatura en què les larves de processionària se surten de la bossa i la temperatura que comença ser letal per l'eruga. Però en el període 2081-2100, ja es comencen a acostar a aquests límits. Això significa que aquest augment de temperatura també perjudica les erugues. Les temperatures arriben en un punt en què no l'eruga no pot suportar dins del niu, i han de sortir del niu que això comporta exposar-se a depredadors i parasitoides. A més, aquest augment de temperatura estimula a molts dels parasitoides de l'eruga, significat que la parasitaren més freqüentment. A part, aquest augment de temperatura pot significar que canviï la fenologia d'altres insectes i esdevinguin una competència per a l'eruga processionària.

En resum, tenim punts positius i negatius. Per una banda, tenim que l'eruga arribarà a l'hivern més desenvolupada i no haurà de patir per les temperatures baixes. Però per l'altra banda, tenim que les temperatures seran tan extremadament altes que les podrà afectar negativament, a més d'estimular a parasitoides i depredadors i la competència.

Per tant, crec que podem arribar a la conclusió que aquest augment de temperatura principalment perjudica l'eruga. Això, significa que cada cop trobarem menys eruga

processionària al terme de Terrassa i a totes aquelles zones que tinguin el mateix clima de Terrassa. En conseqüència de desaparèixer aquests llocs, buscaran noves zones on les condicions climàtiques siguin millor. Això, es trasllada a què les erugues buscaran llocs més alçats. En el cas del terme de Terrassa, potser podrem trobar que augmentarà lleument l'afectació de processionària al parc natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obach. Tot i això, per la seva composició de bosc mixt, en el qual predomina molt les alzines i roures, no és un lloc on pugui augmentar molt l'afectació, ja que l'eruga processionària es desenvolupa millor en boscos formats principalment per pins.

A escala de Catalunya, encara que no ens podem recolzar en uns gràfics precisos, ja que Catalunya és una àrea molt extensa i s'ha de tractar per microclimes els quals no hem pogut obtenir dades, sí que podem realitzar una petita predicció. La comunitat científica creu que aquest augment de temperatura farà que l'eruga cada cop afecti més en boscos de *Pinus sylvestris* (Figura 39) i *Pinus nigra* (Figura 40) que estiguin situats en zones amb més altitud, per tant, més cap al Pirineu. Actualment, l'afectació majoritària de l'eruga és en zones del Prepirineu, però amb aquest augment de temperatures futures es creu que hi haurà unes condicions climàtiques més favorables per la supervivència de l'eruga en els boscos dels Pirineus. Fent que cada cop puguem observar més afectació en boscos situats a una major altitud que ara. Per tant, es preveu en el cas de Catalunya, l'eruga processionària la trobarem cada cop més reiteradament en altituds més altes i fins i tot afectant boscos de *Pinus uncinata* (pi negre) (Figura 41), els quals en l'actualitat no tenen gairebé afectació.

Amb aquestes prediccions no ens hem d'alarmar, ja que estem parlant des d'un punt molt teòric de temperatures i del cicle de l'eruga. Amb aquest augment de temperatures, no vol dir que en un futur veiem tots els boscos del Pirineu plens d'eruga processionària, sinó que alguns boscos, pel seu clima, seran més susceptibles a què es produeixen atacs. Per tant, hem d'estar alerta a com evoluciona aquesta plaga, però mai amb el pensament d'exterminar-la, ja que el fet que afecti nous boscos és un procés natural del canvi climàtic. No ens hem de centrar a parar aquesta plaga, perquè per medis naturals ja es controla ella sola exceptuant alguns casos concrets que necessiten una gestió. Ens hem de centrar a mirar pel futur d'aquest món i intentar evitar disminuir els efectes del canvi climàtic, ja que el principal problema no és l'eruga processionària, sinó el canvi climàtic.

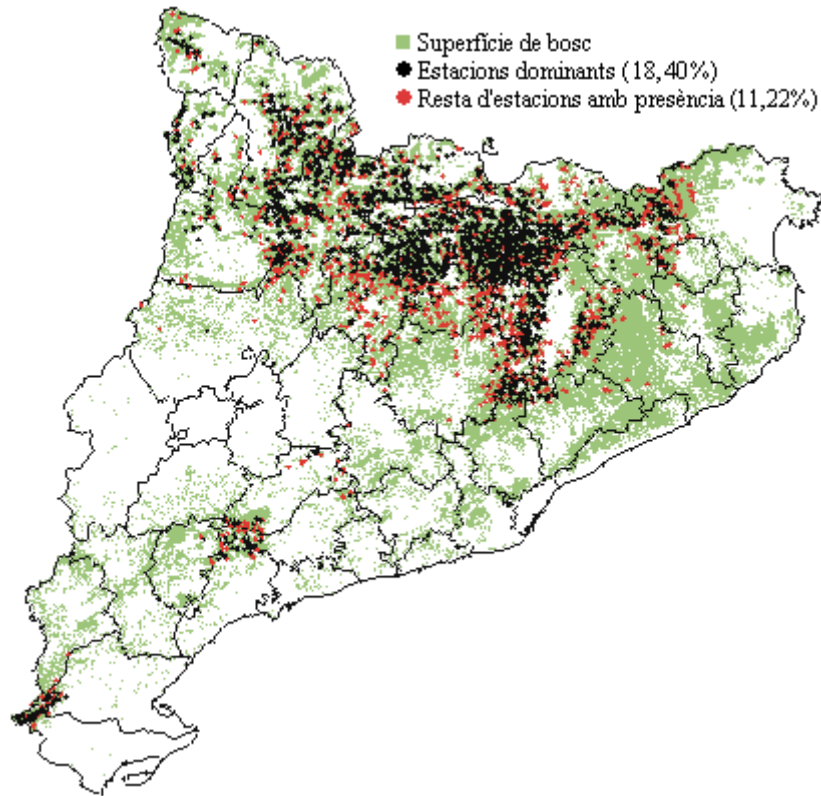


Figura 39. Distribució de *Pinus sylvestris* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
 Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

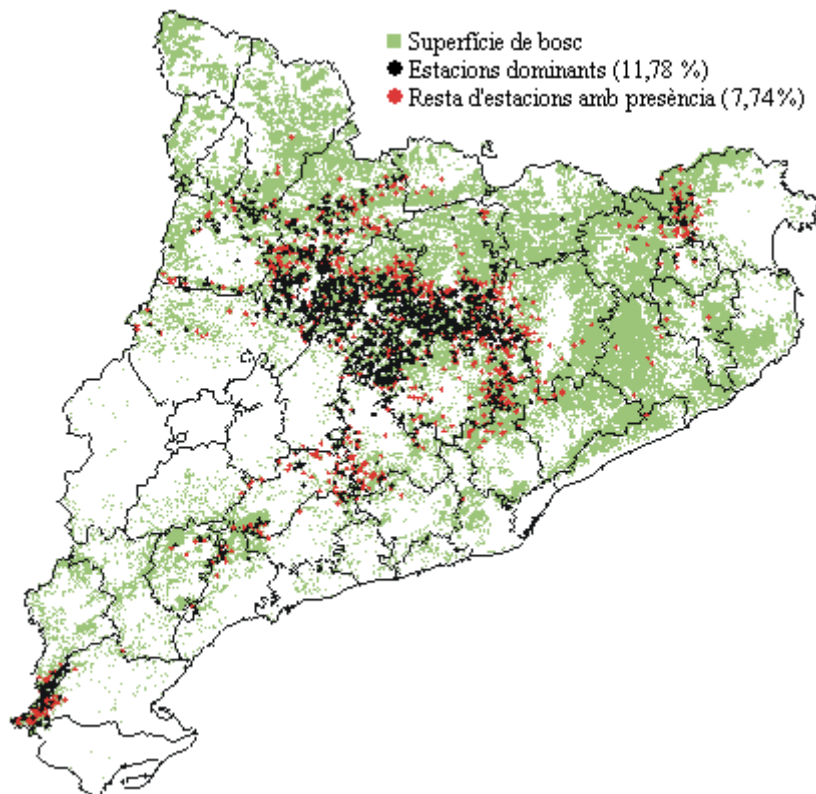


Figura 40. Distribució de *Pinus nigra* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
 Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

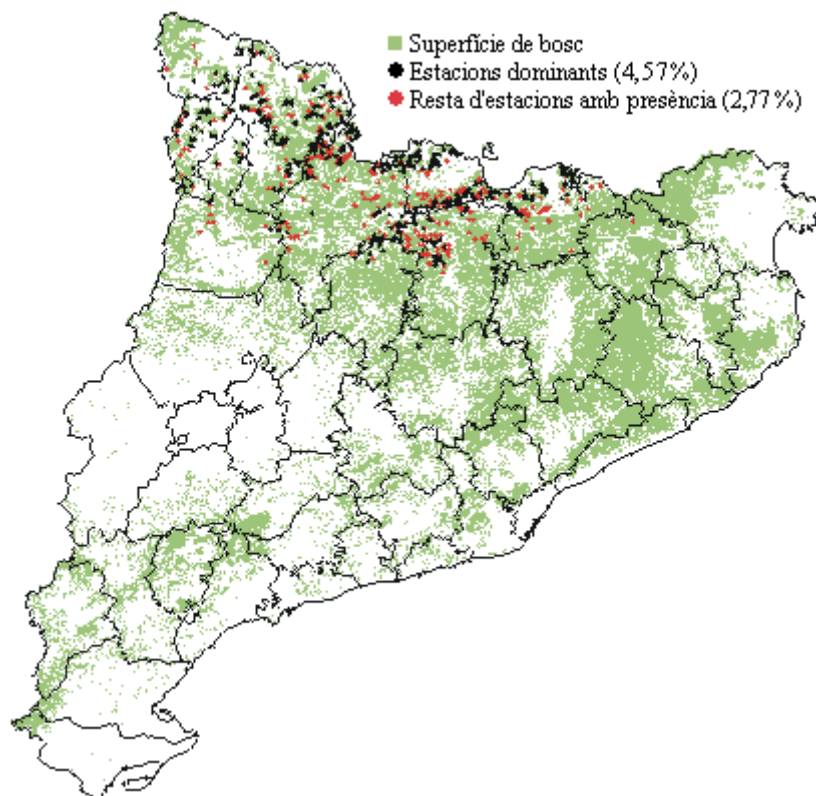


Figura 41. Distribució de *Pinus uncinata* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.




































7.5. Participació en el projecte d'AlertaForestal

Durant el desenvolupament del treball em va sorgir la inquietud de participar en el projecte d'AlertaForestal. Vaig pensar ja que havia utilitzat la web com a font d'informació fiable, i els seus mapes per contrastar els meus coneixements, seria molt positiu participar en el projecte aportant-i el meu granet de sorra. Per això, quan feia sortides als boscos i a la muntanya vaig documentar totes les pertorbacions que vaig poder observar (Figura 42). Vaig utilitzar els #Processionària, #Erugadelboix i #Sequera per documentar les meves observacions.

Les meves observacions

Totes les alertes Tots els graus d'afectació Data d'inici Data final

Mostra 10 observacions

| Alerta | Grau d'afectació | Data | Miniatura | Origen | Estat | Accions |
|----------------|------------------|------------|---|--|---|---|
| Sequera | Moderada | 01-09-2022 |  |  |  |   |
| Processionària | Baixa | 28-08-2022 |  |  |  |   |
| Sequera | Molt Alta | 28-08-2022 |  |  |  |   |
| Sequera | Alta | 28-08-2022 |  |  |  |   |
| Eruga del boix | Molt Alta | 28-08-2022 |  |  |  |   |
| Processionària | Baixa | 17-07-2022 |  |  |  |   |
| Eruga del boix | Molt Alta | 17-07-2022 |  |  |  |   |

Mostrant de la 1 a la 7 de 7 observacions

Anterior 1 Següent

Figura 42: Contribució de Lluç Serrat Alemany al projecte d'AlertaForestal actualitzada l'1 de setembre del 2022. Font: elaboració pròpia.

8. Divulgació del TDR

8.1. Publicacions per una divulgació científica apta per a joves

Mentre escrivia el meu TDR, vaig tenir la necessitat de voler divulgar tota la feina que havia fet durant aquests mesos. Per això, vaig voler crear un Instagram del TDR amb el nom "*infoprocessionaria*" el qual he anat penjant contingut del TDR (figura 43). L'objectiu és que la gent estigui informada sobre la processionària, un tema bastant desconegut per la població. Vaig fer bastant publicitat d'aquest Instagram i, ràpidament vaig guanyar molts seguidors i el meu contingut va poder arribar a molta gent. Molta gent que si no hagués estat per aquest Instagram, no hauria conegut cap informació sobre aquest tema.

Aquí podreu consultar el meu perfil d'Instagram i podreu veure totes les publicacions que he anat fent durant aquests dies.

<https://instagram.com/infoprocessionaria?igshid=YmMyMTA2M2Y=>

Des del projecte AlertaForestal van compartir algunes de les meves publicacions de l'Instagram, i vaig poder arribar a molta més gent.

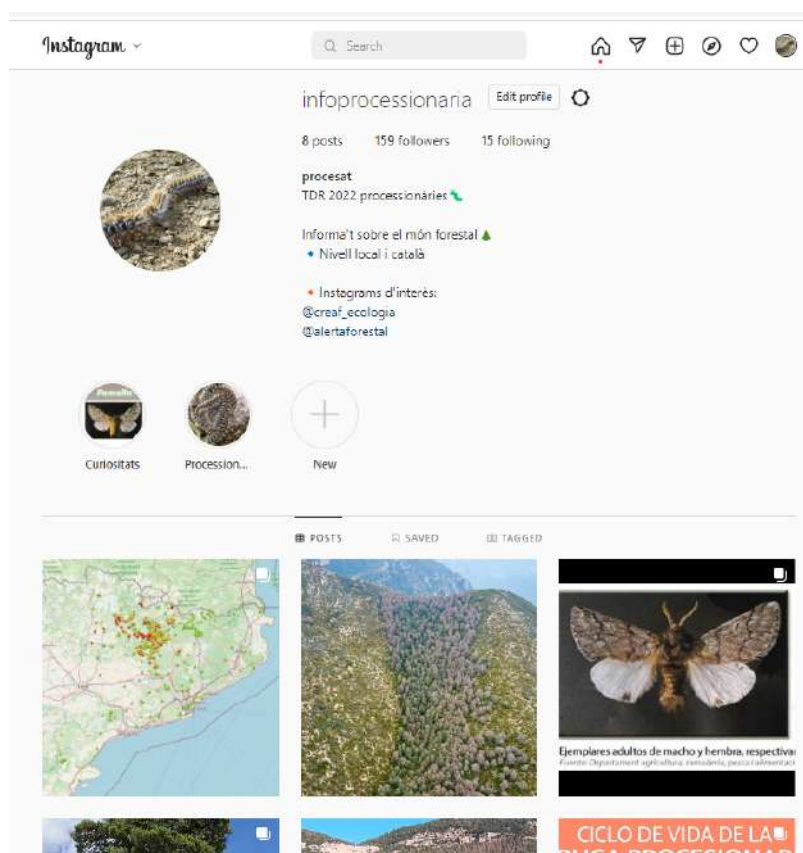


Figura 43: Instagram @infoprocessionaria. Font: elaboració pròpia.

9. Respostes a preguntes del TDR

Després de realitzar el TDR, vaig voler recopilar i respondre a totes les preguntes que m'havia anat plantejant durant la redacció d'aquest treball. A continuació, aniré contestant les preguntes que he recollit.

- **Quins són els tractaments que es realitzen des de l'Ajuntament de Terrassa i la Generalitat de Catalunya?**

A escala de Terrassa, actualment l'ajuntament fa tractaments químics i eliminacions físiques. En canvi, des de la Generalitat de Catalunya es fan tractaments biològics a diferents zones afectades, amb avionetes i helicòpters.

- **Realment són efectius els seus tractaments?**

Els tractaments duts a terme des de la Generalitat s'ha pogut demostrar que realment són efectius i eficaços, i que són capaços de tenir aquesta plaga totalment controlada. Fan un molt bon treball.

Per l'altra banda, s'ha observat que l'Ajuntament de Terrassa, tot i que utilitza altres mètodes per combatre la plaga, s'ha pogut demostrar que realment són efectius i que la seva política preventiva funciona.

- **Quines diferències hi ha entre un producte fitosanitari biològic i químic?**

Una de les principals diferències és la matèria activa del producte. En els productes biològics la matèria activa són bacteris o altres organismes, en canvi, en productes químics són complexos moleculars de laboratori. L'objectiu dels dos productes són diferents, normalment els productes biològics tenen un objectiu molt localitzat i només afecta l'objectiu marcat, mentre que els productes químics són molt més genèrics, significat que mata l'objectiu i molts altres organismes.

- **Quines són les zones més afectades de Catalunya i Terrassa per processionària?**

Amb l'ajuda dels mapes d'AlertaForestal s'ha pogut determinar les zones més afectades de Catalunya, i s'ha vist que hi ha una alta correlació amb les zones on hi ha pinassa i pi roig. Per altra banda, també amb l'ajuda dels mapes del projecte d'AlertaForestal, hem vist que no hi ha afectació a Terrassa, ja que des de l'ajuntament tenen una política preventiva la qual no deixen que hi hagi processionària.

- **Quines espècies d'arbres són els més afectats per aquesta eruga?**

Entre els pins autòctons a la península Ibèrica, hi ha una clara diferència en susceptibilitat a la processionària. De menys a més l'ordre seria *Pinus pinea* < *Pinus halepensis* < *Pinus pinaster* < *Pinus sylvestris* < *Pinus uncinata* < *Pinus nigra*. Per tant, les espècies de pi (i cedres) més afectades a Catalunya per la processionària són la pinassa (*Pinus nigra*) i pel pi roig (*Pinus sylvestris*).

- **A què és degut que hi hagi una ràtio bastant alta d'arbres afectats per processionària al costat de la carretera?**

Després d'haver fet aquest pregunta a les entrevistes de l'Ànder i el Hódar, podem dir que és una combinació entre que la processionària busca bastant la insolació de les bosses i, perquè el fred és un dels seus factors limitants, i les carreteres tenen més insolació que un arbre que està al mig de bosc. També cal afegir que és un avantatge per l'oviposició de les arnes femelles de les erugues, ja que li poden arribar arnes des de la cuneta pel costat de dins, i des del de darrere de la línia.

- **És realment necessari fer un control d'aquesta plaga o es pot regular per si sola?**

Després d'haver fet aquest pregunta a les entrevistes de l'Ànder i el Hódar, podem afirmar que si hi ha una afectació bastant greu té sentit actuar, però sempre evitant fumigacions massives, sobretot si és de productes no específics, ja que el que s'estaria fent és perjudicar els controladors naturals de la plaga. Això s'ha vist en alguns casos, on s'ha pogut observar un efecte rebot, perquè l'any que s'aplica sí que

baixa molt la processionària, però els pròxims anys esdevé pitjor que a l'inici, ja que la processionària torna i els parasitoides estan debilitats.

Aquí, però es planteja un dubte a debat. Quan en un lloc, les espècies es veuen afectades sistemàticament per un fet, per exemple, una gelada o sequera, podem determinar que aquelles espècies no haurien d'estar allà. Si una pineda és molta ataca per processionària, podem dir que la presència de la pineda no hauria de ser en aquell lloc. Hi pot haver pins en gairebé qualsevol part del circummediterrani perquè sempre n'hi ha hagut, però no sempre han estat en la quantitat, densitat i tipus de formació que hi ha ara, i això és responsabilitat humana. Per això, la manera de controlar la processionària no és atacar únicament la processionària, sinó privar-la d'aliment, és a dir, substituir les plantacions de pins per altres formacions o tipus de boscos, excepte en alguns casos concrets. Això no implica eliminar els pins, sinó reduir la proporció de pins de la massa forestal, barrejant-los amb alzines i roures, entre altres. Cal començar per explicar que les plantacions de pins no són boscos. En aquestes plantacions, la processionària sempre serà un problema. Atacant la processionària, per exemple amb pesticides, l'únic que aconseguirem és alleujar el problema a curt termini. On la processionària pugui entrar en contacte amb éssers humans o mascotes (per exemple, unes taules pícnic a l'ombra dels pins, un jardí...) es pot justificar fumigar (el més lògic seria fer servir només insecticides biològics tipus *Bacillus thuringiensis* o eliminar físicament els nius de la processionària, per una qüestió de sanitat humana i veterinària). Però, cal tenir en compte que la real forma d'evitar que la processionària sigui una plaga és substituir els pins per altres espècies.

- **Quines són les prediccions del futur de processionària i clima?**

Tant a escala mundial com a Catalunya, es preveu un augment de temperatures brutals. Això, farà que hi hagi canvis en el cicle vital de l'eruga i que la seva interacció amb els pins sigui més forta. Per tant, en un futur segurament hi haurà més defoliacions massives, tot així encara no se sap com tot evolucionarà. S'han de tenir molts factors en compte, ja sigui parasitoides, els cicles dels pins, precipitacions... Malgrat tot això, el dubte està en si desapareixeran abans la processionària de les zones per calor, o si desapareixeran els pins d'aquestes zones per sequera.

- **Pot ser l'eruga processionària un perill pel futur?**

Actualment, a escala de Terrassa i Catalunya, la processionària no és un dels grans problemes. Cada cop més, la processionària es deixarà de veure en zones de poca altitud com la Catalunya i, anirà desplaçant-se cap als Pirineus. El principal problema el tenen (o el tindran) als països centreeuropeus, perquè mentre aquí tenim moviments cap a altituds més elevades, allà tenen moviments cap a latituds més altes (a Centreeuropa tenen a més de la processionària del pi la problemàtica de la processionària del roure, *Thaumetopoea processionea*). A França, la processionària arribava tradicionalment fins a la vora nord del Massís Central aproximadament, i en només cinquanta anys ja està per sobre de París. Amb l'agreujant que en aquestes zones hi ha moltíssims pins, perquè els utilitzen per reforestar i per a aprofitar la seva fusta. Fins i tot, el Regne Unit té preparats sistemes d'alerta per si s'observa el salt de l'eruga de França i arriba a les illes britàniques. Encara no ha arribat al Regne Unit, però ja ha arribat a la Bretanya francesa, just a l'altra banda del Canal... així que és qüestió de poc temps que la puguem observar al Regne Unit.

- **Com pot participar la població en aquesta temàtica? És possible fer divulgació sobre aquest tema?**

Poden ajudar participant en el projecte d'AlertaForestal. La ciutadania pot recollir dades sobre els fenòmens que afecten la salut dels nostres boscos (plagues, sequeres, ventades, etc.). Es pot fer a través del mòbil, fent una fotografia de les zones afectades per un fenomen i identificar-lo i enviant-ho a través de l'app d'AlertaForestal.

Sí, és possible fer divulgació. L'experiència que he tingut divulgant el meu treball per l'Instagram ha estat molt bona. A part, no és l'única forma de divulgar en aquests temes, també existeixen molts pòdcasts, blogs i entrevistes de ràdios, d'altres persones.

10. CONCLUSIONS

Gràcies al treball de recerca realitzat s'ha relacionat i s'ha donat resposta a tots els objectius marcats per mitjà d'una anàlisi de les evidències obtingudes. La recerca bibliogràfica ha permès adquirir una base sòlida de coneixements per després afrontar i donar resposta a la totalitat dels objectius inicials.

Al principi d'aquesta recerca es va voler conèixer exhaustivament l'eruga processionària (*Thaumetopoea pityocampa*), una de les plagues més devastadores de les coníferes de la mediterrània. La processionària es caracteritza per tenir un cicle de vida molt particular. Al llarg del treball, s'ha analitzat el perquè de totes les fases del seu cicle, així com tots els factors que poden influenciar-lo, com per exemple el canvi climàtic. Una fase molt curiosa i molt estudiada és la fase de la diapausa, que permet que les erugues puguin estar enterrades durant diverses temporades i emergir més tard. La diapausa és una estratègia que permet assegurar la població de les següents generacions. Ens vam adonar que la supervivència, tant en la fase d'enterrament i en la fase de diapausa, està molt condicionada per la humitat de la zona. Un augment d'humitat d'una zona està associat amb un augment de l'índex de parasitació a l'eruga enterrada. Així doncs, la processionària a l'hora d'enterrar-se busca zones seques per assegurar-ne la supervivència.

A part de l'interessant cicle de l'eruga processionària, vam estudiar les zones més afectades de Catalunya per processionària amb l'ajuda del projecte AlertaForestal. Vam observar que la majoria d'afectacions per processionària es produeixen al Prepirineu, que és la zona on abunden moltes pinedes de *Pinus nigra* i *Pinus sylvestris* i on la processionària troba el clima adequat. L'eruga processionària està molt limitada per les temperatures baixes, però també ho està per les temperatures altes. Una zona on les temperatures són altes facilita la presència de parasitoides i depredadors de processionària, així doncs no trobem molta processionària en aquestes zones. Gràcies als estudis publicats per Hódar, sabem que l'abundància dels parasitoides es relaciona amb l'alçada. Com que l'alçada és indirectament proporcional a la temperatura i els parasitoides veuen limitada la seva supervivència en temperatures baixes, a mesura que augmenta l'alçada disminueix l'índex de parasitació. Així doncs, observarem més afectació als pins per processionària a mesura que augmenta l'alçada.

Per tant, l'eruga ha de trobar zones on hi hagi un equilibri de temperatures, que no siguin massa fredes perquè moririen, però que tampoc facilitin la presència de parasitoides. I el Prepirineu té la climatologia perfecta per aquest lepidòpter. També sabem que un altre factor favorable per a la presència de processionària al Prepirineu i Pirineu és que les acícules de les coníferes són nutricionalment molt bones pel desenvolupament de les larves.

En aquest treball de recerca també es va investigar quina és la gestió de la plaga de l'eruga processionària per part de la Generalitat de Catalunya i l'Ajuntament de Terrassa, i quina és l'efectivitat d'aquestes actuacions. Hem observat que des de la Generalitat de Catalunya i l'Ajuntament de Terrassa utilitzen estratègies i productes totalment diferents.

La Generalitat de Catalunya realitza tractaments aeris amb avionetes on utilitzen com a producte fitosanitari biològic el *Bacillus thuringiensis*. Aquest, és un bacteri que parasita la processionària quan està en les seves primeres fases de desenvolupament (primer, segon i tercer estadi). Per determinar les zones que tractaran, fan un estudi de camp molt exhaustiu en el qual intervenen els agents rurals, treballadors del CREAM i del CTFC. Les zones que tracten són aquelles zones que tenen un grau d'afectació molt alt per processionària. Hem determinat que els seus tractaments són realment efectius, ja que durant el 2013 i 2014 no es van dur a terme tractaments per una nova legislació, i la infecció per processionària va pujar consideradament a tot Catalunya, cosa que demostra que els tractaments anteriors eren efectius.

Per altra banda, l'Ajuntament de Terrassa té una política de tractaments de processionària molt diferent de la Generalitat de Catalunya. Des de Terrassa, els tractaments que realitzen són des del punt de vista de salut i no forestal. Tenen tolerància zero amb la processionària, ja que els pèls urticants que desenvolupa la processionària poden provocar reaccions al·lèrgiques als humans i animals, posant en perill la seva salut. Com es veu en els mapes creats en l'apartat 7.2 ("Evolució de les zones més afectades de Terrassa"), l'Ajuntament de Terrassa ja té determinats i localitzats els pins que poden estar infectats per processionària. Així doncs, cada any tracten els mateixos punts de forma preventiva perquè la ciutat estigui neta de processionària. El producte fitosanitari autoritzat que utilitzen actualment és el Decis protech, un producte generalista químic molt més econòmic que els productes biològics. Anteriorment, feien servir el *Bacillus thuringiensis* per tractar les seves zones, però amb l'entrada d'una nova legislació van deixar d'utilitzar aquest producte, ja que el seu ús quedava prohibit perquè podia tenir una afectació negativa a la salut de la ciutadania.

Un dels altres objectius del TDR era investigar el futur de la població de processionària en l'àmbit local de Terrassa i a escala de Catalunya. La hipòtesi era que en un futur, en el qual es preveu un augment de temperatures, la processionària tindrà un escenari ideal per desenvolupar-se en els Pirineus i Prepirineus catalans. En canvi, a escala de Terrassa i zones més costaneres, l'augment de temperatures serà perjudicial per a l'eruga processionària. Vam comprovar que la hipòtesi era correcte gràcies als gràfics que vam crear de prediccions de temperatures absolutes màximes i mínimes de cada mes en els pròxims seixanta anys a Terrassa. En aquests gràfics es veu un clar augment de temperatura en els següents anys. Aquest augment de temperatura a escala global, a escala de Catalunya i a escala de Terrassa es traduirà en diversos aspectes.

En primer lloc, l'eruga processionària s'haurà d'anar desplaçant cap a zones altitudinals més elevades per trobar les mateixes condicions en les quals està actualment. Així doncs, a Catalunya trobarem l'eruga processionària en els boscos del Pirineu, on en l'actualitat no hi ha quasi afectació.

En segon lloc, la processionària afectarà noves espècies de pi com ara el pi negre, un pi que en l'actualitat no té quasi afectació perquè es troba en alçades on les temperatures baixes són massa limitants per la supervivència de l'eruga.

En tercer lloc, començarem a trobar l'eruga en zones del nord d'Europa, ja que l'eruga no només es desplaçarà altitudinalment sinó també latitudinalment. Això pot desembocar en una problemàtica, perquè en molts d'aquests llocs, com el nord de França, es troben grans plantacions de pins homogenis. Aquests boscos homogenis són una gran font d'aliment per les erugues i, aquestes, ràpidament els colonitzaran i els defoliaran de forma massiva, en canvi, en els boscos mixts l'afectació per l'eruga és molt més baixa. Per tant, una forma de prevenir l'afectació per processionària és evitant plantacions homogènies de pins i promovent els boscos mixts i/o la utilització de tractaments biològics, en concret el *Bacillus thuringiensis*, tenint com a referent el model de la Generalitat de Catalunya.

En quart lloc, aquest augment de temperatura farà que totes aquelles zones properes a la costa situades en alçades relativament baixes, com és el cas de Terrassa, disminueixi l'afectació per processionària. Aquest augment de temperatura estimularà als parasitoides i depredadores en aquestes zones, i l'índex de parasitació augmentarà molt i, per tant, la població de l'eruga baixarà.

Per últim, una altra conseqüència d'un augment de temperatura és que la fenologia de l'eruga canviï i que el seu cicle s'avanci. Gràcies a l'estudi d'Hódar, sabem que en una primavera/estiu amb temperatures més altes i més sec, l'eclosió de les pupes de l'eruga s'avança i també l'eclosió dels ous. Això fa que les erugues hagin tingut més setmanes per a desenvolupar-se i arribin més preparades per a suportar les baixes temperatures de l'hivern.

En conclusió, tot indica que en un futur l'eruga processionària augmentarà el seu nivell de supervivència, trobant un escenari òptim per a la seva població a més altitud i a més latitud. Tot i això, no es pot afirmar de forma rotunda, perquè s'han de tenir en compte moltes variables que no es poden fer amb un únic treball de recerca com aquest.

Un cop vaig arribar a aquest punt de la recerca, vam plantejar divulgar tota la informació extreta i els resultats obtinguts per tal d'encoratjar i donar eines a la població per participar en aquestes temàtiques. A través de les xarxes socials, vam divulgar tota la feina feta, ja que si la recerca no arriba a la població serà difícil que hi hagi el canvi que necessitem.

Com a conclusió final, s'ha d'esmentar que la clau perquè l'eruga processionària no esdevingui una plaga i es pugui controlar naturalment està en la biodiversitat dels nostres boscos. En aquests últims anys, la biodiversitat dels nostres boscos ha disminuït molt i la varietat d'espècies que es troben actualment és molt més reduïda en comparació amb la de fa uns anys. Hem alterat tant aquest món que estem desequilibrant els ecosistemes. En conseqüència apareixen plagues, com l'eruga processionària. Així doncs, l'eruga processionària no és el problema, el problema som nosaltres. Per evitar l'augment de plagues, s'ha de potenciar la biodiversitat dels boscos i conservar-los, ja que si no ho fem, la processionària serà una de les moltes plagues que tindrem en el nostre entorn. Així doncs, és important evitar les plantacions de pins homogenis i reemplaçar aquestes plantacions per boscos mixtes de pinedes i rouredes. Evitar plantar pins en una ciutat i plantar altres espècies d'arbres és una forma molt intel·ligent d'evitar la processionària, ja que sense pins no hi haurà processionària.

I recordeu, l'eruga processionària no és el problema, el problema som nosaltres. Encara som a temps, està a les nostres mans.

11. BIBLIOGRAFIA

Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological applications*, 15(6), 2084-2096.

Berardi, L., Branco, M., Paiva, M. R., Santos, H., & Battisti, A. (2015). Development time plasticity of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) populations under laboratory conditions. *Entomologia*, 3(1).

Candel-Pérez, D., Lucas-Borja, M. E., & Linares, J. C. (2012). Predicciones del crecimiento en poblaciones de pino laricio (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) bajo diferentes escenarios futuros de cambio climático. *Ecosistemas*, 21(3), 41-49.

Devkota, B., & Schmidt, G. H. (1990). Larval development of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) from Greece as influenced by different host plants under laboratory conditions 1. *Journal of Applied Entomology*, 109(1-5), 321-330.

EPPO (2021). *Thaumetopoea pityocampa*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online. <<https://gd.eppo.int>> [19 setembre 2022].

Hódar, J. A., Zamora, R., & Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas*, 21(3), 73-78.

Hódar, J. A. (2015). Incidencia de la procesionaria del pino como consecuencia del cambio climático: previsiones y posibles soluciones. *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España.*, 295-302.

Palacio, S., Hernández, R., Maestro-Martínez, M., & Camarero, J. J. (2012). Fast replenishment of initial carbon stores after defoliation by the pine processionary moth and its relationship to the re-growth ability of trees. *Trees*, 26(5), 1627-1640.

Pimentel, C. S. M. G., Calvão, T., Santos, M., Ferreira, C., Neves, M., & Nilsson, J. Å. (2006). Establishment and expansion of a *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep. Notodontidae) population with a shifted life cycle in a production pine forest, Central-Coastal Portugal. *Forest ecology and Management*, 233(1), 108-115.

Rousselet, J., Zhao, R., Argal, D., Simonato, M., Battisti, A., Roques, A., & Kerdelhué, C. (2010). The role of topography in structuring the demographic history of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Notodontidae). *Journal of biogeography*, 37(8), 1478-1490.

Sangüesa, G., Camarero, J. J., Hernández, R., & Ros, M. (2013). Evaluaciones basadas en teledetección y dendrocronología de los efectos de la procesionaria del pino sobre el vigor y el crecimiento de pinares mediterráneos a distintas escalas espaciales y temporales. In *6º Congreso Forestal Español*.

Trasobares, A., Pukkala, T., & Miina, J. (2004). Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. *Annals of forest science*, 61(1), 9-24.

Gómez Pérez, L. (2020). Valoración de una estrategia de control de la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae) basada en la utilización de semioquímicos relacionados con la oviposición.

Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005). Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological applications*, 15(6), 2084-2096.

Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E., & Larsson, S. (2006). A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Global change biology*, 12(4), 662-671.

Brotons, L., Pou, N., Sainz de la Maza, P., Pont, S., Herrando, S., Bota, G., ... & Pino, J. (2020). *Estat de la Natura a Catalunya 2020*.

INFORME, E., & HA, S. *INFORME PLANETA VIVO 2020*.

12. WEBGRAFIA

AlertaForestal - Projecte coordinat amb el CREAM, CTFC i la Generalitat de Catalunya.
<<http://www.alertaforestal.com/el-projecte/#que-volem-aconseguir>> [8 juny 2022]

Articles d'AlertaForestal:

1. <<http://www.alertaforestal.com/noticies/page/2/>> [10 juny 2022]
2. <<http://www.alertaforestal.com/claus-combatre-processionaria/>> [12 juny 2022]
3. <<http://www.alertaforestal.com/especies-pi-diferenciar-infografia/>> [26 juny 2022]

ÉsAdir - portal lingüístic de la Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals.

<https://esadir.cat/entrades/fitxa/Vocabulari_crisiclimatica#crisi_climatica> [15 juny 2022]

Articles Greenpeace España:

1. <<https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/cambio-climatico/asi-afecta-el-cambio-climatico/efectos-del-cambio-climatico-en-la-sociedad/>> [18 juny 2022]
2. <<https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/cambio-climatico/asi-afecta-el-cambio-climatico/efectos-del-cambio-climatico-en-el-medio-ambiente/>> [18 juny 2022]

Registro de Productos Fitosanitarios Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

<<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro-productos/>> [27 juny 2022]

Meteo.cat. <<https://meteo.cat/observacions/xema>> [29 juny 2022]

AEMET. <<https://www.aemet.es/es/el tiempo/observacion>> [29 juny 2022]

Frwiki. <<https://es.frwiki.wiki/wiki/Pinaceae>> [10 juliol 2022]

Arba Cartagena. <<https://cutt.ly/FB6nRC7>> [19 juliol 2022.]

Endoterapia Vegetal. <<https://endoterapiavegetal.com/>> [19 juliol 2022.]

The Conversation - José A. Hódar.

<<https://theconversation/la-procesionaria-un-sintoma-no-un-problema>> [30 agost 2022]

Instagram @infoprocessionaria.

<<https://www.instagram.com/infoprocessionaria/?igid=YmMA2M%3D>> [6 setembre 2022]

Salut Pública Diputació de Barcelona Processionària.

<<https://www.diba.cat/es/web/salutpublica/-/processionaria-del-pi>> [19 setembre 2022]

→ **FIGURES**

Figura 2. Explicació efecte hivernacle. Font: Enciclopèdia Catalana.

<<https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0233175.xml>> [3 maig 2022]

Figura 3. Nivells de CO₂ a la terra d'ençà que hi ha un registre. Font: Global Monitoring Laboratory. <<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>> [maig 2022]

Figura 4. Diferència de temperatura a la superfície entre dos períodes 1900-1920 2000-2020. Font: mapa creat amb KNMI Climate Change Atlas. <https://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py> [13 maig 2022]

Figura 5. Correlació CO₂ amb els diferents models RCP.

Font: CICERO Center for International Climate Research (Oslo).

<https://twitter.com/Peters_Glen/status/1265909198941978624> [24 maig 2022]

Figura 7. Diferents tipus de treeline. Font: Maaïke Bader, November 10, 2020.

<<https://alpine-treelines.de/news-archives.html>> [20 juny 2022]

Figura 11. Niu de processionària (*Thaumetopoea pityocampa*) Font: blog del CREA.F.

<<https://blog.creaf.cat/noticies/els-drons-ajuden-detectar-una-plaga-de-processionaria-del-pi-en-boscoc-del-bergueda/>> [29 juny 2022]

Figura 12. Estadis del cicle de la processionària (*Thaumetopoea pityocampa*)

Font: projecte d'AlertaForestal.

<http://www.alertaforestal.com/2018/09/Processionaria_Cicle_CAT.jpg> [21 juny 2022]

Figura 15, 16, 17 i 34. Afectació de l'eruga processionària a tota Catalunya, Catalunya central (Prepirineus) i voltants de Terrassa. Font: projecte d'AlertaForestal #processionaria. <<http://www.alertaforestal.com/alertes/processionaria/>> [21 juny 2022]

Figura 22 i 23. Evidència que les defoliacions per processionària no maten els pins, no almenys si són episòdiques i no reiterades. Mateix pinar de la foto anterior proper a la presa de Rules, al sud de la província de Granada, passada la primavera el 9 d'agost de 2018. Font: José A. Hódar.

<<https://theconversation/la-procesionaria-un-sintoma-no-un-problema>> [30 agost 2022]

Figura 28. Puput intentant treure la larva de processionària de la crisàlide.

Autor: José Luis Ordóñez. Font: article d'AlertaForestal - CREAMF.

<<http://www.alertaforestal.com/processionaria-leruga-mes-desitjada/>> [12 juny 2022]

Figura 30. Parany de feromona sintètica per a processionària.

Autor: Cherubino Font: article d'AlertaForestal - CREAMF.

<<http://www.alertaforestal.com/clus-combatre-procesionaria/>> [12 juny 2022]

Figura 39, 40, 41, 49, 51, 53, 55, 57 i 59 . Distribució de diferents pins a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003). Font: CREAMF, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. <<http://www.creamf.uab.es/iefc/>> [18 octubre 2022]

Figura 48. Fotografia d'un pi negre. Font: Árboles con alma.

<<http://arboles-con-alma.com/2011/01/pi-negro-pinus-uncinata.html>> [23 octubre 2022]

Figura 50. Fotografia d'un pi roig. Font: Monte Perímetro de Canencia.

<<https://canencia.wordpress/naturales/vegetacion/pinos-silvestres/>> [23 octubre 2022]

Figura 52. Fotografia d'una pinassa. Font: Ernest.orgfree.

<<http://ernest.orgfree.com/plantes/Pinaceae/Pinus%20nigra.htm>> [23 octubre 2022]

Figura 54. Fotografia d'un pi pinastre. Font: Paratge Natural.

<<https://paratgenaturalelsurar.es/fitxa/pinastre-pi-rodano/>> [23 octubre 2022]

Figura 56. Fotografia d'un pi pinyer. Font: Jarditec.

<<https://cutt.ly/NNezeKA>> [23 octubre 2022]

Figura 58. Fotografia d'una pinassa. Font: Jarditec.

<<https://cutt.ly/kNezdL7>> [23 octubre 2022]

Figura 60. Infografia per diferenciar les diferents espècies de pinàcies de Catalunya.

Font: article AlertaForestal. <<http://www.alertaforestal.com/especies-pi/>> [26 juny 2022]

13. ANNEXES

13.1. ANNEX I: Paraules claus per entendre el canvi climàtic

Des de la IPPC han escollit unes paraules claus per entendre el canvi climàtic que s'està produint actualment. Amb l'ajut de l'[ésAdir](#), he escollit algunes d'aquestes paraules per donar suport al meu treball.

La Directiva de Prevenció i Control Integrat de la Contaminació, també coneguda com a Directiva IPPC, en anglès "Integrated Pollution Prevention and Control", és un mecanisme regulador medioambiental de la Unió Europea (UE) que defineix les obligacions que han de respectar les activitats industrials. Aquest, estableix un procediment d'autorització fixant requisits, sobretot pel que fa a les emissions. (Wikipedia "Directiva de Prevenció i Control Integrat de la Contaminació")

antropogènic | antropogènica

Que es deriva de l'activitat humana o que hi té relació.

biodiversitat

Conjunt de totes les formes de vida en un determinat **ecosistema** o a la Terra en general.

canvi climàtic

Variació global del clima de la Terra.

Des que es va formar, el planeta ha experimentat diversos canvis climàtics a causa de **fenòmens naturals** (variacions en l'òrbita de la Terra, impacte de meteorits, canvis en la circulació oceànica, etc.).

Des de la comunitat científica s'alerta que el canvi climàtic actual és conseqüència de l'activitat humana, sobretot per la crema massiva de **combustibles fòssils**, i es recomana distingir **canvi climàtic** (per fenòmens naturals) de **crisi climàtica** (per l'activitat humana).

climatologia

Estudia el clima en una zona, és a dir, la repercussió dels fenòmens meteorològics en un indret determinat al llarg d'un període de temps.

Treballa amb dades recollides durant molts anys (com a mínim 30), de les quals extreu els valors mitjans, les oscil·lacions periòdiques i la freqüència o repetició dels fenòmens atmosfèrics.

No s'ha de confondre amb **meteorologia**.

combustible fòssil

Tipus de combustible que s'origina sota terra, com el carbó, el petroli i el gas natural.

És una font d'**energia no renovable**.

Els combustibles fòssils contenen **carboni** i triguen milions d'anys a formar-se, a partir de restes orgàniques que van quedar atrapades i enterrades entre capes de roca. Quan els cremem per obtenir-ne energia, alliberen **CO₂** a l'**atmosfera**.

crisi climàtica

Terme que fem servir per destacar la gravetat de la inestabilitat climàtica actual, causada per l'activitat humana, i la necessitat de reaccionar-hi.

Diferent de **canvi climàtic**.

ecosistema

Sistema natural format pels organismes vius i el medi físic on viuen i amb el qual mantenen una relació d'interdependència.

efecte hivernacle

Procés pel qual alguns gasos presents a l'atmosfera (**gasos d'efecte hivernacle**) absorbeixen una part de l'energia solar i la tornen a irradiar, de manera que provoquen un augment global de la temperatura mitjana del planeta.

L'emissió de gasos d'efecte hivernacle derivada de l'activitat humana, com la crema massiva de **combustibles fòssils**, força l'efecte hivernacle i afecta l'equilibri tèrmic del planeta.

emergència climàtica

Terme que indica la necessitat que els poders públics actuïn d'una manera immediata, amb mesures urgents i excepcionals, com a resposta a la situació de **crisi climàtica**.

Cal fer-ne un ús apropiat i mesurat, equiparable als casos en què informem d'emergències sanitàries, de seguretat o humanitàries.

energia no renovable

Energia que s'obté de fonts naturals limitades, com els **combustibles fòssils**.

energia renovable

Energia que s'obté de fonts naturals inesgotables o que es poden renovar, com la solar o l'eòlica, entre d'altres.

escalfament global

Augment gradual de la temperatura mitjana de la Terra.

D'acord amb coneixements científics sòlids (recollits als informes de l'**IPCC**, entre d'altres), l'escalfament global prové de l'impacte de les emissions de gasos d'**efecte hivernacle** que genera l'activitat humana.

ppm

Símbol de **parts per milió**.

Unitat per mesurar les concentracions d'un element en l'aire.

refugiament climàtic | refugiada climàtica

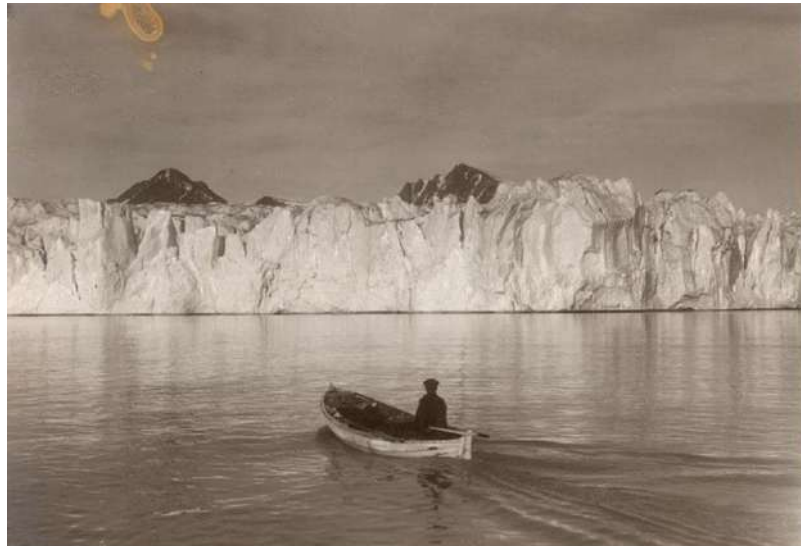
Persona que es veu obligada a fugir del seu lloc d'origen a causa de desastres naturals.

13.2. ANNEX II: Un abans i un després del canvi climàtic

Per entendre el canvi climàtic a vegades unes fotografies valen més que mil paraules, sobretot quan estem parlant de divulgació científica.

És per això, que he decidit posar a continuació un conjunt de fotografies les quals mostren algunes glaceres de Noruega del segle passat i al seu costat un fotografia del mateix lloc en el seu estat actual, realitzades el 2003. Aquestes fotografies han estat extretes del [Norwegian Polar Institute](#). Aquest projecte tan gràfic el va dur a terme Christian Åslund i Greenpeace, i gràcies a ell es poden veure de forma clara els efectes produïts pel canvi climàtic. Una observació d'aquestes fotografies, és que els efectes són irreversibles, segurament ja mai es tornaran a poder veure aquestes glaceres en l'estat que es veien al segle passat.

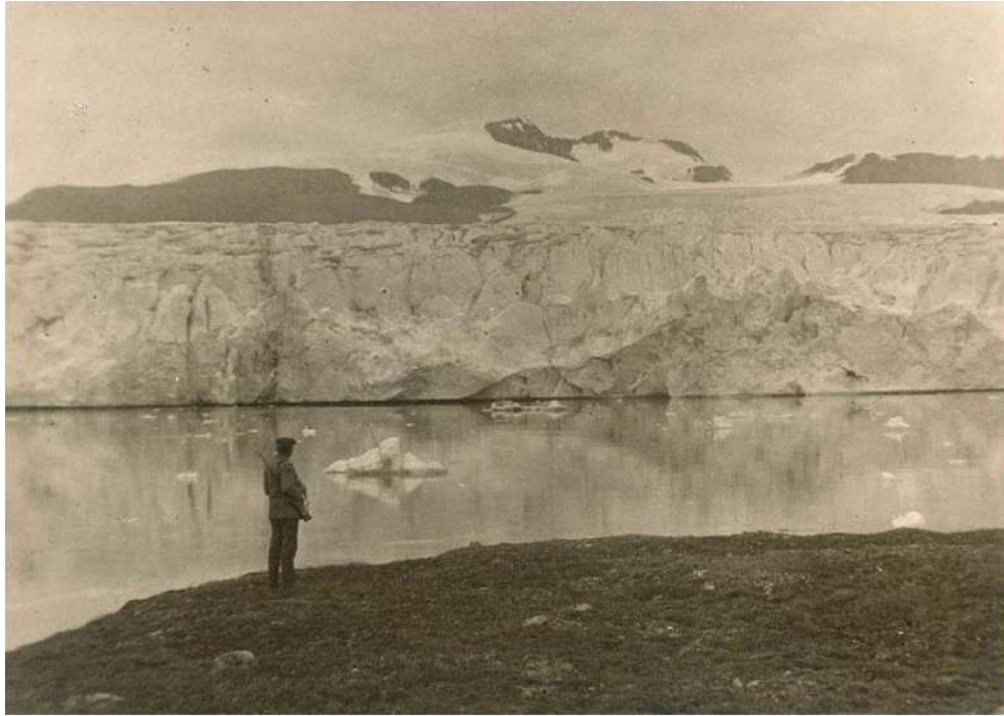
1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



13.3. ANNEX III: Dendrocronologia

13.3.1. Tipus de creixements (primari, secundari, xilema i floema)

La dendrocronologia és la ciència que s'ocupa de la datació dels anells de creixement de les plantes i arbres. Té diferents variants com la dendropirologia, dendrohidrologia, dendrovolcanologia, dendroarqueologia... (Wikipedia Dendrocronología).

Per poder estudiar l'edat dels arbres, hem d'entendre el tipus de creixement que tenen i com creixen. La majoria de cèl·lules d'un arbre estan mortes, només un petit percentatge és viu. Aquestes cèl·lules vives són les que formen el teixit meristemàtic. El teixit meristemàtic és el teixit que s'encarrega que l'arbre creixi. Un arbre pot créixer de dues maneres en longitud (altura) que és el creixement primari (Figura 44), i en grossor (llargada) que és el creixement secundari. És per això, que els arbres tenen diferents meristemes. El meristema apical de la tija (creixement en longitud), el meristema lateral (creixement en grossor de la tija i arrel), el meristema apical de l'arrel (creixement en longitud) i, finalment, el meristema intercalar (creixement en longitud de les branques).

Un cop ja sabem el tipus de creixement, hem de saber els diferents teixits principals dels arbres. Principalment, tenim el floema i el xilema. El xilema és un teixit conductor format per cèl·lules mortes (anomenades traqueïdes) que transporten, a través per la planta l'aigua i les sals minerals dissoltes. El floema és el teixit de l'arbre el qual conté la majoria de cèl·lules vives i que transporta saba elaborada cap a les altres cèl·lules i per a fer la fotosíntesi. (Wikipedia Tejido vascular).

Entremig del floema i el xilema tenim un altre teixit, el càmbium (Figura 45). Aquest teixit no té una funció vital immediata per l'arbre, però és l'encarregat que l'arbre tingui el creixement primari. Per poder entendre quina és la seva funcionalitat, l'hem d'estudiar per cicles d'un any, ja que cada any es va renovant. La funció del càmbium és convertir-se en xilema, però a mesura que es va convertint en xilema cap a la seva dreta (cap a fora) va creant floema nou. Això, significa que tindrem cada cop floema més nou i floema més vell, i no tindrem càmbium. Però, el fet és que aquest floema vell es va convertint en càmbium, fent de tot això una roda o cicle. És a dir, a mesura que transcorre el temps sempre tindrem més o menys la mateixa quantitat de floema i càmbium, però, en canvi, tindrem més xilema, ja que s'haurà anat acumulant, cosa que farà que el tronc de l'arbre vagi creixent en gruix (creixement secundari). L'activitat del càmbium està controlada per factors ambientals i fisiològics.

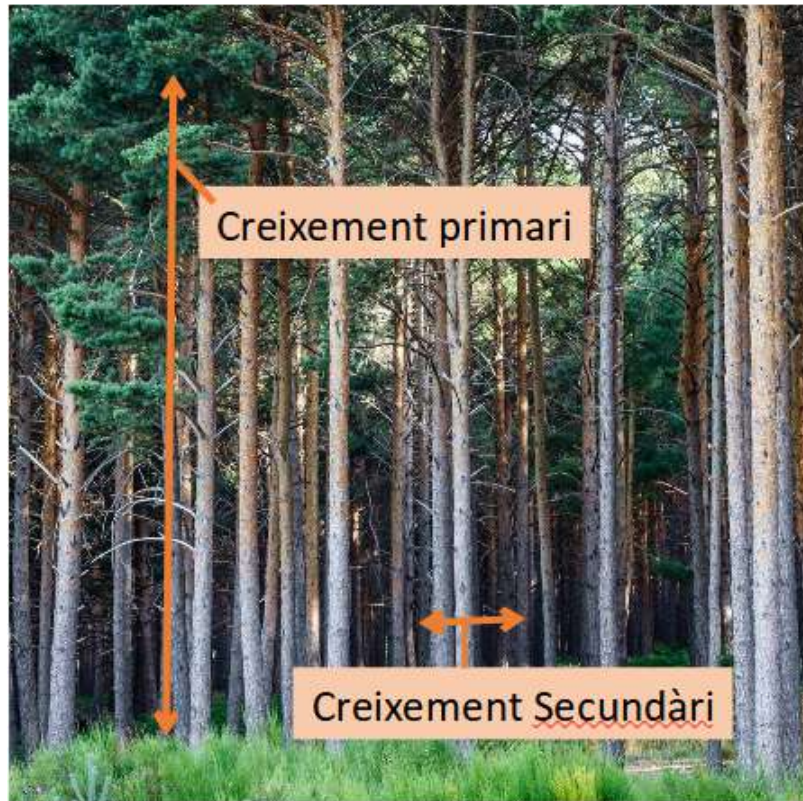


Figura 44. Diferents tipus de creixement dels arbres.
Font: Teresa Valor Ivars, Universitat de Lleida.

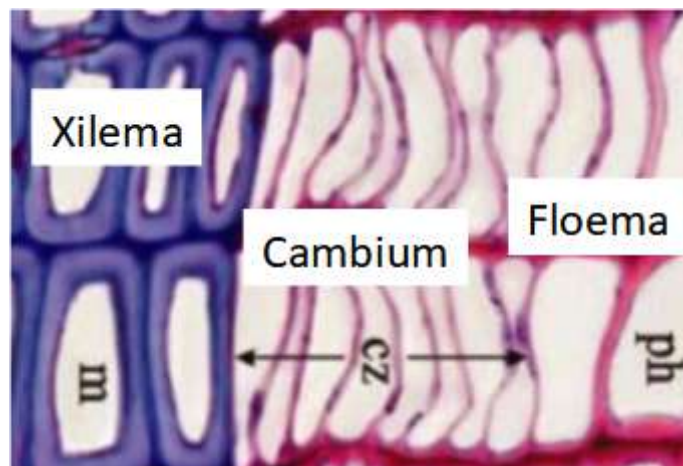


Figura 45. Diferents teixits que conté un arbre (xilema, càmbium, floema).
Font: Teresa Valor Ivars, Universitat de Lleida.

13.3.2. Anell de creixements

La part que s'analitza d'un tronc per datar quants anys són els anells de creixement. Aquests, són circulars i si els miréssim des d'una vista aèria veuríem un cercle dintre d'un altre i d'un altre, i així successivament (Figura 46).

Els anells de creixement formen part del teixit anomenat xilema, i aquests tenen diferents colors. La fusta més fosca s'atribueix el creixement que ha fet l'arbre durant la tardor, en canvi, la fusta més clara s'atribueix el creixement que ha fet durant la primavera. Això és degut al fet que el xilema deriva del càmbium i, com hem explicat anteriorment, l'activitat del càmbium està controlada per factors ambientals i fisiològics. Aquest és el motiu perquè podem veure en la fusta anells de diferents "colors". Aquesta diferència de "colors" en la fusta facilita molt la datació de l'arbre, perquè tan sols s'ha de contar els anells que té d'un color, ja que s'hauran produït en diferents anys, que és el mateix que dir en diferents tardors. Encara que aparentment sembli molt fàcil, s'ha de tenir en compte que a l'hora de datar un testimoni de fusta (mostra dels anells d'uns arbres) poden observar-se anells dobles, o que un any no s'hagi produït fusta, o que estiguin tots molt junts i sigui difícil de diferenciar-los. És per això, que hi ha una tècnica de com fer-ho que us explicarem en el següent apartat.



Figura 46. Anells de creixement d'un arbre.
Font: Teresa Valor Ivars, Universitat de Lleida.

13.3.3. Tècnica de la datació dels anells

Per poder estudiar i datar els anells d'un arbre, has d'extreure una mostra de cada arbre que vols analitzar. Després, has de seguir un procés molt estricte per poder mesurar-ho correctament.

Primer de tot, per extreure un mostra, anomenada testimoni de fusta, has de barrinar l'arbre amb una barrina o, també dit vulgarment, fer-li un forat a l'arbre i treure un tros de fusta, la qual passi el més a prop pel centre de l'arbre i així podràs aconseguir uns resultats més exactes. (Figura 47) Un cop ja tens les mostres extretes, les has de deixar assecar durant una setmana. A continuació, les has de fixar a un "portacores" amb cola, amb les fibres orientades perpendicularment a l'eix d'abscisses (verticalment), per poder veure millor els anells de creixement. Finalment, les mostres les has de polir per veure millor els anells i ja pots passar a datar les mostres.

Per datar has de seguir un protocol que consisteix a escollir un anell característic cada deu anys, per poder-lo comparar amb els altres testimonis i evitar errors de datació.

Finalment, si vols mesurar l'amplada de l'anell de creixement de cada any de cada testimoni, ho pots fer amb un programa que es diu Coorecorder[©]. Un cop ja has seguit tot aquest procés, pots interpretar els resultats de les dades.



Figura 47. Lluc Serrat Alemany barrinant un *Pinus nigra*, per recollir dades pel seu article científic.²⁵ Font: Teresa Valor Ivars, projecte Joves i Ciència.

²⁵ Observació: inclina una mica el seu cos cap endavant per poder fer més força i fer el forat amb més facilitat

13.4. ANNEX IV: Fotografies dels diferents pins de Catalunya i la seva distribució

- Pi negre (*Pinus uncinata*):



Figura 48. Fotografia d'un pi negre. Font: Árboles con alma.

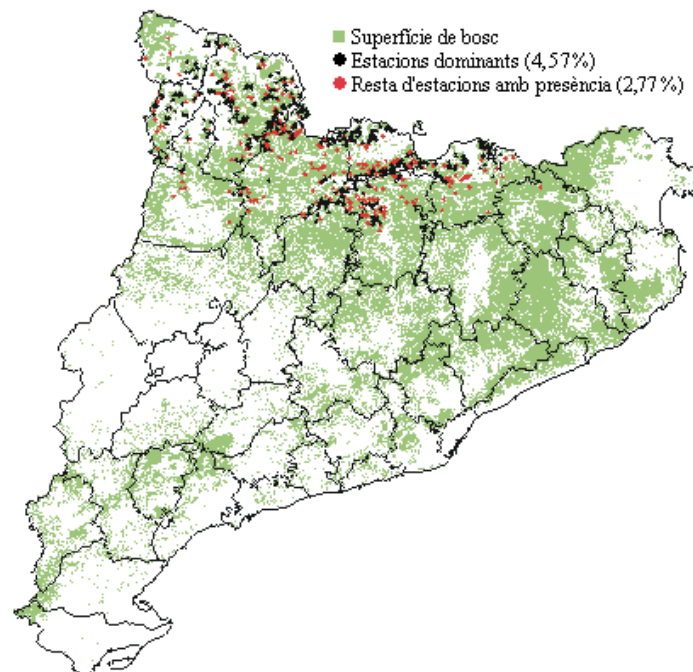


Figura 49. Distribució de *Pinus uncinata* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

- Pi roig (*Pinus sylvestris*):



Figura 50. Fotografia d'un pi roig. Font: Monte Perímetro de Canencia.

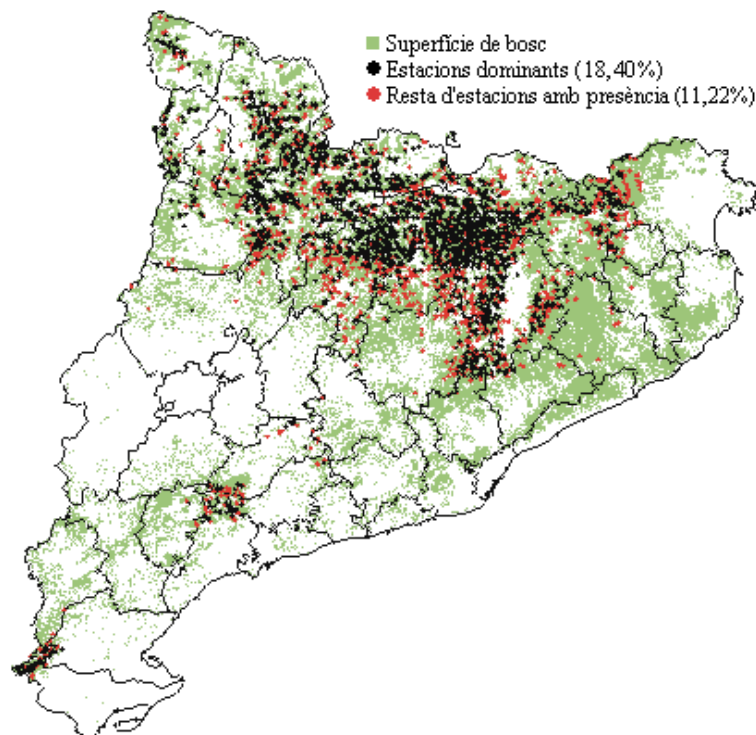


Figura 51. Distribució de *Pinus sylvestris* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

- **Pinassa (*Pinus nigra*):**



Figura 52. Fotografia d'una pinassa. Font: Ernest.orgfree.

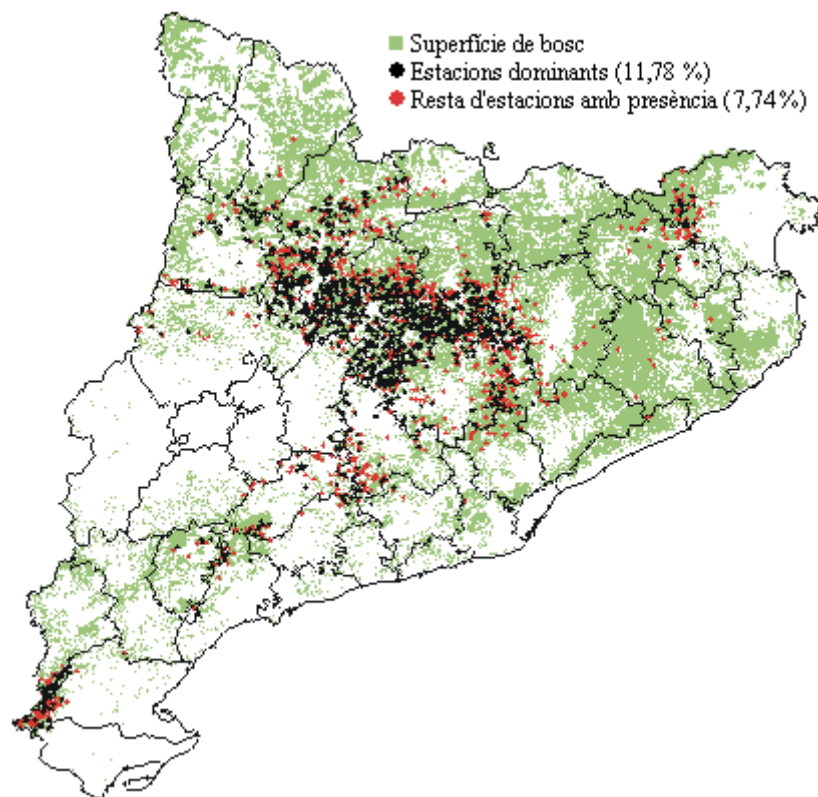


Figura 53. Distribució de *Pinus nigra* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

- Pi pinastre (*Pinus pinaster*):



Figura 54. Fotografia d'un pi pinastre. Font: Paratge Natural.

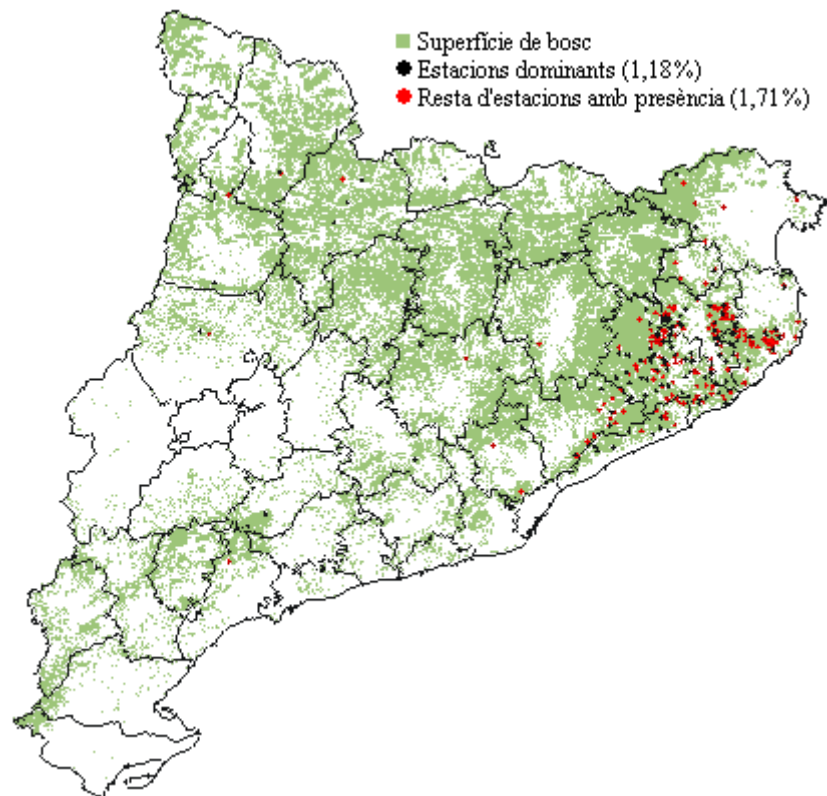


Figura 55. Distribució de *Pinus pinaster* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003).
Font: CREA, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

- Pi pinyer (*Pinus pinea*):



Figura 56. Fotografia d'un pi pinyer. Font: Jarditec.

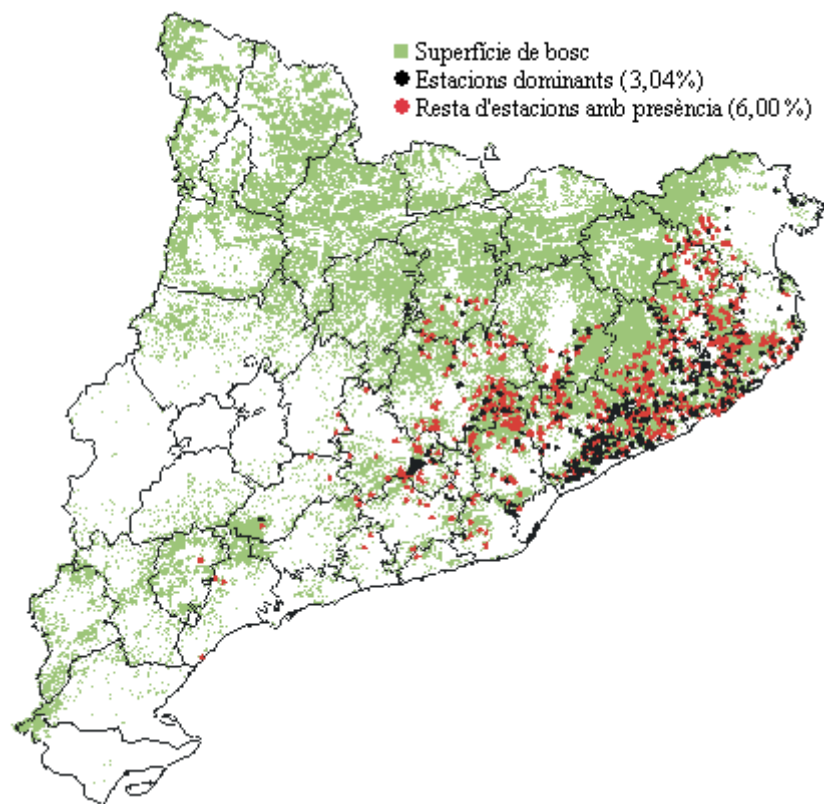


Figura 57. Distribució de *Pinus pinea* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003)
Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

- Pi blanc (*Pinus halepensis*):



Figura 58. Fotografia d'una pinassa. Font: Jarditec.

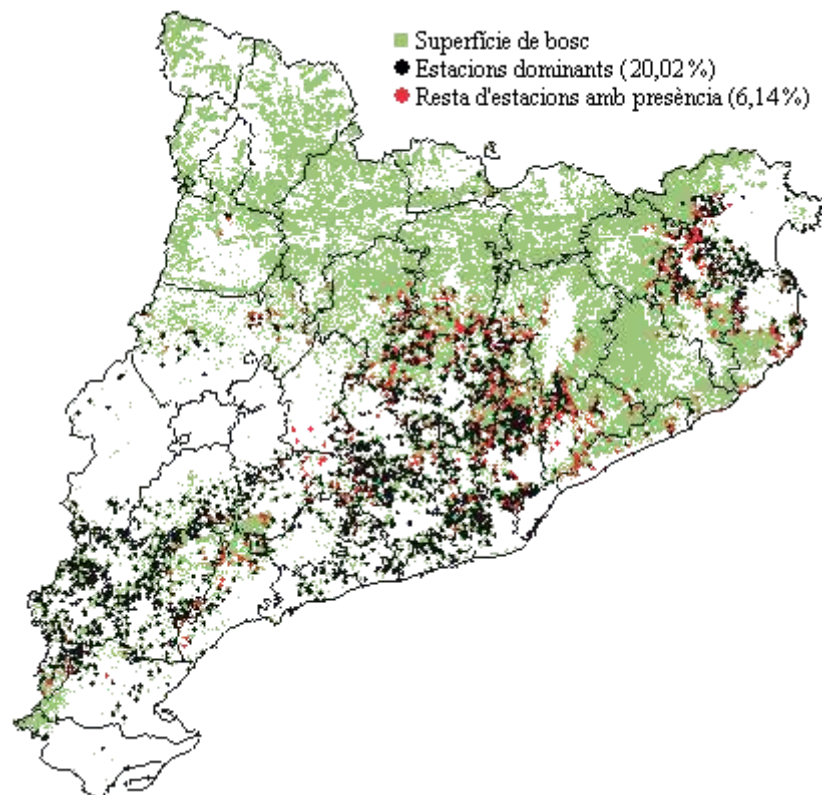


Figura 59. Distribució de *Pinus halepensis* a Catalunya (darrera actualització: febrer de 2003)

Font: CREAM, Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

13.5. ANNEX V: Com diferenciar les diferents espècies de pinàcies a Catalunya

Des del projecte AlertaForestal, conjuntament amb el CREAM, es va crear una infografia per diferenciar les diferents espècies de *pinàcies* peninsulars, i, per tant, les que trobem a Catalunya. L'he trobat molt interessant i pot ajudar-te a diferenciar els diferents pins de Catalunya. A continuació, podreu llegir un article extret directament d'AlertaForestal. Si voleu descarregar-vos la infografia podeu consultar el següent [enllaç](#) (figura 60).

Una de les característiques que més ens pot ajudar a identificar les espècies són les pinyes. Si no les veus a l'arbre busca-les a terra, agafa-les i observa-les detingudament.

Si veiem un arbre molt carregat de pinyes probablement estem davant d'un pi blanc, ja que les seves pinyes no cauen al madurar. A més, veurem que la pinya té la cua (peduncle) corbada. Podem diferenciar el pi blanc del pi pinastre, perquè el pi pinastre té la pinya més gran de totes. Pel que fa a les pinyes del pi pinyer, aquestes són més arrodonides i és l'única pinya que no té peduncle. A més, els pinyons no tenen ales (s'utilitzen perquè la llavor es transporti) com en la resta d'espècies, tenen una closca dura i són molt cotitzats a la nostra cuina. Les pinyes de pinassa, pi roig i pi negre són les més petites. Per diferenciar entre la pinya de la pinassa i el pi roig hem de fixar-nos en el peduncle: el de la pinassa és molt curt i el del pi roig, a més de ser curt, és corbat. Finalment, si veiem una pinya molt asimètrica que s'assembla a un eriçó, indubtablement pertany al pi negre.

Si mirant només la pinya encara tenim dubtes per a identificar l'espècie, podem fixar-nos en un altre tret visible: les fulles.

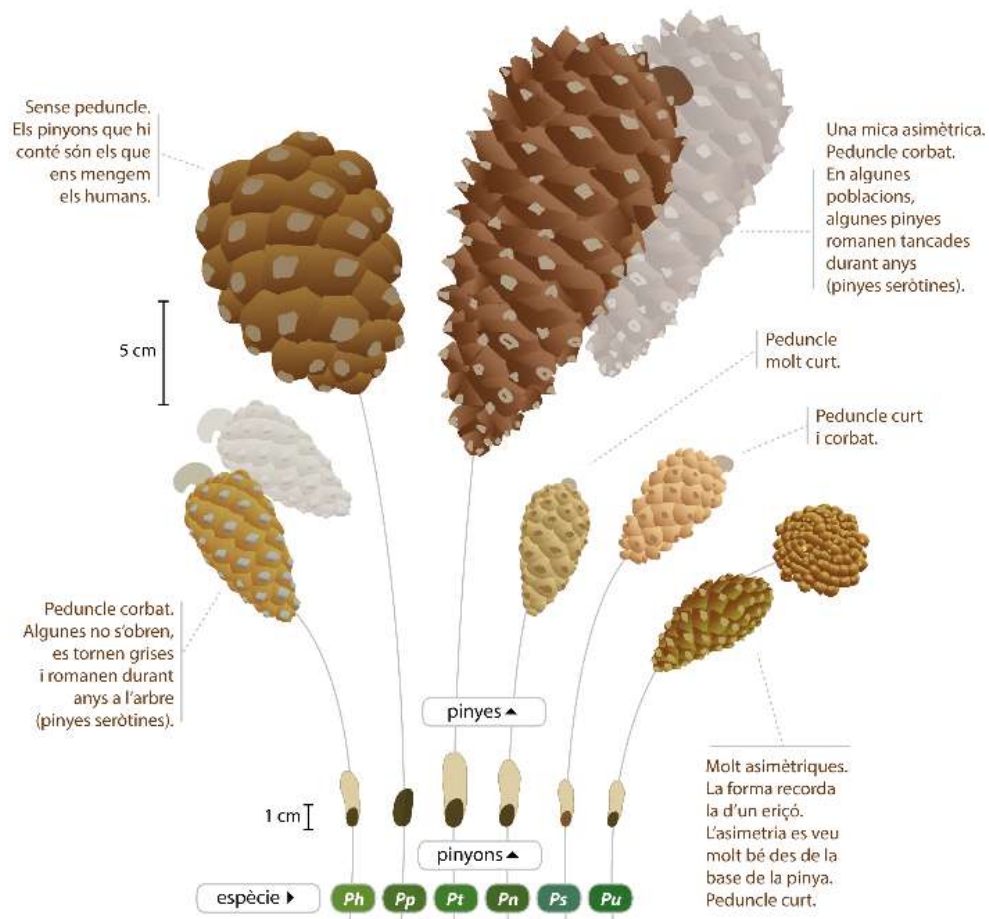
Tant el pi roig com la pinassa i el pinastre tenen franges blanquinoses a les fulles. Però hi ha un truc per diferenciar-les entre elles: les fulles del pi roig són més petites, recaragolades i d'un color blavós. Pel que fa a les fulles de la pinassa es poden diferenciar perquè són més gruixudes i punxoses que les del pi pinyer. Si la fulla no té franges blanquinoses i podem fer un nus amb elles, pertanyen a un pi blanc, que té fulles molt flexibles. Per últim, les fulles del pi negre són petites com les del pi roig, però no tenen el color blavós i són força atapeïdes.

Un altre tret distintiu és l'escorça. La més característica és la del pi pinyer, la pinassa i el pi roig. Si observem una escorça clivellada amb plaques molt grosses, es tracta del pi pinyer. Però si l'escorça s'assembla a un paper amb un color gris-platejat, probablement tenim enfront una pinassa. Per acabar, si el tronc té un aspecte escamós i un color ataronjat, probablement és un pi roig. La resta d'espècies són una mica més difícils d'identificar a través de l'escorça.

Finalment, no és molt fiable identificar els pins a través de la seva copa, perquè la seva forma depèn de les condicions sota les quals han crescut els arbres. Les úniques que ens poden donar pistes són la capçada del pi blanc, que és irregular, i la del pi pinyer, una copa ampla amb forma de paraigües.

Com diferenciar els pins autòctons peninsulars

- Pinus halepensis*** Ph Pi blanc, pi bord, pi garriguenc, pi d'Alep.
- Pinus pinea*** Pp Pi pinyer, pi pinyoner, pi bo, pi ver, pi campaner.
- Pinus pinaster*** Pt Pinastre, pi de fulla, pi marítim, pi redó.
- Pinus nigra*** Pn Pinassa, gargalla, pi carrasser, pi cerrut, lora.
- Pinus sylvestris*** Ps Pi roig, pi melis, pi rojal, rajolet, alaga, pi ros.
- Pinus uncinata*** Pu Pi negre, pinyoc.



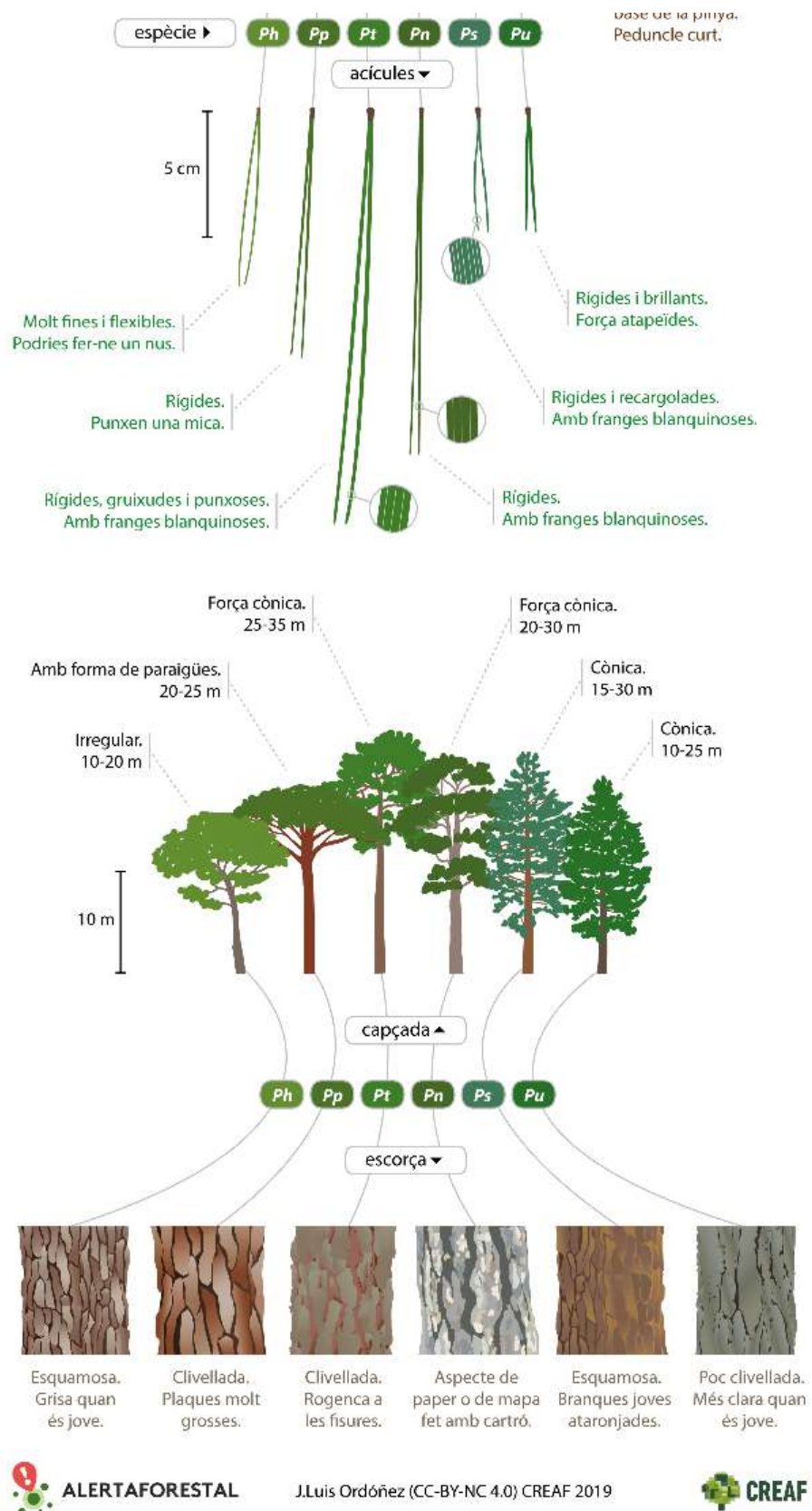


Figura 60. Infografia per diferenciar les diferents espècies de pinàcies de Catalunya. Font: article d'AlertaForestal.

13.6. ANNEX VI: Article complet de Serrat et al., 2022

Per fer aquest treball de recerca, m'he basat en un article que vaig escriure cap a finals dels 2021 - principis 2022 conjuntament amb la Fundació Pedrera.

Recomano que us el llegiu, ja que les conclusions d'aquest article em van servir com a base per escriure aquest TDR.

El podeu trobar aquí: <https://cutt.ly/ANeWrWW>

13.7. ANNEX VII: Materials suplementaris

Recomano també, que us llegiu una selecció d'articles científics de la temàtica, els quals em va servir d'inspiració per escriure el meu article i el TDR.

Podeu consultar-los en aquesta carpeta de Drive que us deixo a continuació:

<https://cutt.ly/WNeWcHI>

13.8. ANNEX VIII: Registre d'instàncies sector Medi Ambient

Durant la realització d'aquest TDR, vaig realitzar dues instàncies al sector de Medi Ambient de Terrassa per poder obtenir el registre de les zones tractades per processionària i el registre de temperatures de Terrassa.

A continuació podeu consultar en aquests enllaços les dues instàncies que vaig dur a terme.

1. <https://cutt.ly/MNy8P2A>
2. <https://cutt.ly/INy8DGe>

13.9. ANNEX IX: Seguiment del Treball de Recerca

5/4/2022 - Tinc el primer contacte amb el sector de Parc i Jardins de l'Ajuntament de Terrassa. M'expliquen que fan gestió de les erugues, però només en bosc urbà, els boscos de més a fora de la ciutat ho porta Medi Ambient.

5/4/2022 - Truco als Bombers de Terrassa per saber si porten alguna gestió de les erugues processionàries. Em diuen que no, i em diuen que parli amb els Agents Rurals.

5/4/2022 - Truco a l'oficina dels Agents Rurals de la província de Barcelona. Em diuen que els Agents Rurals del Vallès Occidental es posaran en contacte amb mi, i els hi facilito les meves dades perquè ho puguin fer.

5/4/2022 - Em poso amb contacte Ànder Achotegui, el científic a qui vull fer una entrevista per obtenir més informació de les erugues. Tenim un primer contacte i acordem que li faré una entrevista en les dates que li vagi bé a ell.

5/4/2022 - Em poso en contacte amb la Generalitat de Catalunya per aconseguir informació sobre les àrees afectades per la processionària.

7/4/2022 - Tinc una trobada presencial amb el sector Parc i Jardins de Terrassa, amb en Jaume Macià.

Resum de la trobada:

No poden fer tractaments amb el *Bacillus thuringiensis*, per queixes de la població. Diuen que els pot afectar sanitàriament i com que encara no hi ha molts estudis, des de la Generalitat el van prohibir.

La seva gestió actual és fer un tractament químic (Decis protech // deltametrim) als arbres que tinguin processionària. Això, ho fan durant el novembre/desembre que és quan les erugues comencen a fer bosses. Des del portal web de l'ajuntament, avisen a la població de quan es duen a terme els tractaments químics, que es fan durant la nit per no molestar als veïns. A partir d'aquí, si hi ha més processionària tallen les bosses manualment i/o posen trampes als arbres perquè quan baixin el febrer-març dels arbres les erugues es quedin atrapades allà. A més, ara han començat a posar caixes nius en boscos periurbans (boscos tocant a l'urbà).

Els tracten l'eruga processionària com un problema de salut pública, és per això que no deixen cap percentatge d'erugues en els arbres.

Li pregunto quines són les coníferes més afectades per l'eruga en aquesta regió, i em diu que el pi blanc, pi pinyoner i cedres (bàsicament espècies d'arbres coníferes que tenim per aquesta zona).

El treball que fan el realitzen independentment de la gestió de Medi Ambient. No hi ha comunicació entre els dos sectors.

Entre uns inspectors (que venen el novembre) i les queixes de ciutadania (venen més tard que són més visibles els nius) troben els casos de processionària.

Els hi demano si tenen algun mapa cartogràfic on portin les àrees més afectades per l'eruga, però em diuen que no. Tot així, em diu que porta un registre de les zones afectades, els hi demano que m'ho passin, em diu que ho farà, però primer pregunta si es pot fer.

Preguntes que volia que em contestés:

- *Teniu mapes cartogràfics de les àrees afectades?* No
- *Porteu un control del lloc on hi ha atacs i durant quant?* Sí
- *Quines són les gestions que feu?* Ruixar amb químics, tallar nius, posar trampes i caixes nius.
- *Voleu erradicar la plaga o només tenir la controlada?* Erradicar
- *Els arbres afectats es moren normalment?* No
- *Quines espècies són les més afectades?* Pi blanc, pi pinyoner i cedres
- *En quins mesos feu sobretot les gestions?* Novembre-desembre tracten amb químics i després tallen bosses i el febrer-març posen els collarins.

7/4/2022 - Truco a Medi Ambient per obtenir informació sobre les erugues. Em diuen que no me la poden donar. Em fan inscriure una instància en l'apartat de tràmits de la seu electrònica i ho faig.

7/4/2022 - Torno a trucar als Agents Rurals i em donen el correu dels Agents Rurals de Terrassa perquè em pugui posar amb contacte amb ells. Els envio un correu.

7/4/2022 - Preparo les preguntes de l'entrevista amb l'Ander i les hi envio.

7/4/2022 - Envio un correu a Lúdia Quevedo Dalmau, professora universitària d'ecologia forestal a la UAB, perquè m'orienti una mica amb el treball.

7/4/2022 - Parlo amb un veí, l'Amadeu, que està ficat en el món dels forestals i em facilita uns quants contactes.

12/4/2022 - La Lúdia Quevedo em contesta i està interessada a ajudar-me.

12/4/2022 - L'Antonio Torell, cap de Projectes Especialitzat Forestal Catalana S.A, es posa en contacte amb mi des de la Generalitat. Em proposa de parlar amb ell per telèfon.

13/4/2022 - La Lúdia em passa uns quants enllaços que podrien ser d'interès. Em diu que em posi amb contacte amb el CREAM, que ens podríem ajudar mútuament.

14/4/2022 - Li faig la primera entrevista al científic Ander.

19/4/2022 - Contacto per mail amb la coordinadora d'Alerta Forestal (projecte del CREAM).

19/4/2022 - Parlo per telèfon amb els forestals i m'expliquen la gestió que fan ells. Estan coordinats amb la Generalitat. Descarto la hipòtesi de correlació foc i erugues processionàries.

19/4/2022 - Em truca per telèfon l'Antonio i m'explica quina és la gestió que fan des de la Generalitat.

20/4/2022 - En Jaume Macià de l'Ajuntament de Terrassa del sector de Jardins, es posa en contacte amb mi per correu i em diu que em passarà el registre de tractaments de Terrassa.

21/4/2022 - Parlo amb la Mireia Banqué, coordinadora del projecte AlertaForestal i treballadora del CREAM, i em dona algunes recomanacions.

25/4/2022 - En Jaume Macià em facilita el registre de tractaments de Terrassa (Han tractat 487 punts de Terrassa des de l'any 2018 al 2021).

5/5/2022 - Contacto amb Jordan, coordinador del CTFC (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya), i li demano els informes recull del 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 de la processionària. Els informes complets no me'ls poden passar.

9/5/2022 - En Pedro Carballal (treballador de la generalitat, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural) em passa els informes recull de processionària de l'any 2018, 2019, 2020, 2021 (el 2022 encara no el té, ja que es publica el novembre aproximadament). M'ofereix anar a una valoració final del terreny a tractar de la processionària a l'agost amb els treballadors.

10/5/2022 - El Departament de Medi Ambient de Terrassa es posa en contacte amb mi per poder-me facilitar les dades que els hi vaig demanar.

12/5/2022 - Parlo amb el Departament de Medi Ambient de Terrassa i els demano el registre dels tractaments de processionària que han fet des del 2018.

(Espai temporal d'exàmens i del viatge de fi de curs)

8/6/2022 - Insisteixo amb Medi Ambient per aconseguir el registre dels tractaments.

15/6/2022 - Demano el mapa històric d'afectació d'eruga processionària del projecte AlertaForestal a la coordinadora Mireia Banqué.

27/6/2022 - Contacto amb el sector de Parc i Jardins, per parlar amb Jaume Macià i informar-me d'uns productes fitosanitaris que van utilitzar durant l'any 2019.

30/6/2022 - Parlo per telèfon amb Joaquim Orensa per obtenir més informació sobre la gestió que fan ells des de Medi Ambient de Terrassa.

30/6/2022 - Parlo per telèfon amb Antonio Torrell Sorio per obtenir més informació sobre pins afectats per l'eruga processionària a Catalunya.

8/7/2022 - Contacto amb els Espais Verds de Terrassa i els hi pregunto una qüestió que tenia des de feia temps sobre els productes fitosanitaris que fan servir.

18/7/2022 - Demano a la Generalitat de Catalunya més informació sobre els tractaments de processionària fets a Catalunya.

21/7/2022 - Contacto amb Espai Verd de Terrassa per consultar uns quants dubtes que tenia sobre la gestió que fan.

27/7/2022 - Contacto amb el CTFC (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya) per aconseguir una informació sobre un tema, els paràmetres vitals de temperatura de la processionària.

16/8/2022 - Rebo resposta de part del CTFC, em passen uns quants articles interessants.

24/8/2022 - Li faig una consulta a Jaume Macià, sobre un producte fitosanitari.

30/8/2022 - Proposo fer-li una entrevista a un científic del CTFC, em respon que no tel els suficients coneixements, però que em passa el contacte d'un científic molt prestigiós. Em passa el contacte del científic Hódar, un científic que ja havia llegit i utilitzat molts articles d'ell per a fer el treball.

3/9/2022 - Aconsegueixo contactar amb Hódar i rebo resposta de part d'ell.

5/9/2022 - Aconsegueixo una entrevista amb Jaume Macià per a finals de setembre.

7/9/2022 - En Hódar accedeix que li faci una entrevista.

12/9/2022 - Parlo per telèfon amb Joaquim Orenga per acabar de tenir la informació necessària sobre la gestió que fan de processionària des de Medi Ambient.

13/9/2022 - Contacto amb Mireia Banqué, la coordinadora del projecte AlertaForestal i treballadora del CREAF, per fer-li una consulta d'un tema de temperatures de processionària-

13/9/2022 - Des de Medi Ambient de Terrassa em cedeixen les dades meteorològiques de Terrassa.

19/9/2022 - En Hódar m'envia l'entrevista per email resposta.

30/9/2022 - Entrevista amb Jaume Macià.

4/11/2022 - Entrega final TDR.

13.10. ANNEX X: Entrevistes a experts

13.10.1. Transcripció entrevista Ander Achotegui Castells → 14/4/2022

Ander Achotegui Castells director i responsable de l'Àrea de Gestió Sostenible de la Fundació Emys. És llicenciat en Ciències Ambientals, màster en Ecologia Terrestre i doctor en Ecologia de plagues forestals per la UAB. Els seus principals interessos són la mitigació i l'adaptació al canvi global, especialment la recerca i la



implementació de sistemes de gestió que permetin conservar la biodiversitat i afavorir els serveis ecosistèmics valuosos per als sectors agrícola i forestal.

- **Quina és la teva vocació científica/ àmbit científic en què treballes?**

Vaig començar en ecologia química amb el TFG sobre contaminació atmosfèrica i bioindicadors (líquens, molses) i, després, vaig fer el doctorat sobre els mecanismes de defensa de les plantes davant d'atacs de patògens i herbívors.

- **Actualment estàs treballant en algun projecte?**

En l'actualitat, no estic treballant en un projecte de recerca científica, però treballo a la Fundació Emys i em dedico a l'apartat d'agricultura i conservació. En els camps hi ha parts no productives, com ara boscos, basses, marges i ells gestionen aquests espais per millorar la biodiversitat en ells perquè és molt important per la fauna i flora. Però ho fan d'una forma que els hi beneficia als productors dels camps, com ara que millorin la pol·linització de les plantes, que millori els controladors de plagues...

- **Ets professor d'alguna universitat?**

No, tot i que he intentat ser associat i ho voldria ser en el futur.

- **Tens coneixement de si hi ha alguna espècie de pi que sigui més susceptible als atacs de processionària? O creus que tot és un conjunt de factors que fan que l'afecti més a una espècie de pi a un altre?**

No he treballat amb totes les espècies de pi, bàsicament ho he fet amb el pi roig. Però llegint biografies no m'ha fet la impressió que hi hagués suficients evidències de què hi hagi una espècie de pi que sigui més susceptible a la processionària. En canvi, sí que hi ha alguns factors com ara l'altitud que podrien, per exemple, protegir algunes espècies com ara el pi negre, però més enllà d'això crec que no s'ha trobat res concloent.

- **Quin és el fet que fa que hi hagi una ràtio bastant alta d'arbres afectats per processionària al costat de la carretera?**

La meva proposta és que la processionària busca bastant la insolació de les bosses, perquè el fred és un dels seus factors limitants. I les carreteres tenen més insolació que un arbre que està al mig de bosc, ja que són espais més oberts. És a dir, si hagués de dir el perquè els pins del costat de la carretera tenen més afectació, doncs tiraria més cap a la insolació que busquen la processionària.

- **Saps si existeix alguna correlació entre eruga processionària i incendis forestals?**

Ho desconec, però sí que em sona i té sentit que tot el que pugui debilitar un arbre com ara un incendi forestal, faci que els arbres siguin més susceptibles i pugui agafar processionària. Invertit passaria el mateix, tot el que sigui un debilitat fa que sigui més susceptible al foc. Tot així el que estic dient és pura especulació.

- **Quins tipus de tractament hi ha per l'eruga processionària?**

Històricament, sé que s'utilitzava diflubenzuron, però no és selectiu i és molt agressiu, ja que mata els controladors de la processionària (parasitoides). Hi ha el *Bacillus thuringiensis*, és un producte més ecològic, ja que és un bacteri. També es fan injeccions químiques, per reacció sistèmica, endoteràpia, però desconec l'efectivitat i dels efectes perjudicials. A part, hi ha unes trampes perquè quan les erugues baixin dels arbres no puguin arribar a terra. També, hi ha el mètode

tradicional que és la perdigonada (agafar una escopeta i disparar a les bosses de les erugues)

Hi ha experiments que apuntaven que les masses molt homogènies de pins eren més susceptibles i, en canvi, si és un bosc de massa mixt no hi ha tanta afectació, ja que sembla que la processionària es perd per arribar els pins.

- **Què són els controladors de la processionària?**

Com qualsevol animal, la processionària té els seus enemics naturals. Hi ha depredadors com ara el puput o alguns saltamartins, també hi ha paràsits que no maten i/o els parasitoides que sí que arriben a matar. Hi ha parasitoides sobretot en els ous, com l'*Ooencyrtus pityocampae*. Aquests, són bons controladors perquè dificulten que els ous de la processionària prosperin. Són unes vespes parasitoides, injecten els ous dins dels ous de la processionària i els seus surten abans de manera que es menja el contingut de la processionària.

Per afavorir la seva presència, s'ha d'evitar aplicar productes molt generalistes que els pugui afectar.

Hi ha un article de l'Andrea Battisti, que relacionava la mida dels ous amb el nombre de parasitoides que tenia. Com més gran els ous, més paràsits hi ha.

- **Consideres que les erugues poden ser un perill per a les espècies de pi en futur on es preveu un augment de temperatures considerable?**

Sí, sobretot al nord i en alçada, ja que poden haver-hi noves interaccions que no han passat mai i pot ser un perill. De fet, recordo un parell dels estudis que faig fer, a Sierra Nevada (els va fer conjuntament amb Hódar) a una alçada que es considerava que no era habitual que hi hagués processionària (estava a més de 2000 metres). L'estudi intentava saber si era més susceptible *Pinus sylvestris nevadensis*, tot així no vam trobar res conclouent.

- **Segons un estudi fet el 2015 per Hódar, afirma que un augment de la temperatura per a la processionària desestabilitzaria el cicle de l'eruga fent que l'eclosió dels ous sigui abans, i accelerant tot el cicle. Les temperatures favorables facilitaràn el descens de les erugues dels arbres, fent que l'eclosió de les crisàlides per convertir-se en arnes adultes succeeixi abans. Com a conseqüència, la posta i l'eclosió dels ous de les següents generacions serà abans. Aquestes condicions faran que les erugues tinguin**

un espai temporal més llarg pel seu desenvolupament i arribar a l'hivern amb un metabolisme més preparat, fent que sigui més resistents a les baixes temperatures. A més, si ajuntem que les prediccions indiquen que els propers hiverns, seran cada cop menys freds i hi haurà més bonança, les erugues ho tindran molt més fàcil per la seva supervivència, minimitzant la mort per baixes temperatures de les erugues (Hódar et al., 2012 - Fragment extret de Serrat et al., 2022)

Que n'opines d'aquest fragment? Creus que són certes aquestes afirmacions?

Té lògica, però també s'ha de tenir un compte que el canvi climàtic significa un augment de temperatura però també un augment de variabilitat. És a dir, que tindrem també onades de fred. En general, la tendència és a afavorir la processionària, però també hi ha casos concrets que pugui passar que no s'afavoreixi.

- **En aquest cas, aquest augment de temperatures creus que les processionàries podria ajudar al fet que alguns pins desplaressin el *treeline* a més altitud?**

La tendència d'un augment de temperatures faria que el *treeline* es desplaqués, però per als atacs de processionàries ho veig difícil. És una cosa que s'hauria de mirar, encara que és complicat d'estudiar.

- **És necessari fer un control rigorós d'aquesta plaga o es pot controlar per si sola?**

Això és un debat que hi ha. Jo crec que si hi ha una afectació bastant greu té sentit actuar, però sempre evitant fumigacions massives, sobretot si és de productes no específics, ja que el que s'està fent és perjudicar els controladors. De fet, alguns cops s'havia vist efecte rebot. L'any que s'aplica sí que baixa molt la processionària, però els pròxims anys pot ser pitjor, perquè torna la processionària i els parasitoides estan debilitats.

Hi ha un mètode que és bastant suau i que no és gaire afectiu que són les trampes de feromones. La feromona sexual femenina de la processionària s'ha definit i es pot crear sintèticament i es fan unes trampes on es posa un emissor de

la feromona a dins. Això, atrau els mascles i fa que quan entrin i s'ofeguin i morin. L'efectivitat és baixa, però és útil per saber quan comença la temporada. Pots preveure una mica que passarà.

Crec que la clau és controlar la processionària cap als mesos de setembre, ja que la processionària té 5 estadis larvaris, els dos primers no són perillosos i a partir del tercer és urticant. Les processionàries fan diferents bosses, les primeres són molt petites i després són més grans. Si s'ataqués a les bosses just al setembre, encara no hauria afectat l'arbre i probablement no seria urticant.

Quan surten de la crisàlide, són arnes adultes no urticants i només viuen 24-48 hores. En aquest temps s'aparellen, posen els ous i es moren.

La clau està a gestionar la plaga amb una gestió forestal lògica i conservant la biodiversitat, evitant gestions massives i plantacions homogènies de pins.

- En un futur on es preveu sequera, això afavoreix a les erugues?

Això faria que augmentés la severitat de la plaga, però també podria arribar a afectar a la processionària, ja que si els arbres estan molt afectats els hi acabaria afectant també a les processionàries.

Hi ha un fet curiós, en un bosc de Portugal sembla que la processionària s'està especiant, ja que té el cicle invertit. És a dir, en comptes d'enterrar-se cap al mes de febrer i sortir el mes d'agost i estar activa durant tardor-hivern, està fent al revés. Està activa durant la primavera-estiu i s'enterra durant tardor-primavera, sortint cap a principis de primavera. Amb això, s'havia alliberat de molts paràsits, però tenia alguns problemes amb la temperatura, ja que les temperatures molt altes no els hi beneficia.

La processionària per ser un insecte, és bastant resistent al fred. Les bosses fan aquesta funció de protegir, ha d'aguantar condicions molt dures, però, en canvi, s'estalvia molta competència i depredació perquè la majoria d'insectes surten a la primavera estiu.

- Consideres que la processionària és un problema que tenim a escala global o només és a nivell de Península?

Afecta molts països, però no diria que és un problema global sinó més aviat al mediterrani.

13.10.2. Entrevista per escrit a José Antonio Hódar Correa → 19/9/2022

Professor titular d'Ecologia de la Universitat de Granada (2003). La seva tasca investigadora se centra en els darrers anys en la biologia i ecologia de lepidòpters defoliadors, amb especial atenció a la processionària del pi, la seva ecologia, la seva dinàmica poblacional, la seva interacció amb els seus arbres nutricis i la seva relació amb depredadors,



paràsits i parasitoides. Les zones de treball on desenvolupa aquestes investigacions són la muntanya mediterrània i les depressions àrides del sud-est d'Espanya.

Ha publicat més de 100 treballs de recerca i 20 capítols de llibre, la majoria a revistes internacionals d'ecologia general i aplicada. Ha participat a més de 40 congressos científics, nacionals i internacionals, i en 45 cursos, taules rodones i conferències per invitació. Ha dirigit 6 tesis doctorals (actualment està dirigint dues més) i ha participat en més de 20 projectes de convocatòries competitives. Actualment, participa a 2 projectes europeus i és IP d'un projecte del Pla Nacional.

Después de mirar en el Departamento de Ecología de Granada, he podido obtener bastante información de su vida laboral y estudios. Me gustaría saber un poco más sobre lo que está haciendo actualmente.

- **¿Está participando en algún proyecto de investigación actualmente? ¿Cuál es?**

Actualmente, estoy participando en tres proyectos de investigación con financiación pública. Uno, recién concedido, es un proyecto del MCINN en el que pretendo, entre otras cosas, comprobar la importancia de la depredación sobre la procesionaria como factor regulador de sus poblaciones. Hay varios depredadores importantes de la procesionaria, pero casi todo el mundo piensa en las aves, y mi impresión es que son poco importantes (pero hay que comprobarlo), y que, en cambio, los parasitoides que atacan a los huevos, y sobre todo los murciélagos, sobre las polillas son bastante más efectivos. En el otro, un LifeWatch-ERIC de la

Comunidad Europea cuyo fin es crear infraestructura científica de largo plazo. Mi trabajo consiste en diseñar la toma de datos de un estimador biológico y la incidencia de la procesionaria, en los pinares de Sierra Nevada y alrededores, a la disponibilidad de datos ambientales proporcionados por dicha infraestructura.

El otro proyecto no tiene nada que ver con la procesionaria. Es un estudio financiado por la Junta de Andalucía sobre la dinámica poblacional del enebro común (*Juniperus communis*) en la alta montaña de Sierra Nevada.

- **Como profesor de universidad que eres, ¿crees que actualmente las instituciones, como los ayuntamientos, están suficientemente informados para tratar la plaga de la procesionaria? ¿Opinas que debería ser responsabilidad de otras instituciones?**

No, no lo están. De otro modo, no sería explicable por qué se siguen usando los pinos de forma masiva en zonas ajardinadas. Una cosa es utilizar algún pino que otro (y de según qué especie), y otra llenar parterres enteros de ellos. Aquí, en Granada, en el PTS (Parque Tecnológico de la Salud) han llenado varias zonas ajardinadas de pinos. Ya he visto la procesionaria en ellos, y en unos años (ojalá me equivoque) será un problema de salud pública. Pero cuando tienen un problema, considero que son ellos los que deberían preguntar, no esperar a que nosotros se lo contemos. Hace años me preguntaron del ayuntamiento de La Zubia (un pueblo junto a Granada, de su área metropolitana) porque tenían un problema con lo que ellos pensaban que era procesionaria del pino, y resultó ser oruga de los prados, *Ocnogyna baeticum*, vagamente parecida a la procesionaria y con picos poblacionales a veces muy espectaculares, pero absolutamente inofensiva. De resultas de aquello, di incluso charlas en un instituto, en la agrupación de comunidades de vecinos de La Zubia, y en unas jornadas organizadas por el ayuntamiento. Del ayuntamiento de Granada nunca me han llamado, y mira que tienen cerca la universidad...

Bueno, después de estas preguntas más introductorias, me gustaría hacerte ya preguntas más concretas de las procesionarias.

- **¿Por qué cuando las orugas procesionarias hacen la metamorfosis y se convierten en polillas adultas los machos son bastante diferentes que las hembras? ¿Tiene relación con la supervivencia?**



Ejemplares adultos de macho y hembra, respectivamente

Fuente: Departament agricultura, ramaderia, pesca i alimentació, Generalitat Catalunya

El dimorfismo sexual es común en muchas especies animales, y los insectos, las mariposas en particular, no son una excepción. De hecho, la procesionaria muestra un dimorfismo sexual relativamente modesto, las diferencias entre sexos no son especialmente acusadas, aunque reconocibles con práctica. De hecho, se pueden diferenciar fácilmente incluso las pupas, antes de la emergencia de la polilla. Dado el tipo de vida que llevan (no se alimentan como imagos, y su longevidad en esa fase es extremadamente corta para ambos sexos), la hembra es generalmente más grande que el macho. Eso es porque a ella le corresponde hacer una fuerte inversión material en la puesta, mientras que el macho solo tiene que aportar su esfuerzo volando para localizar a la hembra y su esperma en la cópula: no necesita ser más grande.

- **¿A qué se debe que haya una ratio más alta de árboles afectados por la procesionaria junto a la carretera?**

Las larvas de procesionaria se desarrollan durante el invierno, y aunque son muy resistentes a las temperaturas bajas (más abajo te doy detalles), la estrategia que siguen es alimentarse durante la noche, digerir el alimento durante el día mientras están guarecidas en el bolsón, y construir el bolsón en la parte del árbol en la que la cantidad de radiación solar recibida sea máxima. Las larvas no cambian de árbol, se desarrollan en el árbol en el que su madre hace la puesta. Las procesiones se entierran, siempre que pueden, en zonas de terreno despejado adyacentes a los pinos en los que se han alimentado durante su desarrollo larvario (las procesiones suelen alejarse entre 5 y 25 m de distancia desde el árbol nutricio). Cuando las mariposas emergen, las polillas hembras suelen topar con árboles que se encuentran, mirando desde el claro, en el borde del parche de bosque. Si en lugar de un parche de bosque tienes una línea marginal de árboles en el lateral de la carretera, le pueden llegar polillas desde

la cuneta por el lado de dentro y desde el claro de detrás de la línea, si lo hay. Además, al tener los dos lados del árbol despejados, los bolsones contruidos en ellos por las larvas pueden recibir mucha insolación, lo que favorece su supervivencia frente a aquellas puestas que hayan sido colocadas en un lugar sombrío. La combinación de la ovoposición de las polillas hembras y la supervivencia de las larvas en este tipo de entorno hace que sean mucho más numerosas y aparentes en pinos aislados o marginales, como los de las carreteras.

- **¿Tiene conocimiento de si hay alguna especie de pino que sea más susceptible que otras a los ataques de procesionaria? En caso afirmativo, ¿Crees que es un conjunto de factores que hacen que le afecte más a esta especie de pino que a otro, o a que motivo se debe?**

Entre los pinos autóctonos en la península ibérica, hay una clara diferencia en susceptibilidad a la procesionaria. De menos a más, *pinea* < *halepensis* < *pinaster* < *sylvestris* < *uncinata* < *nigra*. Por cierto, la mayor parte de los pinos foráneos al área de distribución de la procesionaria, como *ponderosa* o *radiata*, americanos, o *canariensis*, español, pero canario, son muy atacados por ella. De todos modos, la incidencia es muy dependiente de las condiciones ambientales. Si coges acículas de estos pinos, las pones por separado en laboratorio a 20 °C y pones larvas a comer de cada especie, las diferencias no serán demasiado acusadas, aunque si usas larvas recién nacidas probablemente sobrevivirán menos larvas en *pinea* y más en *nigra*. La razón es que los pinos más al principio de la serie suelen estar en zonas térmicas que a la procesionaria en realidad no le van demasiado bien (y tienen más depredadores y parasitoides). En cambio, al final de la serie tienes pinos de media-alta montaña, que son nutritivamente mejores, pero viven en sitios donde el frío puede ser limitante para el desarrollo de las larvas. Al final, la afección sobre una especie u otra es una combinación de su valor nutritivo y de las condiciones predominantes para la digestión de ese alimento por parte de la procesionaria en el sitio en el que viven los pinos. Por ponerte un ejemplo, en la costa portuguesa y gallega (y francesa, en Las Landas) la procesionaria come fundamentalmente *pinaster*, que es lo que hay y que es digerible en esas condiciones por el invierno suave de esas zonas. En cambio, en Sierra Nevada a 1800 m de altitud, con inviernos bastante fríos, la supervivencia sobre *pinaster* es baja (aunque siempre hay un cierta tasa de ataque), más o menos

la mitad que sobre *sylvestris* y *nigra* con los que comparte sitio.

- **¿Es necesario realizar un control riguroso en esta plaga o se puede controlar por si sola?**

A eso solo puedo responder que depende. Mi opinión al respecto es que si un pinar es muy atacado por procesionaria en un determinado sitio, igual que si un grupo de árboles de la especie *x* sufre sistemáticamente heladas, o sequía, en un determinado sitio, es que no deberían estar allí, o al menos no de la forma que están. Puede haber pinos en casi cualquier parte del circunmediterráneo porque siempre los ha habido, pero no siempre han estado en la cantidad, densidad y tipo de formación que están ahora, y eso es responsabilidad humana. Por eso, salvo en situaciones muy concretas de pinares autóctonos muy marginales que, por cuestiones de calentamiento climático, empiezan ahora a ser susceptibles a la procesionaria, como norma general, creo que la forma de controlar a la procesionaria no es atacar a la procesionaria, sino privarla de alimento. Es decir, sustituir las plantaciones de pinos por otra cosa. Eso no implica eliminar los pinos, sino reducir la proporción de pinos en la masa forestal, mezclándolos con encinas, robles, arces... lo que toque en cada sitio. Lo que sabemos de las formaciones vegetales autóctonas en la Península Ibérica es que generalmente eran bosques mixtos dominados por alguna frondosa, y que los pinos eran especies acompañantes colonizadoras de claros (salvo, repito, pinares marginales en zonas de suelo muy pobre o muy frías). En esa situación siempre habrá procesionaria, pero su tasa de ataque será baja.

Caso diferente es si nos empeñamos en mantener a los pinos como piedra angular de nuestras zonas arboladas. Las plantaciones de pinos no son bosques, hay que empezar por explicar eso. En esa situación la procesionaria siempre será un problema. Pero atacando a la procesionaria, por ejemplo, con pesticidas, lo único que conseguiremos es aliviar los síntomas a corto plazo. Donde haya posibilidad de contacto con seres humanos o mascotas (por ejemplo, un merendero a la sombra de los pinos, un jardín...) puede justificarse fumigar (según con qué, lo lógico sería usar solo insecticidas biológicos tipo Btk, pero mira mi respuesta a otra de las preguntas más abajo) o hacer remoción a mano de la procesionaria, por una elemental cuestión de sanidad humana y veterinaria. Pero en mi

opinión lo que habría que plantearse es sustituir los pinos por otra cosa.

- **Teniendo en cuenta que está documentado que el control de la plaga con productos químicos mata a la oruga, pero también a sus controladores, ¿qué opinas que se trate desde los ayuntamientos con productos químicos a pinos que tiene procesionaria?**

Creo que con la respuesta anterior puedes imaginarte la respuesta. Aunque puntualmente pueda no haber más remedio, me parece una pérdida de tiempo y un gasto inútil de dinero.

- **Hay un hongo llamado *Cordyceps militaris*, el cual es un parasitoide que se alimenta de la procesionaria cuando está enterrada, ¿has odio hablar de él? Han testado su efectividad y salé muy alta. ¿Opinas que es una buena solución su aplicación?**

Sí, sé de él. Una vez que las pupas están en el suelo, no pueden moverse, y eso las hace muy susceptibles al ataque de depredadores o parásitos (los que sean capaces de llegar hasta ella, claro), hongos entre ellos, y quizá nemátodos, o algún otro patógeno del suelo. Sé que los ensayos son buenos, pero no tengo claras las condiciones en las que su efectividad podría ser lo suficientemente alta para una aplicación efectiva. Por ejemplo, como hongo que es, probablemente *Cordyceps* esté muy limitado por la humedad del suelo. No es casual que las larvas de procesionaria se muevan hacia terreno despejado y soleado para enterrarse. En un experimento que hice hace años, la supervivencia como pupas de las larvas en suelo desnudo era mucho mayor que las enterradas bajo matorral o pinar (en pinar cerrado, de hecho, la supervivencia fue cero), y sospecho que los hongos y demás patógenos tienen mucho que decir en esto. Pero si las larvas se mueven hacia zonas despejadas, de suelo más seco, dudo que el hongo sea efectivo allí, por mucho que lo apliques.

- **¿Cuál crees que es la mejor solución para tratar la procesionaria para los ayuntamientos, sabiendo que tiene prohibido tratar con *Bacillus thuringiensis* según la normativa del año 2019?**

No sabía que el Btk estuviera prohibido, a lo mejor es normativa catalana y por eso no la conozco. En cualquier caso, me parece un despropósito. El Btk lo puedes comprar tú en el Leroy Merlin para echárselo a tus geranios, ¿qué

sentido tiene prohibírsele a los ayuntamientos? Es verdad que puede atacar a otras especies, pero una aplicación restringida a los pinos, en los estadios iniciales de la procesionaria (en otoño, con las larvas chiquititas) es muy poco probable que tenga efectos muy negativos en el resto de la artropodofauna. Btk actúa sobre todo por ingestión y sobre animales en fase de crecimiento... y los pinos en otoño tiene poca artropodofauna, menos aún en fase de crecimiento en otoño. Dicho esto, repito lo de más arriba: donde la probabilidad de contacto de humanos o mascotas con la procesionaria es alta, la única solución realmente efectiva es reducir el número de pinos (llegado el caso, eliminarlos totalmente) y sustituirlos por otras especies vegetales. Lo demás es solo capear el problema de hoy sabiendo que lo volverás a tener mañana o pasado.

- **Sabiendo que se predice un aumento de temperaturas considerable y muchas sequías, y que estas dos perturbaciones juntas podrían causar la muerte de los árboles de pino, ¿consideras un peligro las orugas procesionarias para las especies de pino en un futuro?**

Para los pinos la procesionaria es el menor de los problemas. Uno podría pensar que sequía + calor + procesionaria es una combinación letal, pero la realidad es que, por espectaculares que sean las defoliaciones por procesionaria, los pinos las resisten muy bien. Muy muy raramente un pino defoliado muere, y en un análisis dendrocronológico que hicimos hace años sobre *sylvestris*, comprobamos que, a medio plazo, los pinos que habían sufrido defoliaciones severas no crecían menos que los pinos que no habían sido atacados (de hecho, los defoliados crecieron algo más, pero la diferencia no fue significativa). La combinación sequía + calor por sí sola es más que suficiente para poner en problemas a los pinos. Por otra parte, la procesionaria generalmente ataca a pinos sanos y saludables, y no a pinos estresados (por estrés hídrico o térmico). Hay otras plagas que sí son habituales en pinos estresados (*Matsucoccus feytaudi* sobre *pinaster*, por ejemplo), pero no la procesionaria.

- **La procesionaria es muy susceptible a las temperaturas de invierno, ¿cuál es la temperatura máxima y mínima que puede soportar dentro del nido?**

Eso está bastante bien documentado en el artículo Hoch G, Toffolo EP, Netherer S, Battisti A, Schopf A. 2009 "Survival at low temperature of larvae

of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion". *Agricultural and Forest Entomology* 11:313-320. Una larva aislada se congela a -7 °C, pero si la congelación es muy corta puede sobrevivir. Según Hoch y colaboradores, las larvas de un bolsón sometido a temperaturas de -17 °C durante una hora sobreviven en un 70%. Si la helada es más prolongada en el tiempo (o más baja), sobreviven menos, pero da una idea de lo resistentes que son las larvas a las bajas temperaturas.

En cuanto a temperaturas altas, se suele admitir que a partir de los +30 °C las larvas se salen del bolsón porque no resisten el calor. Una temperatura un poco por encima de esa no es letal, pero como las temperaturas más altas suelen darse durante el día, si salen del bolsón las pueden depredar depredadores y parasitoides. Que yo recuerde, las temperaturas letales para las larvas rondaban los +40 °C.

- **¿Crees que si aumenta mucho la temperatura en un futuro la procesionaria dejará de verse en bosques costeros y buscará bosques de montaña donde actualmente no hay procesionaria?**

Eso ya está pasando, aunque no en la península ibérica, sino en el norte de África, donde también está. En algunas zonas de Túnez ya hay sitios donde, al menos en los años más calurosos, las larvas no llegan a nacer porque los huevos literalmente se cuecen. A medio plazo creo que eso puede llegar a pasar en algunas plantaciones de pinos de la zona de Cabo de Gata en Almería, pero no es menos cierto que allí se combinan temperatura y muy baja precipitación. Mi duda es si, antes de que la procesionaria desaparezca por calor, no desaparecerán los pinos por sequía. Estrictamente hablando creo que a la procesionaria la sequía le viene bien, al menos durante su fase de pupa en suelo, ya que como te he dicho antes, un suelo seco es un suelo más seguro. No sé qué límite tendrá (si lo hay) la capacidad de la pupa enterrada para soportar la deshidratación del suelo. Halperin, un entomólogo israelí, comprobó hace años que en Israel la procesionaria (allí es *Thaumetopoea wilkinsoni*, no *pityocampa*, pero son virtualmente idénticas) podía soportar como pupa hasta nueve años en el suelo, antes de emerger como polilla.

- **¿Piensas que el *treeline* de los árboles se mueve buscando más altitud a la misma velocidad que la procesionaria, o la procesionaria va más rápida?**

Sin duda la procesionaria va más rápido que las plantas, y ese es un problema gordo porque, en según qué sitios, puede ocurrir que los árboles no tengan ya donde subir. En Granada tenemos una subespecie autóctona del pino albar, *Pinus sylvestris nevadensis*, que solo está en Sierra Nevada (unas 200 hectáreas) y Baza (unas 300), ocupando zonas más o menos entre 1700 y 2200 m de altitud. En Sierra Nevada los pinos podrían subir, al menos teóricamente, hasta el Mulhacén (3482 m de altitud) pero en Baza el límite es el pico Santa Bárbara, con 2269 m de altitud, y yo ya he visto allí procesionaria a 2200 m... Ya no les queda sitio seguro donde subir. Ahí hay un tema muy peliagudo de gestión forestal si queremos conservar esos pinares oromediterráneos, extremadamente raros y protegidos por normativa europea.

- **En caso afirmativo de la pregunta anterior, si la procesionaria se mueve más rápido buscando altitud que los árboles, ¿crees que podría llegar a afectar a nuevas especies de pinos, como *Pinus uncinata*?**

Ya afecta a *uncinata*. Aunque no es frecuente, en años cálidos ya ha afectado a bosques de *uncinata* en el pirineo (Aigües-Tortes, por ejemplo) y en los Alpes. En Sierra Nevada, *uncinata* no es autóctono, pero tenemos varias plantaciones, y algunas de ellas ya están siendo afectadas. He visto procesionaria en *uncinata* a 2300 m en la cara sur de Sierra Nevada (de momento, hasta donde yo sé, es el récord de altitud para la especie). Las plantaciones más altas, a 2500 m, de momento no están siendo atacadas, de momento.

- **En algunos artículos suyos explicas que la población de procesionaria es cíclica, ¿crees que en un futuro la población de la procesionaria se mantendrá cíclica?**

Es difícil decir. Una dinámica cíclica con una duración de onda de cinco-seis años casi con absoluta seguridad debe estar determinada por factores biológicos (probablemente una combinación del efecto de predadores y parasitoides con disponibilidad de alimento), pero yo mismo encontré una relación notable entre algunas poblaciones de procesionaria y un efector climático como la Oscilación Atlántico Norte (NAO son sus siglas en inglés). En el sureste peninsular, que es lo que mejor conozco, el hecho de que la dinámica cíclica se mantenga desde 0

hasta 2200m de altitud con independencia de la especie de pino afectada (mira la gráfica adjunta), pero que la amplitud del ciclo sea mayor a mayor altitud (donde la depredación y el parasitoidismo son, hasta donde sabemos, menores), me hace pensar que un incremento de temperatura como el que estamos experimentando no va a cambiar gran cosa la dinámica. Sin embargo, es cierto que la procesionaria no muestra dinámicas cíclicas en todas partes, por lo que no es descabellado creer que pueda haber cambios significativos.

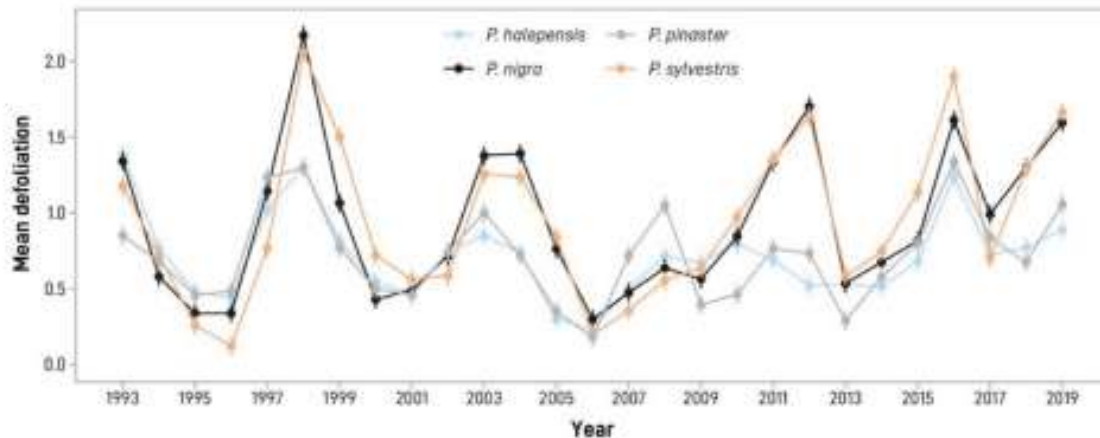


Fig. 6 Population trend (average defoliation index per winter) of PPM in Sierra Nevada. Trends are provided separately for each pine species

(Tomada de Zamora R, Hódar JA, Pérez-Luque AJ, Barea-Azcón JM. 2022. *Responses of animal populations and communities to climate change and land-use shifts*. Págs. 193-211 en: Zamora R, Oliva M. (eds.) *The landscape of Sierra Nevada: A unique laboratory of global processes*. Springer-Verlag.)

- **¿Consideras que la procesionaria es un “problema” que tenemos a escala global o solo a escala de la Península?**

No llega a ser global porque la procesionaria no está distribuida por todo el mundo, pero es mucho más que peninsular. La procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa*, que es de la hablamos, es circummediterránea, y causa problemas en todos los países en los que está (puedes ver su distribución aquí). Hay otras especies de procesionarias, algunas problemáticas, otras no. En la península tenemos cuatro especies diferentes, aunque la más problemática con diferencia es *pityocampa*. Pero en sitios tan lejanos como Australia tienen especies relacionadas con una forma de vida parecida y que también forman lío (*Ochrogaster lunifer*, por ejemplo, puedes mirar sobre ella).

En concreto, sobre *pityocampa*, el principal problema lo tienen (o lo van a tener) los países centroeuropeos, porque mientras aquí tenemos movimientos hacia

altitudes más elevadas, allí tienen movimientos hacia latitudes más altas (en Centroeuropa tienen además la procesionaria del roble, *Thaumetopoea processionea*, que es un problema al menos igual de serio). En Francia la procesionaria llegaba tradicionalmente, más o menos, hasta el borde norte del Macizo Central, y en apenas cincuenta años ya está por encima de París. Con la agravante de que ellos tienen muchísimos pinos, porque los usan mucho para forestación para aprovechamiento maderero. Pero incluso el Reino Unido tiene preparados sistemas de alerta temprana por si da el salto y llega a las islas británicas. Aún no está, pero ya ha llegado a la Bretaña francesa, justo al otro lado del Canal... así que es cuestión de tiempo.

Muchas gracias por su implicación, se agradece mucho el trabajo que ha hecho y que me haya concedido el favor de poderle entrevistar.

13.11. ANNEX XI: Registre tractaments de processionària de la Generalitat de Catalunya

A continuació podreu observar les dades dels tractaments de processionària de l'any 2008 al 2021 realitzats per la Generalitat de Catalunya. Amb aquestes dades tractades i algun càlcul que vaig fer, vaig extreure els gràfics de la figura 31 i 32 d'aquest treball.

El motiu pel qual no es van realitzar tractaments durant el 2013-2014 és que en aquest període va entrar en vigor la nova normativa Europea que prohibia la realització de tractaments aeris (amb algunes excepcions).

| Valoració Afectació (ha) | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019* | 2020* | 2021 | 2022 | Totals |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------|
| Grau 1 | 34.990 | 18.773 | 25.386 | 42.158 | 36.636 | 59.066 | 38.999 | 39990 | 37788 | 49716 | 40737 | 424.239 |
| Grau 2 | 15.332 | 10.236 | 12.288 | 36.623 | 55.390 | 46.254 | 44.069 | 56053 | 16371 | 40460 | 37507 | 370.582 |
| Grau 3 | 2.986 | 3.464 | 3.654 | 10.123 | 29.671 | 33.243 | 19.387 | 33210 | 7226 | 17816 | 21375 | 182.153 |
| Grau 4 | 409 | 610 | 1.717 | 10.147 | 27.949 | 18.601 | 17.297 | 11327 | 4982 | 5778 | 4655 | 103.471 |
| Grau 5 | | | | | | | | 3330 | 1076 | 249 | 1837 | 6.492 |
| TOTAL AFECTACIÓ | 53.716 | 33.082 | 43.045 | 99.051 | 149.646 | 157.164 | 119.751 | 143.910 | 67.443 | 114.018 | 106.110 | 1.086.937 |
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| TRACTAMENTS | 5.000 | 0* | 0* | 7.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 17.500 | 15.000 | 15.000 | - | 119.500 |
| Afectació important (graus 4 i 5) anys: 19-22 Afectació important (graus 3 i 4) anys: 12-18 | 3.394 | 4.073 | 5.370 | 20.270 | 57.620 | 51.844 | 36.683 | 14.657 | 6.058 | 6.027 | 6.492 | 212.489 |
| Afectació menys important (graus 1 a 3) anys: 19-22 Afectació menys important (graus 1 a 2) anys: 12-18 | 50.321 | 29.009 | 37.674 | 78.781 | 92.026 | 105.320 | 83.068 | 129.253 | 61.385 | 107.991 | 99.619 | 874.448 |
| Superfície total: 704.420 ha | | | | | | | | | | | | |
| % afectació sobre total superfície pinedes | 8% | 5% | 6% | 14% | 21% | 22% | 17% | 20% | 10% | 16% | 15% | |
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| % afectació important sobre el total d'afectació | 6% | 12% | 12% | 20% | 39% | 33% | 31% | 10% | 9% | 5% | 6% | |
| % ha tractades sobre el total d'ha | 9% | 0% | 0% | 7% | 13% | 13% | 17% | 12% | 22% | 13% | 0% | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Litres necessaris per tractar les ha seleccionades (L) | 15000 | 0 | 0 | 21000 | 60000 | 60000 | 60000 | 52500 | 45000 | 45000 | 0 | |
| Unitats de bacteris (<i>Bacillus thuringensis</i>) en milions | 264000 | 0 | 0 | 369600 | 1056000 | 1056000 | 1056000 | 924000 | 792000 | 792000 | 0 | |

13.12. ANNEX XII: Prediccions de temperatures màximes i mínimes absolutes de Terrassa

Per la realització dels gràfics de prediccions de temperatures màximes i mínimes absolutes de Terrassa de la figura 37 i 38, vaig fer un recull de dades meteorològiques d'Infomet del període 2002-2021 dels mesos del setembre al maig. De cada mes de cada any, vaig seleccionar la temperatura mitjana del mes (°C), la temperatura màxima absoluta (°C) la temperatura mínima absoluta (°C) i la precipitació acumulada d'aquell mes (mm).

A continuació vaig tractar les dades aconseguides, seleccionant només la temperatura màxima absoluta (°C) la temperatura mínima absoluta (°C), i vaig crear uns gràfics de prediccions de temperatures absolutes màximes i mínimes de cada mes de Terrassa esperat d'aquí a 60 anys aproximadament. Vaig utilitzar l'escenari RCP 8.5 de l'IPCC processat per KNMI Climate Explorer, i amb aquest model predictiu vaig saber la diferència de temperatures màximes i mínimes absolutes a la superfície entre dos períodes, 2002-2021 i 2081-2100.

Podeu consultar aquí les dades: <https://cutt.ly/bNiaP7U>

13.13. ANNEX XIII: Registre de tractaments de proceccionària de l'Ajuntament de Terrassa

A continuació podreu observar el registre dels tractaments per proceccionària de l'Ajuntament de Terrassa de l'any 2018 al 2021. Amb aquestes dades tractades i algun càlcul que vaig fer, vaig poder extreure algunes les conclusions de l'apartat 7.3 ("Processament de dades dels tractaments de Terrassa") d'aquest treball.

A més, gràcies a aquests registres vaig poder crear uns mapes amb l'ajuda del Google Earth, per veure les zones més afectades per proceccionària de Terrassa.

En els següents enllaços podreu veure el registre de tractaments de proceccionària de Terrassa ciutat i les seves zones periurbanes i del registre de tractaments de proceccionària de Vallparadís.

1. <https://cutt.ly/wNiaVdt> (Terrassa ciutat i zones periurbanes)
2. <https://cutt.ly/wNisQr1> (Vallparadís)